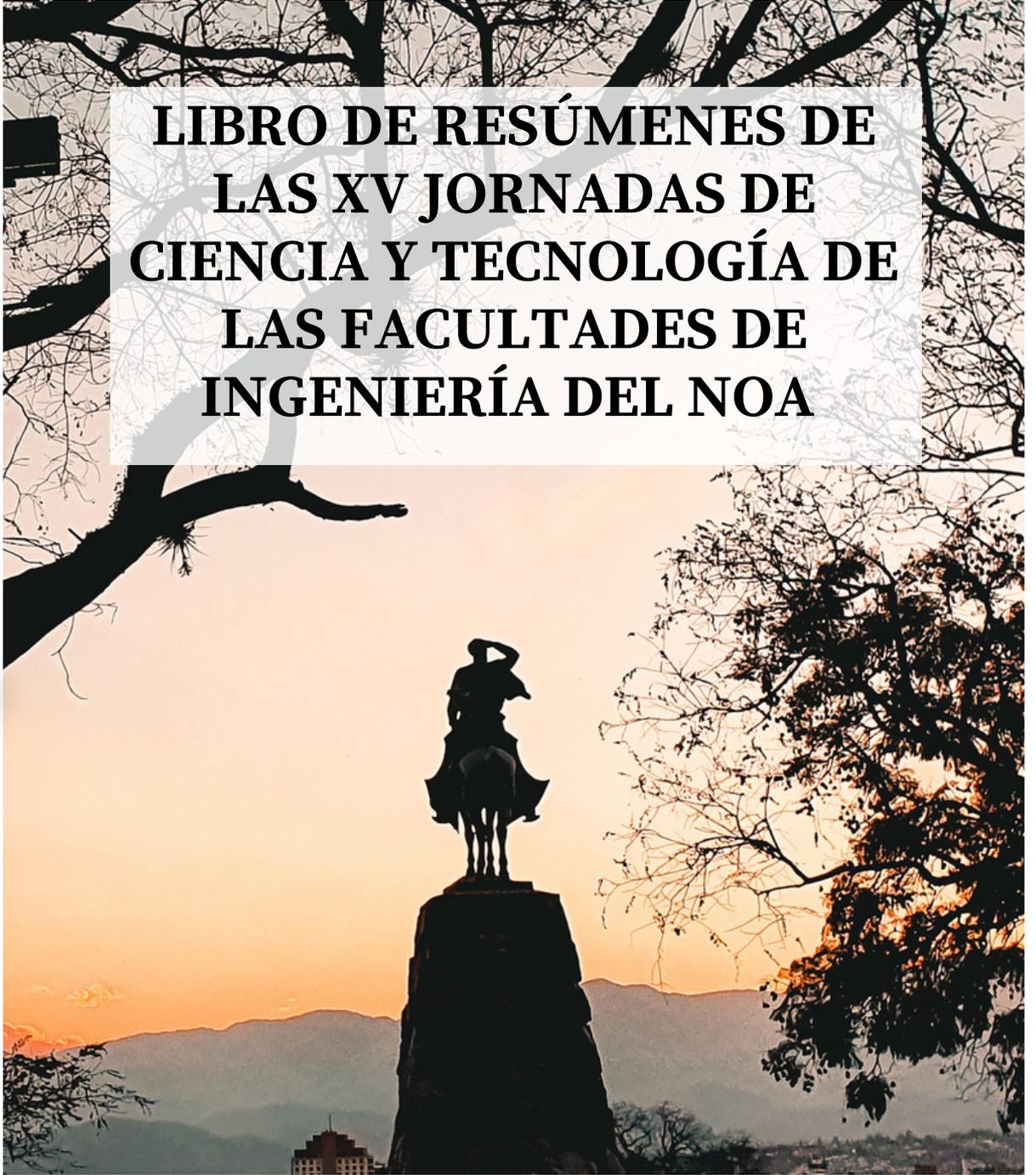


S  
A  
L  
T  
A  
  
2  
0  
2  
2

XV-JCYT

# LIBRO DE RESÚMENES DE LAS XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LAS FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA



Universidad Nacional de Salta  
**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

ISBN: 978-987-633-588-1



Universidad Nacional de Salta

Libro de Resúmenes de las XV Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de Ingeniería del NOA-Salta 2022 / contribuciones de Delicia Acosta, Patricia Cariño; Analía Tito; Pablo Corregidor; Fernanda Gabin; Sergio Oller Aramayo; Emilio Almazán; Lía Orosco; Mónica Parentis; editado por Walter Orlando Vaca; prólogo de Héctor Raúl Casado; Autor: Ing. Dra. María Soledad Vicente - 1a ed. - Salta : Universidad Nacional de Salta, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-633-588-1

1. Ingeniería 2. XV Jornadas 3. Ciencia y Tecnología. -  
CDD 620.007

**Universidad Nacional de Salta**

Buenos Aires 177 – Salta Capital – CP 4400 – Arg.

Tel.: 0387-4258707 – Fax: 0387-4325745

E-mail: [eunsa@unsa.edu.ar](mailto:eunsa@unsa.edu.ar); [editorialunsa@gmail.com](mailto:editorialunsa@gmail.com)

Web: [www.unsa.edu.ar](http://www.unsa.edu.ar)

**Título:** “Libro de Resúmenes de las XV Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de Ingeniería del NOA-Salta 2022“

**Edición:** Walter Orlando Vaca

**Foto de tapa:** Guido M. Choque. Monumento al Gral. M.M. de Güemes, Salta

Edición: 1ra. Edición.

I.S.B.N. Nº: 978-987-633-588-1

EUNSA – Editorial de la Universidad Nacional de Salta

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723

**Impreso en Argentina – Printed in Argentina**

Queda prohibida la reproducción total o parcial del texto de la presente obra en cualquiera de sus formas, electrónica o mecánica, sin el consentimiento previo y escrito del autor.

## **AUTORIDADES**

### **Decano**

Ing. Héctor Raúl CASADO

### **Vice-Decano**

Dra. Delicia ACOSTA

### **Secretario Académico**

Ing. Jorge BERKHAM

### **Secretario de Vinculación y Transferencia**

Mg. Ing. María Fernanda GABIN

### **Secretario de Planificación y Gestión Institucional**

Dr. Sergio Alejandro OLLER ARAMAYO

## **COMITÉ ORGANIZADOR**

Emilio ALMAZAN

Patricia Rosana CARIÑO

Alicia CID

María Fernanda GABIN

Selva Del Valle GUANUCO

Julieta MARTÍNEZ

Enrique Ariel MORALES DEL VALLE

Sergio Alejandro OLLER ARAMAYO

Analia ROMERO

Analia Magdalena TITO

Walter Orlando VACA

Macarena VEGA

Mercedes VILLEGAS

Silvia ZAMORA

## COMITÉ CIENTÍFICO

José BERMÚDEZ

Pablo CORREGIDOR

Silvina ECHAZU

Lía OROZCO

Mónica PARENTIS

María Soledad VICENTE

## EVALUADORES

María Magdalena ABT GIUBERGIA - UNSE

Carina Andrea ACOSTA - UNSE

Delicia Ester ACOSTA - UNSA

Matías Miguel ALANCA Y - UNJU

Elisa Liliana ALE RUIZ - UNSA

Adriana E. ALVAREZ - UNSA

Inés AMADURO - UNSA

Teresa ANTEQUERA - UNJU

Alejandra Andrea ARDUINO - UNJU

Jorgelina Francisca ARGAÑARAZ - UNJU

Marcela Carina AUDISIO - UNSA

Carlos BEREJNOI - UNSA

Roberto Adolfo César BERNAL - UNJU

Celmo Maximiliano BUDÁN - UNSE

Ana Yanina BUSTOS - UNSE

Carlos Alberto CADENA - UNSA

Martha Susana CAÑAS - UNCA

Juan Carlos CASADO - UNSE

Ángel Fabián CASTILLO - UNJU

Nori Ester CHEEIN - UNSE

Alicia Graciela CID - UNSA

Rita María Inés CISTERNAS

FERNÁNDEZ - UNCA

Karina Eliana COSTA MACÍAS - UNSE

Marcelo Rubén DARGAM - UNJU

Luis Andrés DORADO - UNSE

Silvina ECHAZU LAMAS - UNSA

Ángela ETCHEVERRY - UNSA

Norma Beatriz FARFÁN - UNJU

María Cristina FENNEMA - UNSE

Alejandro Remigio FERREIRO - UNSE

Arturo Lorenzo FERREYRA - UNCA

Carola Victoria FLORES - UNCA

Daniel Ernesto GALLI - UNJU

Elisa Mariana GARCÍA - UNSE

Luis Humberto GARCÍA - UNSE

Edith Amalia GARECA - UNJU

Nancy GIANUZZO - UNSE

Sandra Adriana GIUNTA - UNJU

José Eduardo GOLDAR - UNSE

Patricia Elizabeth GÓMEZ

KAMENOPOLSKY - UNCA

Ana Clelia GÓMEZ MARIGLIANO - UNT

María Cecilia GRAMAJO - UNSA

Marcela GUERRERO - UNSA

Juan Pablo GUTIERREZ - UNSA

Dolores GUTIÉRREZ CACCIABUE - UNSA

Patricia HERNANDEZ - UNSE

### EVALUADORES (continuación)

Walter Edgardo HERRERA - UNCA	Adriana Elizabeth ORTIN VUJOVICH - UNSA
Oscar Normando HUERTAS - UNJU	Erlinda Del Valle ORTIZ - UNCA
Carolina IBARGUREN - UNSA	Mónica Liliana PARENTIS - UNSA
Jaime Alfonzo IRAHOLA FERREIRA - UNJU	María Verónica PARRA - UNSE
Luis Ernesto ITUARTE - UNJU	Verónica Irene PAZ ZANINI - UNSE
Margarita IVANOVICH - UNJU	Carlos Marcelo PERALTA - UNSA
María Dolores JIMÉNEZ - UNJU	María Teresita PILÁN - UNSE
María Isabel KORZENIEWSKI - UNCA	Gloria Del Carmen PLAZA - UNSA
Ana Estela LEDESMA - UNSE	Ricardo Daniel QUINTEROS - UNSA
Ramón Oscar LEDESMA - UNSE	Valentina REY - UNSE
Enrique Mariano LIZÁRRAGA - UNCA	María Rosa RODRÍGUEZ - UNCA
Ricardo Horacio LOREFICE - UNSE	David Gonzalo ROMERO - UNSA
Guido LORENZ - UNSE	Gonzalo RUANO – UNAS
Gustavo Alberto LORES - UNJU	Luciana SALUZZO – UNJU
Sara MACIAS - UNSE	Diana Carolina SÁNCHEZ - UNSA
Sergio Omar MADREGAL - UNJU	Cristina Noemí SEGUNDO - UNJU
Marta Silvina MALDONADO - UNJU	Aníbal Marcelo SLAVUTSKY - UNSA
Eduardo MARTEL - UNT	Enrique Eduardo TARIFA - UNJU
Ana María MAUD - UNSE	Héctor Ramón TARIFA - UNJU
Norma Beatriz MORAGA - UNSA	José Ignacio TUERO - UNSA
Graciela Del Valle MORALES - UNSA	Jonatan Hernán VELIZ - UNT
María De Las Mercedes MOYA - UNSA	Nancy Roxana VERA - UNT
P. Lorena NAIDICZ - UNT	Pedro Dilmar VILLAGRÁN - UNSA
Enrique Nicolás NIEVA - UNT	María Del Carmen VISICH - UNSA
Virgilio NUÑEZ - UNSA	Jorge Fernando YAZLLE - UNSA
Alejandra Irupé OCAMPO - UNCA	José Luis Abraham ZACUR MARTÍNEZ - UNJU
Nelio Ariel OCHOA - UNSA	

## **RESPONSABLE EDITOR**

Walter Orlando VACA

## **AUSPICIANTES**

Eramine Sudamericana S.A.

Litio Minera Argentina S.A.

Mansfield Minera S.A.

Minera del Altiplano S.A.

Santiago Saenz S.A.

Graficolor

## Introducción

Durante los días 29 y 30 de Septiembre de 2022 se realizan las XV Jornada de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta en la ciudad de Salta

Las Jornadas se gestan por iniciativa del Consorcio de Decanos de Ingeniería del Noroeste Argentino (CODINOA), formado por las Facultades de Ingeniería de las Universidades Nacionales de Catamarca, Jujuy, Salta, Santiago del Estero y Tucumán. La primera de ellas aconteció en el año 2005 y se desarrollaron anualmente en forma ininterrumpida, hasta el año 2020. Producto de la Pandemia, se debieron suspender las actividades presenciales. Pero se continuó el trabajo mancomunado con la edición N°6 (2020) y N° 7 (2021) de la Revista *Investigaciones en las Facultades de Ingeniería del NOA*. Es por eso que este año, con gran entusiasmo, reeditamos la postergada Jornada en forma presencial, con la XV edición. Estas Jornadas, de carácter multidisciplinario, tienen lugar permitiendo la convergencia de todas las áreas del conocimiento relacionadas con la ingeniería, las ciencias exactas y la tecnología, en un mismo foro académico regional de profesionales, docentes, investigadores, estudiantes de grado y postgrado.

Establecido por el CODINOA, las Jornadas en esta oportunidad tienen como objetivos:

- Impulsar el trabajo en Red entre las Unidades Académicas que integran el Consorcio de Decanos de las Facultades del NOA-CODINOA.
- Fortalecer el foro académico y científico para que los investigadores, a través de la exposición de sus trabajos y experiencias, contribuyan a la producción de nuevos saberes dentro del aula universitaria.
- Analizar problemáticas comunes que enfrenta la región NOA con el propósito de aportar soluciones a través de proyectos conjuntos.
- Establecer relaciones concretas entre estudiantes de las carreras de Ingeniería del NOA, con actividades y/o talleres en forma independiente y libre.
- Poner en conocimiento de la comunidad científica y de otros sectores sociales, los temas abordados en estas Jornadas, del mismo modo que los avances y las propuestas.

Las áreas temáticas abordadas son:

- Gestión de la Educación en Ingeniería
- Ciencias Básicas de la Ingeniería
- Tecnologías Básicas y Aplicadas
- Computación e Informática
- Forestal, Agronomía y Alimentos
- Ciencias de la Tierra
- Ambiente

Con posterioridad a la realización de este evento y a partir de las contribuciones que se aprueben e inscriban en las Jornadas, está prevista la invitación a publicar en la Edición N°8 de la Revista con los procedimientos acordados en las ediciones anteriores. Esto es, Trabajos Completos de hasta 8 páginas y sometidos a evaluación con doble ciego.

Las dos **Conferencias Magistrales** programadas están a cargo de prestigiosos invitados que abordaran temáticas de relevante impacto relacionadas con Ciencia y Tecnología.

Se recibieron **Resúmenes Extendidos**, de entre dos (2) y cuatro (4) páginas, los cuales fueron sometidos a proceso de evaluación por expertos en la temática. Los mismos se publican en el Libro de Resúmenes de las Jornadas. Participaron del mismo 99 evaluadores especializados en cada una de las áreas temáticas. De un total de 152 trabajos presentados, 132 fueron aprobados como resultado del proceso de evaluación, de los cuales 38 fueron seleccionados como presentaciones orales y 94 como presentaciones murales (pósteres).

La distribución porcentual de los trabajos aprobados, según las áreas temáticas se indica en figura 1, donde se observa: Gestión de la Educación en Ingeniería (15%); Ciencias Básicas de Ingeniería (5%); Tecnología

Básicas y Aplicadas (36%); Computación e Informática (3%); Forestal, Agronomía y Alimentos (23%); Ambiente (10%) y Ciencias de la Tierra (9%).

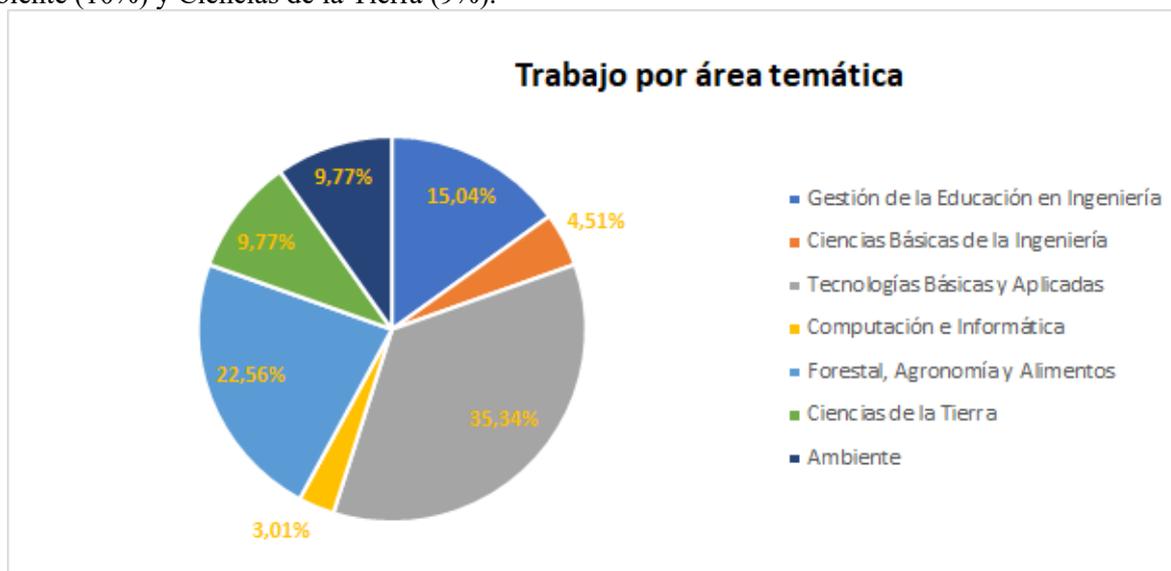


Figura 1: distribución porcentual de los trabajos según las áreas temáticas

Todas las Facultades que integran CODINOA fueron invitadas a presentar propuestas de dictado de **Minicursos**, dirigidos a estudiantes de grado y postgrado de todas las carreras que integran las Unidades Académicas. El Comité Organizador de las Jornadas seleccionó 11 propuestas, las que se listan a continuación:

1. *Balance de materia en planta piloto de reducción y clasificación por tamaños*
2. *Conceptos de producción de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos y aerogeneradores.*
3. *Me fue mal en un examen (Quede libre) ¿Qué hago ahora?*
4. *Reglamentación de Instalaciones eléctricas AEA (Asociación Electrotécnica Argentina)*
5. *La huella hídrica como indicador de uso del agua en procesos industriales*
6. *Taller de Buenas Prácticas de manufactura en producción de pollo agroecológicos para agricultura familiar*
7. *Operación unitaria de fluidización en lecho de chorro bidimensional como tecnología alternativa de secado de alimentos*
8. *Procesos no convencionales para el tratamiento de agua*
9. *Seguridad Eléctrica en Instalaciones Industriales*
10. *Introducción al Dibujo Paramétrico. Bloques dinámicos y con atributos*
11. *Mitos y Verdades de Cuestiones Ambientales*

Como es tradición de las Jornadas, los resúmenes de los trabajos aprobados son publicados en formato electrónico, con registro e-ISBN, en un Libro de Resúmenes organizado en base a las diferentes áreas temáticas y disponible para su consulta y descarga en el portal del evento: <http://xvjcyt.ing.unsa.edu.ar/>

La concreción de este encuentro se debe al arduo trabajo del Comité Organizador, del Comité Científico y Evaluadores, de los colegas de las cinco Universidades integrantes de CODINOA, de las autoridades de la FI-UNSa, de la participación de ilustres conferencistas invitados, de los autores de trabajos presentados en el evento y de todos aquellos que colaboraron directa e indirectamente en las Jornadas: moderadores, alumnos, diseñadores gráficos, diseñadores web, y otros. Un reconocido agradecimiento a todos por su generoso aporte y esfuerzo dedicado.

En representación del Comité Organizador les damos la bienvenida a las XV Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA, con la esperanza que podamos continuar estrechando lazos de cooperación que redunden en beneficio de nuestra comunidad, la región y el país.

**Comité Organizador**  
**XV Jornadas de Ciencia y Tecnología**  
**de las Fac. de Ingeniería del NOA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad Nacional de Salta**

## **Prólogo**

Luego de dos años de interrupción de las Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA, producto de la acción que nos impuso la pandemia por COVID 19, retornamos este año con renovado espíritu para dar paso a nuestra edición XV.

Muchos años de esfuerzo, compromiso y el innegable afán de propender al optimismo y el aceitado espíritu de superación que caracteriza a nuestros docentes e investigadores, nos llevaron otra vez a esta convocatoria 2022.

Este año, Salta tiene el privilegio de poder cobijar a todos los que cotidianamente hacen que la profesión de enseñar e investigar sea la insignia que rige la formación de nuestros futuros profesionales de Ciencia y Tecnología, en las Universidades que conforman el Consorcio de Decanos de Ingeniería del Noroeste Argentino (CODINOA).

La temática que se aborda es de distinta naturaleza y enfoques. Justamente de esa diversidad surge el verdadero conocimiento.

El compromiso que llevamos en forma colectiva, rebosa de experiencias a todos los ámbitos comprometidos en estas XV Jornadas, alumnos, docentes e investigadores, y están reflejadas en las páginas de estas memorias, por eso que los invito a adentrarse en su lectura, con la certeza que encontrarán formas y modos de continuar creciendo en conocimiento y la búsqueda de nuevos horizontes en su cotidiana tarea de formación.

**Ing. Héctor Raúl Casado**

**Decano Facultad de Ingeniería**

**Universidad Nacional de Salta**

**Septiembre de 2022**

## Conferencistas invitados

### **EL LITIO Y SU ROL EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA. MBA Ing. Carlos Daniel CHÁVEZ DÍAZ**



El Ing. Daniel Chávez Díaz, luego de egresar como Ingeniero Químico de la Facultad de Ingeniería de la UNSa., realizó un MBA, en la Escuela de Negocios de la Universidad Austral, Buenos Aires y obtuvo el Senior en Gerenciamiento y Negocios Internacionales, Funcer, Escuela de Negocios de la Universidad Católica de Córdoba. Posee una amplia y prestigiosa carrera como profesional vinculado a la minería, particularmente en lo referido a la producción de litio a partir de salares. Se inició en esta actividad en el año 1991, en la empresa Minera del Altiplano (FMC Corporation), en la que fue escalando posiciones hasta llegar a Gerente General de la empresa y

Presidente del Directorio. Actualmente es Chief Executive Officer (CEO) del Proyecto del grupo Eramet, el que, con una importante inversión, se encuentra en la etapa de construcción de la planta industrial de producción de Carbonato de Litio en el Salar de Centenario Ratonés. También fue vicepresidente de Eramine Sudamérica S.A. (entre 2019 y 2022). Fue socio fundador de YANAY S.R.L., empresa de prestación de servicios a la minería y la industria. Realizó consultorías y otras actividades gerenciales en distintas empresas vinculadas al litio como son Galaxy Lithium Sal de Vida S.A. y Hanaq S.A.

También mantuvo un rol destacado en su paso por diversas instituciones de la provincia. Fue Presidente de la Unión Industrial de Salta durante 6 años (2009 a 2015); Vicepresidente de la Cámara de Minería de Salta (2004 a 2011) y Presidente de la ONG Junior Achievement Salta de 2016 a 2018.

Su extensa experiencia en el sector industrial minero, así como su dedicación y compromiso en actividades institucionales lo convierten en un referente buscado por el sector inversor y empresarial

*El temario de la charla aborda entre otros temas: Las fuentes de Litio en el mundo y los procesos de extracción. Su mercado en términos de oferta y demanda. De la era del petróleo a las baterías: los distintos tipos. Un proyecto concreto en Salta.*

## CIMNE-IBER: Investigación, Desarrollo y Transferencia de Tecnología - Un Vínculo entre Universidad/Investigación y Sociedad

**Dr. Sergio OLLER MARTINEZ**

([www.cimne-iber.com](http://www.cimne-iber.com))



Especialidad en Mecánica de Medios Continuos, Teoría de las Estructuras, Mecánica de Fractura, Mecánica Computacional. Actualmente es Profesor Titular Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta (UNSa), Argentina y se desempeña como Investigador Principal, del Consejo Nacional de Investigaciones (CONICET), Argentina. Entre sus destacadas actividades se puede mencionar su actuación como Catedrático “Senior”, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), España; Investigador “Senior”, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), España; Profesor Titular “Invitado”, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Argentina; Profesor Visitante, Departamento de Ingeniería Civil y Medioambiental de la Universidad de Berkeley del Estado de California, USA.

Su productividad se manifiesta en las siguientes Publicaciones: Artículos en revistas internacionales indexadas en JCR: 151, Artículos en Congresos: 200, Libros: 8, Capítulos de libros/Enciclopedias: 27, Trabajos Monográficos con ISBN: 28. En la formación de recursos humanos puede mencionarse la dirección de 35 Tesis de Doctorado y 22 de Maestrías. Así también la dirección de 63 Proyectos Competitivos Internacionales/Nacionales. Una síntesis de su destacada y prolífica labor puede consultarse en las siguientes direcciones:

CV: UPC scientific production: <http://futur.upc.edu/177809?locale=en>

CIMNE: <http://www.cimne.com/verperfil/24>

Google Scholar: <http://scholar.google.es/citations?user=dykQ-RkAAAAJ&hl=es&oi=ao>

Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7003881173>

Researcher\_ID: <http://www.researcherid.com/rid/M-2376-2014>

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5203-8903>

ResearGate: [http://www.researchgate.net/profile/Sergio\\_Oller](http://www.researchgate.net/profile/Sergio_Oller)

*La charla consta de una introducción a la idea de investigación y transferencia, seguida de una cuantificación de la investigación, el desarrollo y la transferencia de tecnología en el Mundo/América Latina y un juicio de valor sobre ¿Dónde estamos? ¿Cuáles son nuestras metas? ¿Qué debemos hacer para ser útiles a la sociedad? En el contexto CIMNE-IBER, se presenta como un Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Universidad – Sociedad, como UVT y como un posible modelo para dar respuesta a las preguntas que nos hicimos en el primer apartado. Se describe su estructura y sus ventajas para hacer frente a los nuevos desafíos que debe afrontar la investigación para ser útil a la sociedad.*

## ÍNDICE DE RESÚMENES AMPLIADOS DE TRABAJOS

<b>AMBIENTE .....</b>	<b>19</b>
UNA MEJORA SOCIO AMBIENTAL EN LA DISPOSICIÓN FINAL DEL ACEITE VEGETAL UTILIZADO EN EL PROGRAMA DE COCINAS.....	20
OPTIMIZACION DE LA RECOLECCION DE ACEITE VEHICULAR USANDO LOGISTICA INVERSA.....	23
MODELACION DE LA DISTRIBUCION POTENCIAL DE <i>APIS MELLIFERA</i> (HYMENOPTERA: APIDAE) EN SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA.....	26
CAMINATA SONORA EN LAS YUNGAS TUCUMANAS.....	29
PRODUCCIÓN DE QUÍMICOS FINOS A PARTIR DE BIOMASA LIGNOCELULÓSICA DE CAÑA DE AZÚCAR. PRODUCCIÓN DE FURFURAL EN ESCALA BANCO .....	33
ESTUDIO PRELIMINAR DEL AGUA DE CANALES PLUVIALES DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DEL ESTERO.....	37
EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE AGUA SUPERFICIAL EN UN CANAL DE RIEGO.....	41
ANÁLISIS DE SULFATOS EN AGUA DE CONSUMO HUMANO .....	44
SÍNTESIS DEL MATERIAL SILÍCEO KIT-6 A BAJA TEMPERATURA DE CALCINACIÓN, SU MODIFICACIÓN CON APTES Y EL IMPACTO EN LA ADSORCIÓN DE CO <sub>2</sub> .....	48
SÍNTESIS MODIFICADA DE HIDROXIAPATITA CELULOSA PARA ADSORCIÓN DE As(V).....	52
ENSAYOS DE LIXIVIACIÓN DE UNA MUESTRA DE RESIDUO DE CONSTRUCCIÓN EN COLUMNA Y EN LISÍMETRO A ESCALA LABORATORIO .....	56
COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO DE CLARIFICANTES NATURALES Y SINTÉTICOS EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ DE AGUAS TURBIAS .....	60
ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES DE UN PROCESO DE OBTENCION DE GAS DE SINTESIS A PARTIR DE GASES RESIDUALES DEL TRATAMIENTO DE GAS NATURAL.....	64
<b>CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERÍA .....</b>	<b>68</b>
APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO DE LAS CLASES DE ÁLGEBRA DIRIGIDAS A ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS .....	69
CALIBRACIÓN DE UN SENSOR PIRANI.....	73
MÉTODO PARA EL ESTUDIO DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN ALTA TEMPERATURA EN ALEACIONES METÁLICAS.....	77
LEGISLACIÓN MINERA Y LA INDUSTRIALIZACIÓN SOSTENIBLE EN JUJUY.....	81
ESTUDIO TÉCNICO PARA LA TOMA DE DECISIÓN DE UN PROCESO SUSTENTABLE .....	86

PROPUESTA DE ARTICULACIÓN HORIZONTAL ENTRE CÁTEDRAS PARA LA ENSEÑANZA DEL TEMA RECTA TANGENTE.....	90
<b>CIENCIAS DE LA TIERRA .....</b>	<b>94</b>
DISEÑO DE PROTECCIONES SEMIFLEXIBLES PARA EL CONTROL DE EROSIÓN EN DRENAJES VIALES LONGITUDINALES. APLICACIONES EN EL NOA .....	95
SOLUCIONES DEL TIPO S-LUMBE DE LA COMPENSACIÓN DE UNA RED GEODÉSICA LIBRE DE TRILATERACIÓN 2D .....	99
SECTORES VULNERABLES DE INUNDABILIDAD FLUVIAL EN EL TRAMO INFERIOR DEL RÍO EL TALA - ONGOLÍ (CATAMARCA).....	103
MAPEO DE LA LOCALIDAD DE LOS PIRPINTOS, SANTIAGO DEL ESTERO, UTILIZANDO AEROFOTOGRAMETRIA CON VANT. ....	106
ANÁLISIS DE LA NORMATIVA DEL AGUA Y EL AMBIENTE PARA EL MANEJO Y PROTECCION EN LA CUENCA INTERJURISDICCIONAL SALI-DULCE .....	110
ANTROPOGÉNESIS: MODIFICACIÓN DEL RELIEVE POR CARCAVAMIENTOS ....	114
ANÁLISIS ISOSTÁTICOS A PARTIR DE MODELOS CORTICALES Y GEOPOTENCIALES .....	118
IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA EXPERIMENTAL DE VELOCIMETRÍA POR IMÁGENES DE PARTÍCULA PARA AFORAR CAUDALES SOBRE EL RÍO EL TALA, PROVINCIA DE CATAMARCA.....	122
TRATAMIENTO DE MAREAS EN LA EVALUACIÓN DE MODELOS GEOPOTENCIALES GLOBALES .....	126
DETERMINACIÓN DE LINEA DE BASE PERPENDICULAR Y LINEA DE BASE CRITICA EN SENSORES RADAR DE APERTURA SINTÉTICA (SAR) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS TOPOGRÁFICOS O MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN (DEM) A PARTIR DE LA TÉCNICA InSAR, CASO PARTICULAR SENSOR ENVISAT .....	130
EVALUACIÓN DEL MODELO IONOSFÉRICO SUPIM PARA PREDICCIONES DE RADIOPROPAGACIÓN UTILIZANDO IONOGRAMAS AUTOESCALADOS DE LA ESTACIÓN IONOSFÉRICA TUCUMÁN.....	134
EXPERIENCIAS EN LA APLICACIÓN DE MICRO EMBALSES DE RETARDO TEMPORARIO (MRT) EN LA REGIÓN CENTRO Y NORTE ARGENTINA.....	138
CRITERIOS PROSPECTIVOS EN ÁREAS SUSCEPTIBLES DE INUNDACIÓN FLUVIAL URBANA DEL GRAN CATAMARCA.....	142
<b>COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA.....</b>	<b>146</b>
HERRAMIENTAS DE BIG DATA: CLUSTERING APLICADO A PACIENTES ONCOLÓGICOS.....	147
TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN ARGENTINA: CONCEPTOS Y EVIDENCIAS.....	151
UNA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE REUTILIZACIÓN DE LOS DATOS GEOESPACIALES .....	155
ANÁLISIS DEL SIMULADOR ASPEN EXCHANGER DESIGN AND RATING COMO HERRAMIENTA PARA COMPARAR RESULTADOS .....	159

<b>FORESTAL, AGRONOMÍA Y ALIMENTOS .....</b>	<b>163</b>
UN PLAN DE VERIFICACIÓN DE PROGRAMAS DE PRERREQUISITOS APLICADO A UNA CITRÍCOLA DE TUCUMAN.....	164
CARACTERIZACIÓN DENDROENERGÉTICA DE MATERIAL GENÉTICO SELECCIONADO DE <i>Eucalyptus camaldulensis</i> .....	168
FORMULACIONES DE GALLETAS CON ALTO CONTENIDO PROTEICO COMO PARTE DE UN PROYECTO INTEGRAL DE VULNERABILIDAD SOCIAL EN EL NOA (PCCT1).....	171
UTILIZACIÓN DE METODOLOGÍA ÁGIL SCRUM EN PROYECTO “YOGURES DE LECHE DE CABRA SUPLEMENTADOS CON FRUTOS COMO FUENTE DE ANTIOXIDANTES NATURALES Y ÁCIDOS GRASOS CONJUGADOS. ESTUDIO DE UN MODELO DE NEGOCIOS COMO UNA OPCIÓN PARA PRODUCTORES RURALES” .....	175
CONOCIMIENTO LOCAL SOBRE PLANTAS FORRAJERAS EN SANTIAGO DEL ESTERO .....	178
ACCIÓN INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE HOJAS DE SCHINUS AREIRA.....	182
EVALUACIÓN ECOFISIOLÓGICA DE CULTIVOS DE HIERBABUENA (MENTHA SPICATA) FERTILIZADOS CON UREA Y VERMICOMPOST .....	186
EXTRACTOS DE HOJAS DE <i>Prosopis alba</i> COMO CONSERVANTE NATURAL EN UNA MATRIZ CÁRNICA .....	189
CULTIVOS LÁCTICOS COMO POTENCIADORES DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINA DE ALGARROBA .....	193
ARBUSTOS Y SUBARBUSTOS CON POTENCIAL APICOLA EN LA FLORA NATIVA DE SANTIAGO DEL ESTERO.....	197
EFFECTO DE PREBIÓTICOS COMERCIALES SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA CEPA PROBIÓTICA <i>Limosilactobacillus reuteri</i> CRL 1098.....	201
ELABORACIÓN DE JAMONES CAPRINOS BAJOS EN SODIO .....	205
EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE VERDURAS COMERCIALIZADAS EN JUJUY: COMPARACIÓN DE CAMPAÑAS 2021 Y 2022 .....	209
ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD PROTEOLÍTICA DE BACTERIAS LÁCTICAS AISLADAS DE NICHOS AUTÓCTONOS DE SANTIAGO DEL ESTERO.....	212
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS DESHIDRATADOS OBTENIDOS MEDIANTE DIFERENTES PROCESOS DE SECADO.....	216
ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COCCIÓN CON ENERGÍA SOLAR Y ENERGÍA ELÉCTRICA DE ARÁNDANOS AZULES.....	219
RENDIMIENTOS OPERATIVOS DE TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN PLANTACIONES DE ALGARROBO BLANCO .....	223
EFFECTO DEL DESGRASADO EN EL COLOR DE QUESOS UNTABLES DE CABRA.....	227
CONSERVACIÓN DE ZANAHORIAS FRESCAS EN ATMÓSFERA MODIFICADA PASIVA.....	230

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE ESPECIES NATIVAS COMO BIOMORDIENTES PARA EL TEÑIDO CON TINTES NATURALES .....	234
GESTIÓN ARMONIZADA DE ALERGENOS A LA CADENA ALIMENTARIA DE UNA CITRÍCOLA DE TUCUMÁN .....	238
EFFECTOS DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA EN LAS GLOMALINAS DEL SUELO.....	242
RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PASTIZALES ARBUSTIFICADOS DEL CHACO SEMIÁRIDO. EFECTOS EN LAS FRACCIONES DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO .....	246
EMERGENCIA DE MALEZAS PREVIO AL SECADO DE CULTIVOS DE SERVICIO Y ANTES DE LA SIEMBRA DE MAIZ .....	250
TABLEROS DE PARTÍCULAS ELABORADOS A PARTIR DE LA MEZCLADE VIRUTAS RESIDUALES DE ALGARROBO Y CÁSCARAS DE MANÍ.....	254
METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ORGANIZACIONES AGROINDUSTRIALES DE PEQUEÑA ESCALA PARA INTEGRAR UNA RED DE COOPERACIÓN.....	258
USO DE UN ALIMENTO FUNCIONAL COMO ANTIBACTERIANO FRENTE A UN MICROORGANISMO CARIOGÉNICO .....	262
EXPLORACIÓN DE LA RECUPERACIÓN VEGETAL DE INCENDIOS PERIURBANOS MEDIANTE EL ÍNDICE NORMALIZADO DE ÁREA QUEMADA EN LA CIUDAD CAPITAL DE SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA .....	266
POTENCIAL DE LA MADERA JOVEN DE PROSOPIS ALBA GRISEB PARA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DE ALTO VALOR AGREGADO .....	270
EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN DE CABRAS LECHERAS CON TUNA ( <i>Opuntia sp.</i> ) EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y EL COLOR DE QUESOS UNTABLES DE CABRA .....	274
<b>GESTIÓN DE LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA .....</b>	<b>278</b>
LA GAMIFICACIÓN COMO METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE ACTIVO EN LA ENSEÑANZA DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA DE CARRERAS DE INGENIERÍA.....	279
REDES EDUCATIVAS Y DETECCIÓN COMUNIDADES .....	283
ESTUDIO COMPARATIVO DE SOFTWARES LIBRES PARA CÁLCULO NUMÉRICO.....	286
IMPACTO DE LA INCORPORACIÓN DE LOS ODS EN LA ENSEÑANZA DEL DERECHO AGRARIO EN LAS FACULTADES DE AGRONOMÍA.....	290
LOS ENTORNOS PERSONALES DE APRENDIZAJE (EPA) EN LA AUTOGESTIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	293
MÉTODO PARA CALIFICAR UNA EVALUACIÓN.....	297
EL PRE-EXAMEN COMO ESTRATEGIA PARA GARANTIZAR EL ÉXITO DEL EXAMEN FINAL DURANTE LA PANDEMIA .....	301
ESTILOS DE APRENDIZAJE: MODELO DE FELDER-SILVERMAN APLICADO AL APRENDIZAJE DE ANÁLISIS MATEMÁTICO I, FACULTAD DE INGENIERÍA,	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA (UNSa) .....	305
UTILIZACIÓN DE VIDEOCLASES ASINCRÓNICAS, RÚBRICAS Y AUTOEVALUACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA ASIGNATURA SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN .....	309
RELATO DE VIDA DE LA PROF. ESTELA LINDHOLM DE MORIS: LOS INICIOS DE LA LECTOCOMPRESIÓN EN INGLÉS EN LA FACET.....	313
GUÍA PRÁCTICA PARA ALINEAR LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA A LA ESTRATEGIA ORGANIZACIONAL.....	317
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ACTIVIDADES PRACTICAS DE LABORATORIO COMO HERRAMIENTA DE FORMACIÓN PARA INGENIEROS EN ALIMENTOS ....	321
DISEÑO DE SITUACION DE INTEGRACION: GEODINAMICA EXTERNA.....	325
RESTRUCTURACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO. SECUENCIA DIDÁCTICA: AISLAMIENTO DE ADN Y ELECTROFORESIS EN GEL DE .AGAROSA.....	329
MARCAS LINGÜÍSTICO-DISCURSIVAS EN TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS	333
ACTITUDES HACIA LA MATEMÁTICA EN EL INGRESO UNIVERSITARIO .....	336
RECONSTRUYENDO EL PROCESO DE EVALUACIÓN: INCORPORAR LA RÚBRICA EN EL SEMINARIO DE ENERGÍA DE BIOMASA EN INGENIERÍA EN INDUSTRIAS FORESTALES .....	339
EXPERIENCIA EN LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS 4.0 EN LAS CÁTEDRAS INGENIERÍA DE SOFTWARE I, II Y III. FACULTAD DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS-UNCA .....	343
EVALUAR CON RÚBRICAS: PROPUESTA DE CAPACITACIÓN A DOCENTES UNIVERSITARIOS .....	346
COMPETENCIAS EN LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS INFORMÁTICOS 4.0 DE LA FACULTAD DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA.....	350
<b>TECNOLOGÍAS BÁSICAS Y APLICADAS .....</b>	<b>354</b>
ESTUDIOS PRELIMINARES DE CERÁMICAS FABRICADAS CON ARCILLAS DE LA LOCALIDAD LOS ROMANOS, SANTIAGO DEL ESTERO. ....	355
CÁLCULO DE CONCENTRACIONES DE IONES DE INTERÉS EN SALMUERAS MEDIANTE UN MODELO EMPÍRICO BASADO EN VALORES DE FUERZA IÓNICA.....	359
PRONÓSTICO DE SERIES TEMPORALES APLICADA A LA PREDICCIÓN DE EVENTOS CLIMÁTICOS SEVEROS PARA LA REGIÓN DEL VALLE DE CATAMARCA.....	363
ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE PARA LA SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDIRECTA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO DEL AIRE EN UN TUBO .....	367
ANÁLISIS COMPARATIVO DE COLECTORES HEAT PIPES TUBULAR Y DE BARRA MACIZA DE HIERRO, PARA EL CALENTAMIENTO DE AIRE .....	370
ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA FORMA Y TAMAÑO DE MATERIALES DE RELLENO EN LA PÉRDIDA DE CARGA DE UN LECHO EMPACADO .....	374
VALIDACIÓN DE <i>SOFTWARE</i> DE ESTIMACIÓN DE T <sub>0</sub> PARA EMPLEO EN <i>MASTER</i>	

<i>CURVE</i> .....	377
PROPAGACIÓN DE INCERTIDUMBRE EN MODELOS MATEMÁTICOS MEDIANTE SIMULACIÓN DE MONTE CARLO .....	381
OPTIMIZACION DE LA OPERACION DE CENTRIFUGAS EN LABORATORIOS DE ANALISIS CLINICOS.....	385
ANALISIS MULTIVARIANTE EN EL SALAR DE POZUELOS. CASO: CALIDAD Y CANTIDAD DE SALMUERA RESIDUAL LUEGO DE OBTENER CARBONATO DE LITIO.....	388
FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MEMBRANAS COMPUESTAS .....	392
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE EXPORTACIÓN EN PALTAS DE TUCUMAN TRATADAS CON IRRADIACION UV-C .....	396
ESTUDIO CINÉTICO DE LA DESORCIÓN DE KETOPROFENO SOPORTADO EN MCM-41 .....	401
INFLUENCIA DEL pH EN LA DISOLUCIÓN DE KETOPROFENO SOPORTADO EN MCM-41 .....	405
APROXIMACIÓN DE NIVELES DE ENERGÍA PARA DEPOSICIÓN EN SUPERFICIES MODIFICADAS. UN PRIMER ANÁLISIS.....	409
SISTEMA EMBEBIDO PARA ENSAYOS CÍCLICOS DE CALOR Y HUMEDAD .....	413
SÍNTESIS DE METANOL A PARTIR DE CO <sub>2</sub> BIOGÉNICO DE LA INDUSTRIA SUCROALCOHOLERA.....	417
OBSERVADOR NO LINEAL PARA EL CONTROL DE CONVERTIDOR DC-DC .....	421
NUEVO APORTE AL ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE LA FASE Fe <sub>23</sub> Zr <sub>6</sub> EN EL SISTEMA Fe-Zr .....	425
SIMULACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA RECEPTOR DE SONDADOR IONOSFÉRICO.....	429
ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN DE LIPASA CON NANOÓXIDO MEDIANTE TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS.....	433
CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CABILDO HISTÓRICO DE LA PROVINCIA DE JUJUY .....	437
INCLUSION DE KETOPROFENO EN SILICE MESOPOROSA (SBA-15) .....	441
LA LECTOCOMPRESIÓN EN INGLÉS EN LA UNIVERSIDAD:UNA PROPUESTA DE APRENDIZAJE EN ENTORNOS COMBINADOS .....	445
SIMULACIÓN DE PROCESOS BATCH CON ASPEN PLUS .....	449
ESTUDIO DE CONOS DE ACEROS DE ALTO MANGANESO SOMETIDOS A DESGASTE POR IMPACTO .....	453
LIXIVIACION ACIDA DE DISTINTOS BORATOS A TEMPERATURA AMBIENTE ..	457
BÚSQUEDA RACIONAL DEL ESTADO DE TRANSICIÓN EN UNA TRANSFERENCIA DE GRUPO ACETILO CATALIZADA POR ZEOLITA H-ZSM-5 .....	461
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL RIP-RAP DE PROTECCIÓN DEL TALUD DE AGUAS ARRIBA DE LA PRESA EL CADILLAL .....	465

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE SUELOS GRANULARES APLICANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS DISCRETOS .....	469
EFFECTO DEL AGREGADO DE IVERMECTINA SOBRE PROPIEDADES REOLÓGICAS Y MECÁNICAS DE HIDROGELES TERMOSENSIBLES DE POLOXAMER.....	473
LOS RIESGOS LABORALES EN PyMES DEL SECTOR ALIMENTARIO EN SANTIAGO DEL ESTERO .....	477
ESTUDIO ERGONÓMICO EN ACTIVIDADES APÍCOLAS DE SANTIAGO DEL ESTERO POR EL MÉTODO LMQ.....	481
COMPARACIÓN DE UNA COLUMNA DE CARBONATAción DE UNA SECCIÓN FRENTE A OTRA DE DOS .....	485
BIOSURFACTANTES MICROBIANOS: PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN .....	489
USABILIDAD DE SOFTWARE EDUCATIVOS Y METACOGNICIÓN .....	493
AUTOMATIZACIÓN DE DESPLAZADOR MICROMÉTRICO CON MOTORES CONTROLADOS POR ARDUINO .....	497
LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE USO DEL AGUA EN PROCESOS INDUSTRIALES: ESTABLECER EL ALCANCE IMPORTA.....	501
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL PROCESO DE MEJORA CONTINUA EN UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD BASADA EN LA GESTIÓN DE VALOR Y ORIENTADA A LA UTILIZACIÓN EN ORGANIZACIONES DE SALUD PÚBLICA ...	505
CATÁLISIS HETEROGÉNEA CON ZEOLITAS COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE A UNA ESTERIFICACIÓN DE FISCHER.....	508
VERIFICACIÓN DEL AUMENTO DE TEMPERATURA DE TRABAJO POR AGREGADO DE UNA CAPA DE ALÚMINA EN LA CAMISA DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA 21R.....	512
ESTUDIO DE LA CAPACIDAD FERMENTATIVA DE BACTERIAS LÁCTICAS SOBRE GRANOS ANDINOS.....	516
MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DE ANTIMONIATO DE MEGLUMINA POR DERIVATIZACIÓN MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS .....	520
COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS DE CÁLCULO PARA UNA DESTILACIÓN BINARIA .....	524
MODELADO DE PROCESOS QUÍMICOS MEDIANTE PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS. CASO DE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA .....	528
PERCEPCIONES Y PERSPECTIVAS DE LOS ALUMNOS ACERCA DEL APRENDIZAJE DURANTE LA PANDEMIA. EL CASO DE LA CARRERA ANALISTA PROGRAMADOR UNIVERSITARIO EN LA EXTENSIÓN ÁULICA DE LA CIUDAD DE LA QUIACA. ....	532
SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS POSTESADAS DE BLOQUES DE HORMIGÓN .....	536

## **AMBIENTE**

## UNA MEJORA SOCIO AMBIENTAL EN LA DISPOSICIÓN FINAL DEL ACEITE VEGETAL UTILIZADO EN EL PROGRAMA DE COCINAS

Gandur, Jose Antonio<sup>1</sup>; Migliavacca, Julieta<sup>2</sup>, Fanjul Torti, Constanza<sup>1</sup>

1. Ministerio de Desarrollo Social – Gobierno de Tucumán

2. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Universidad Nacional de Tucumán

### RESUMEN

*El Ministerio de Desarrollo Social (MDS) de Tucumán, dentro de sus funciones, aborda integralmente la problemática de familias en situación de riesgo nutricional, y define estrategias alimentarias específicas. Esta situación se aborda mediante la implementación del Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios Vinculados a la nutrición, donde nuestra línea de estudio son las Cocinas Comunitarias. El objetivo principal del trabajo es poder encontrar una solución amigable con el medio ambiente para la disposición final del aceite usado buscando que la misma pueda contribuir a mejorar la condición de vulnerabilidad de las personas que asisten a las Cocinas comunitarias.*

*Según datos relevados de la Dirección de Políticas Alimentarias del MDS, en la actualidad se compran y se distribuyen de manera mensual un total de 5850 botellas de aceite de 900 grs cada una. Según cálculo detallado a continuación, se estima que las 5850 botellas de aceite hacen a un total de 7312 litros usados por mes, equivalentes a 7,3m<sup>3</sup>. En este marco, el trabajo describe el impacto ambiental que produce la ejecución del Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios vinculados a la nutrición como consecuencia del uso de Aceites Vegetales para cocinar a diario y en segunda instancia, en la propuesta de una alternativa de recogida, reciclado y valorización del aceite usado, mediante su utilización para la producción de velas y jabones biodegradables, buscando de esta manera que el proyecto ingrese en el círculo virtuoso de la Economía Circular Social.*

### Abstract

*The Ministry of Social Development (MDS) of Tucumán, within its functions, comprehensively addresses the problem of families in a situation of nutritional risk, and defines specific food strategies. This situation is addressed through the implementation of the Program to Strengthen Community Spaces Linked to Nutrition, where our line of study is Community Kitchens. The main objective of the work is to be able to find an environmentally friendly solution for the final disposal of used oil, seeking that it can contribute to improving the vulnerability of the people who attend the Community Kitchens.*

*According to data collected from the Food Policy Directorate of the MDS, a total of 5,850 bottles of oil of 900 grams each are currently purchased and distributed monthly. According to the calculation detailed below, it is estimated that the 5,850 bottles of oil make a total of 7,312 liters used per month, equivalent to 7.3m<sup>3</sup>. In this framework, the work describes the environmental impact produced by the execution of the Strengthening Program for Community Spaces linked to nutrition as a consequence of the use of Vegetable Oils for daily cooking and secondly, in the proposal of an alternative collection, recycling and recovery of used oil, through its use for the production of biodegradable candles and soaps, seeking in this way that the project enters the virtuous circle of the Social Circular Economy.*

### Palabras claves:

Aceite Vegetal, Cocina Comunitaria, Economía Circular

## Introducción

El Ministerio de Desarrollo Social (MDS) de Tucumán, dentro de sus funciones, aborda integralmente la problemática de familias en situación de riesgo nutricional, y define estrategias alimentarias específicas. Esta situación, corresponde a la Dirección de Políticas Alimentarias, que aborda la problemática mediante la implementación del Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios Vinculados a La Nutrición, con sus tres líneas: a) Comedores Infantiles; b) Cocinas Comunitarias y c) Centros de Cuidado y Nutrición Infantil. A continuación, se describen las líneas de trabajo antes mencionadas:

- a. Los Comedores Infantiles son estructuras organizacionales conformadas por miembros de la comunidad, quienes contribuyen en elaborar la prestación alimentaria diaria a poblaciones mayoritariamente conformada por niños.
- b. Las Cocinas Comunitarias son dispositivos grupales que garantizan asistencia familiar frente a necesidades alimentarias. Trabajan de manera organizada, representados en su amplia mayoría por mujeres; quienes preparan alimentos, planifican menús y definen variedad, según gustos y necesidades de cada núcleo familiar.
- c. Los Centros de Cuidado y Nutrición Infantil son espacios comunitarios donde los niños y niñas puedan crecer, jugar y aprender, en un clima de afecto y contención con participación familiar y comunitaria.

Todas las familias y organizaciones que participan en el Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios en sus tres líneas, llevan a cabo el proceso de producción de alimentos mediante el uso de aceite vegetal, pero en ninguno de los casos se cuenta con una instancia de disposición final del mismo amigable con el medio ambiente.

## Materiales y métodos

El trabajo estuvo centrado en el uso y disposición final del aceite utilizado en las Cocinas Comunitarias. Realizar un diagnóstico del estado de los diferentes Espacios Comunitarios tomando en cuenta variables que ayudaron a determinar si existen factores de contaminación por utilización y desecho del Aceite Vegetal en las zonas donde operan los mismos.

Según datos relevados de la Dirección de Políticas Alimentarias del Ministerio de Desarrollo Social de la Provincia, en la actualidad se compran y se distribuyen de manera mensual un total de 5850 botellas de aceite de 900 grs cada una.

Según cálculo detallado a continuación, se estima que las 5850 botellas de aceite hacen a un total de 7312 litros usados por mes, equivalentes a 7,3m<sup>3</sup>.

$$5850 \text{ (kg)} / 0,800 \text{ (kg/l)} = 7312 \text{ L equivalente a } 7,3 \text{ m}^3$$

"El aceite es un compuesto que no se degrada en el medio ambiente (...) y en el agua forma una película que evite la oxigenación ocasionando pérdida de la flora y la fauna a nivel acuático".

En este marco, lo que se propone es avanzar en primera instancia, en el estudio descriptivo sobre el impacto ambiental que produce la ejecución del Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios vinculados a la nutrición como consecuencia del uso de Aceites Vegetales para cocinar a diario y en segunda instancia, en la propuesta de una alternativa de recogida, reciclado y valorización del aceite usado, mediante su utilización para la producción de velas y jabones biodegradables

Se definió una etapa de participación ciudadana en la que se realizó una encuesta de tipo Google Form para obtener una descripción sobre condiciones de vida y hábitat de los grupos en estudio y donde cada cocina comunitaria disponía el aceite vegetal.

Luego del análisis de la encuesta antes mencionada se procedió a evaluar el impacto ambiental que genera el desecho de Aceite Vegetal Usado en cada uno de los dispositivos y delimitar cuáles eran los factores ambientales más afectados por la recurrencia de estas prácticas. Dicha evaluación se realizó a través de una matriz de Aspectos-Impactos ambientales para analizar los mismos y las medidas de mitigación de los impactos negativos más significativos.

Como última etapa del trabajo se evaluó la viabilidad de acciones a desarrollar para minimizar los impactos ambientales negativos de los diferentes dispositivos, como ser la producción de jabones y velas a partir de la reutilización del Aceite Vegetal desechado.

### **Conclusiones.**

Se pudo construir una mirada integral en torno a los procesos de desecho de aceite usado que se dan en los distintos Espacios que operan en el marco del Programa de Fortalecimiento a espacios comunitarios vinculados a la nutrición. Dicha construcción fue analítico-descriptiva de las características y particularidades de los espacios y las familias con las que opera el Programa de Fortalecimiento a espacios comunitarios vinculados a la nutrición en la provincia de Tucumán.

Se puso cuantificar el impacto ambiental que genera el desecho de aceites vegetales usados en el hábitat de las comunidades seleccionadas para realizar la investigación.

Se finalizó el trabajo con el análisis sobre la factibilidad de implementar estrategias de reciclado y utilización del aceite vegetal usado como materia prima para la producción de jabones y velas, generando un círculo virtuoso a la generación del residuo en cuestión de este trabajo. Generando una propuesta con valor agregado y permitirá el tratamiento de desechos de aceite vegetal usado en el dispositivo de Fortalecimiento a Espacios comunitarios vinculados a la nutrición en la provincia.

### **Agradecimientos**

- Al equipo de las Cocinas Comunitarias del Ministerio de Desarrollo Social.
- A la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología.
- 

### **REFERENCIAS**

- González Canal y Otros. “Aceites usados de cocina. Problemática ambiental, incidencia en redes de saneamiento y coste del tratamiento en depuradoras”. España. 2017
- Gioia, G. “Gestión Integral de aceites vegetales usados (AVU’s) “. Trabajo final de tesis, Especialización en Management Tecnológico. Universidad Nacional de Río Negro. Argentina. 2013
- Jiménez Morales; S. “Estudio teórico para el control de la contaminación por grasas y aceites generada por la actividad industrial, doméstica y de servicios”. Tesis de grado. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. México D.F. 2012.
- Ley Nacional General del Ambiente N°25675. (2002). Honorable Cámara de Diputados y Senadores de la Nación Argentina.

## OPTIMIZACION DE LA RECOLECCION DE ACEITE VEHICULAR USANDO LOGISTICA INVERSA

**Elio Beltrán, Eduardo Vera van Gelderen\*, Pablo Jeger y Teresa Unzaga**

*Departamento de Procesos y Gestión Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, Tucumán, Argentina.*

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [everavangelderren@herrera.unt.edu.ar](mailto:everavangelderren@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

*Actualmente las empresas están prestando más atención a la disposición final de los residuos peligrosos para evitar daños ambientales, económicos y sanciones legales. En todo el mundo se han desarrollado sistemas logísticos que permiten integrar la recuperación de residuos industriales en la cadena de suministro. En Tucumán existe una gran cantidad de empresas que generan aceite vehicular usado, como lubricadores y su disposición final no cumple con las normas ambientales vigentes. En este trabajo se estudia la logística de recolección del aceite usado, con el fin de encontrar la ruta óptima minimizando los costos de operación. Se ha desarrollado un modelo matemático que tiene en cuenta el número de puntos de generación de aceite de motor, las distancias entre ellos, el número y capacidad de los vehículos que se podrían utilizar para recoger dicho aceite, la ubicación del centro de recogida, entre otros. En el caso de la ciudad de San Miguel de Tucumán la red obtenida permite la recolección total del residuo generado a un costo de \$6800 utilizando el 87% de la capacidad vehicular.*

### ABSTRACT

*Companies are paying more attention to the final disposal of hazardous waste in order to avoid environmental and economic damage and legal sanctions. Logistics systems have been developed throughout the world that allow the recovery of industrial wastes to be integrated into the supply chain. In Tucumán, there is a large number of companies that generate used engine oil and their final disposal does not comply with current environmental regulations. In this work, the logistics for collecting used oil is studied, in order to find the optimal route while minimizing operating costs. A mathematical model has been developed which takes into account the number of generating points of engine oil, the distances between them, the number and volume capacity of vehicles that could be used to collect the used engine oil, the location of the collection center, among others. In the case of the city of San Miguel de Tucumán, the network obtained allows the total collection of the waste at a cost of \$6,800 using 87% of the vehicle capacity.*

**PALABRAS CLAVE:** Ruta óptima, aceite vehicular, logística inversa.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la problemática ambiental, desde una nueva perspectiva, ha dejado de preocuparse únicamente por el agotamiento y la escasez de recursos, y se ha interesado en la sostenibilidad, que consiste en utilizar como materia prima no solo recursos naturales, sino también aquellos productos fuera de uso, con la finalidad de reintegrarlos a la cadena de valor.

Las empresas actuales están prestando mayor atención a la disposición final de los residuos peligrosos con el fin de evitar daños ambientales, económicos y sanciones legales. Para ello, se han desarrollado a lo largo del

mundo sistemas logísticos que permiten la recuperación de este tipo de desechos (filtros, aceite usado, baterías, llantas usadas, etc.) y su posterior reintegración a la cadena de suministro. [1,2,3,4]

La ciudad de San Miguel de Tucumán, Argentina, tiene una gran cantidad de puntos generadores de aceite vehicular usado (lubricentros, talleres mecánicos, estaciones de servicio, etc.) cuya disposición final no se adecua a la normativa ambiental vigente, por lo que la recolección de dichos residuos contribuye a la disminución de la manipulación inadecuada de este desecho.

En este trabajo se estudia la logística de recolección de aceite vehicular usado, de manera de encontrar la ruta óptima minimizando los costos operativos. Con este objetivo se ha desarrollado un modelo matemático que tiene en cuenta el número de puntos generadores, las distancias entre ellos, el número y la capacidad de vehículos recolectores, la ubicación del centro de acopio, entre otras. Se genera de este modo, una red de recolección del aceite vehicular usado en la ciudad de San Miguel de Tucumán.

## **METODOLOGÍA**

El problema planteado se identificó como un CVRP (*Capacited Vehicle Routing Problem*) por la restricción de capacidad de los camiones utilizados. Para solucionarlo se implementó la heurística del ahorro en una primera instancia generando una única ruta que conecte todos los puntos. Posteriormente se realizaron agrupamientos (*clusters*) que cumplieran con la restricción de capacidad de los vehículos.

Se identificaron 69 puntos de generación del aceite vehicular usado y se determinó geográficamente la mejor ubicación del centro de acopio, teniendo en cuenta la distribución de dichos puntos, así como el fácil acceso, el flujo de vehicular, y la reglamentación municipal respecto a la circulación de camiones. Además, se calcularon las distancias de los puntos entre sí y con el centro de acopio.

Se realizó un estudio de mercado para conocer la disponibilidad de vehículos con las características adecuadas para el traslado del residuo y sus capacidades.

Por otra parte, se calculó el costo de recolección y traslado por kilómetro recorrido, teniendo en cuenta el mantenimiento de los vehículos, el combustible consumido, los lubricantes, etc.

La resolución del problema combinatorio se realizó en dos fases. Primero se utilizó la heurística de inserción de menor costo para encontrar una ruta donde se incluyan los 69 nodos, partiendo y regresando al centro de acopio (Nodo 0), sin tener en cuenta las restricciones de capacidad de los vehículos. Se utilizó la hipótesis que todos los nodos serán visitados por un solo vehículo una única vez. A continuación, se procede a agrupar los nodos en *clusters* que definirán las subrutas y el número de camiones o vehículos necesarios para cubrir en su totalidad los puntos o nodos generadores.

## **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

El problema de ruteo de vehículos, permite establecer rutas de distribución eficiente; a través del ajuste de algoritmos o heurísticas, ofreciendo soporte y apoyo al campo de la logística.

Se ubicaron 69 puntos que producen aceite usado en la ciudad de San Miguel de Tucumán y se localizó el centro de almacenamiento del residuo teniendo en cuenta que los costos de transporte desde los nodos hasta este punto sean los menores.

Se aplicó una metodología de solución de dos fases para el CVRP, basada en la implementación de la heurística de inserción teniendo en cuenta costo de operación y el agrupamiento para la generación de los *clusters*; para encontrar la ruta óptima. Se consiguió expresar el modelo de ruteo de vehículos en términos económicos, mediante la minimización de costos y cobertura total de los nodos o puntos generadores.

La solución óptima prevé la necesidad de cuatro camiones cisterna y cada uno de ellos recorrerá una única ruta específica. De esta manera se recolecta la totalidad del aceite vehicular usado recorriendo 94,8 km a un costo operativo de \$6800, con una utilización del 87% de la capacidad disponible.

**Agradecimientos:** Este trabajo fue financiado por el Proyecto 26/E647/1 del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán.

## **REFERENCIAS**

1. N. Monroy y M. C. Ahumada. “Logística reversa – Retos para la ingeniería industrial”; Revista de Ingeniería (2006) p. 23 – 33.

2. C. Carter and L. Ellram. "Reverse Logistics: a review of the literature and framework for future investigations" *Journal of Business Logistics*, Vol. 19, N° 1 (1998), p. 85-122.
3. N. Reyes Morales. "Modelo de optimización de programación de rutas para una empresa logística peruana usando herramientas FSMVRPTW" *Revista Industrial Data*, Vol. 19. N° 2 (2016), p. 118-123
4. J. Daza, J. Montoya y F. Narducci. "Resolución de problemas de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases". *Revista EIA* N° 12, (2009), p. 23-38.

**MODELACION DE LA DISTRIBUCION POTENCIAL DE APIS MELLIFERA  
(HYMENOPTERA: APIDAE) EN SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA**

**Lic. Moggio, Martin<sup>(1)\*</sup>; Dr. Savino, Cristian<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> *Catedra de SIG, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (s)1912, Santiago del Estero, Argentina.*

*\*Correo Electrónico (autor de contacto): martinmoggio7@gmail.com*

**RESUMEN**

*Apis mellifera (L.) es una especie clave que brinda servicios ecosistémicos importantes como la polinización. La apicultura es una actividad sustentable que aporta alimentos de alto valor nutritivo y rentabilidad a nivel local, regional y global. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue modelizar la distribución potencial de Apis mellifera y correlacionar con la producción de miel en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. Para ello se generó un modelo de distribución, utilizando el software Maxent, a partir 985 puntos de presencia y 16 variables ambientales. El mismo presentó elevado poder explicativo de la distribución (AUC=0,852), y se determinaron las siguientes áreas con alta probabilidad de presencia de la especie: área de riego del Rio Dulce, zona Serrana en Guasayan, noroeste del departamento Choya y zona agropecuaria del departamento Rivadavia. Estas se relacionaron con vegetación mixta (bosque y cultivos). Las variables NDVI, Estacionalidad de la temperatura, Temperatura mínima del mes más frío, Precipitación anual, Precipitación del trimestre más frío y Estacionalidad de la precipitación contribuyeron en un 93,6% al modelo, expresando una estrecha relación con la especie. El mapa de distribución potencial de Apis mellifera obtenido tuvo una fuerte correlación ( $r=0,79$ ) con la distribución de áreas de producción de miel en Santiago del Estero. Las variables seleccionadas y la metodología utilizada posibilitaron determinar con gran eficiencia, que las áreas con vegetación mixta son el mejor hábitat para la especie, y de la misma manera se identificaron las áreas de mayor potencial productivo de Apis mellifera en la Provincia de Santiago del Estero.*

**ABSTRACT**

*Apis mellifera (L.) is a key species that provides important ecosystem services such as pollination. Beekeeping, a sustainable activity, provides food with high nutritional value and profitability at a local, regional and global level. Due to these antecedents, the objective of this work was to model the potential distribution of Apis mellifera and correlate it with honey production in the province of Santiago del Estero, Argentina. For this, a distribution model was generated, using the Maxent software, from 985 points of presence and 16 environmental variables. It presented high explanatory power of the distribution (AUC=0.852), and the following areas were determined with a high probability of presence of the species: Rio Dulce irrigation area, Highlands zone in Guasayan, northwest of the Choya department and agricultural zone of the Rivadavia department. These were related to mixed vegetation (forest and crops). The variables NDVI, Seasonality of temperature, Minimum temperature of the coldest month, Annual precipitation, Precipitation of the coldest quarter and Seasonality of precipitation contribute 93.6% to the model, expressing a close relationship with the species. The potential distribution map of Apis mellifera obtained had a strong correlation ( $r=0.79$ ) with the distribution of honey production areas in Santiago del Estero. The selected variables and the methodology used made it possible to determine with high efficiency that the areas with mixed vegetation are the best habitat for the species, and in the same way the areas with the greatest productive potential of Apis mellifera in the Province of Santiago del Estero were identified.*

**Palabras clave:** *Apicultura, Variables ambientales, Maxent, Producción.*

## Introducción:

*Apis mellifera* es una especie de importancia para el mantenimiento del sistema ecológico, ya que brinda un servicio ecosistémico fundamental como la polinización y a su vez se obtiene un producto comercial como la miel y sus derivados (Kim et al., 2020). Argentina es el segundo productor de miel a nivel mundial (MAGyP, 2021), a su vez, Santiago del Estero participa de la producción nacional con mieles de calidad. Actualmente la población de *Apis mellifera* se ve disminuida globalmente, afectando directamente a los ecosistemas naturales, como también a actividades productivas dependientes de la polinización. En este contexto, se determinó el objetivo del presente trabajo: Modelizar la distribución potencial de *Apis mellifera* y correlacionar con la producción de miel en la provincia de Santiago del Estero, Argentina.

## Materiales y Métodos:

El área de estudio comprende la totalidad de la provincia de Santiago del Estero. Los registros de presencia, se obtuvieron del Registro Nacional de Productores Apícolas (RENAPA), los cuales contaban con identificación de cada apiario, coordenadas geográficas, número de colmenas y producción de miel del apiario (kg.), todo correspondiente al año 2020. A partir de estos se generó un archivo de coordenadas geográficas con 985 registros de presencia de *Apis mellifera* y una capa en formato raster de categorías de producción de miel mediante QGIS v3.16 (Quantum Geographic System): baja (10 a 20 kg/colmena), media (20 a 30 kg/colmena) y alta (30 a 40 kg/colmena). En cuanto a las variables ambientales, se seleccionaron 14 bioclimáticas de la base de datos de WorldClim y 2 índices de la base de datos CONAE, todas en formato raster. Se ajustó la resolución y las cuadrículas de las capas para que sean coincidentes mediante el software QGIS. Los 985 registros de presencia de *Apis mellifera* y las 16 variables ambientales se introdujeron al software MaxEnt v3.0.0, especificando la utilización de un modelo logístico y la obtención del comportamiento individual de variables. Por último, se realizó una correlación de la capa de distribución potencial de *Apis mellifera* con las categorías de producción de miel en la provincia, mediante el software SAGA.

## Resultados y Discusión:

En primer lugar, se validó el modelo a partir del valor del estadístico del Área Bajo la Curva (AUC), el cual arrojó un valor de  $AUC=0,852$ . El valor obtenido se clasifica como bueno (Araujo et al. 2005) y es mayor al de otros autores que modelaron *Apis mellifera* con MaxEnt.

El mapa de distribución potencial de *Apis mellifera* en la provincia de Santiago del Estero (Figura 1), representa valores de probabilidad de que la especie se encuentre presente en ese sitio. Se observó que regiones con vegetación mixta (fragmentos de bosque y cultivos agrícolas) tienen mayor probabilidad de presencia, esto relacionado con los servicios que brinda el bosque (refugio de heladas, viento y del sol) y mayor oferta floral por parte de cultivos agrícolas.

Las salidas complementarias indicaron que 6 variables tuvieron un aporte mayor al 5%, siendo un total entre ellas de un 93,6%. Las mismas fueron: Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) (40%), Estacionalidad de la Temperatura (ET) (20,9%), Temperatura mínima del mes más frío (TMMF) (15,7%), Precipitación anual (PA) (6,7%), Precipitación del trimestre más frío (PTF) (5,2%) y Estacionalidad de la precipitación (EP) (5,1%). Se comparó el porcentaje de contribución de las variables con mayor contribución obtenidas, con otros autores que modelaron la misma especie con MaxEnt y se encontró que en el caso de NDVI, ET y PTF, dos autores encontraron de alta contribución a cada una de ellas. Para las variables TMMF y PA un autor para cada una, mientras que en EP no se encontraron autores que la obtengan como variable de alta contribución.

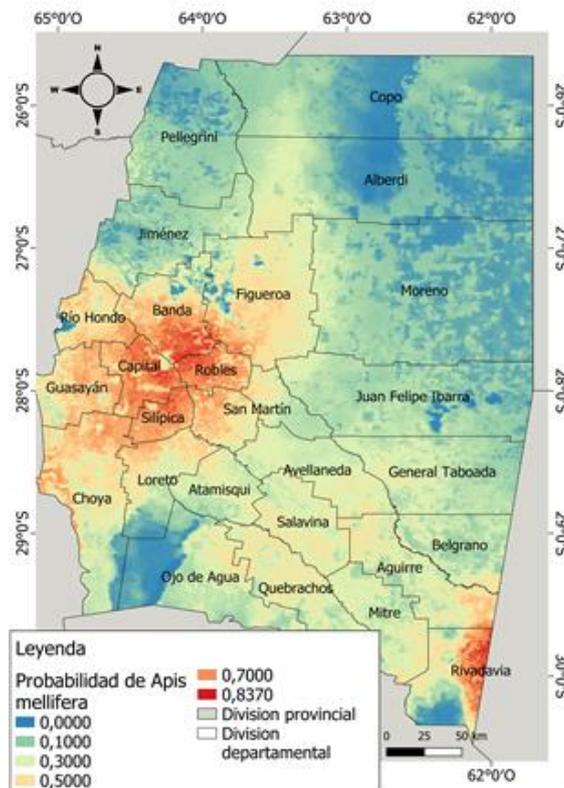


Figura 1: Distribución potencial de *Apis mellifera* en Santiago del Estero.

La correlación entre la probabilidad de presencia de *Apis mellifera* y la producción de miel arrojó un coeficiente de correlación  $r=0,79$ , lo cual indica una fuerte asociación positiva entre las variables. Esto se debe a que los sitios de alta probabilidad de presencia se corresponden con sitios de buenos rendimientos en producción de miel de la especie.

### Conclusiones:

Las variables seleccionadas y el software Maxent posibilitaron determinar con eficiencia las áreas de mayor potencial productivo de *Apis mellifera* en la Provincia de Santiago del Estero. Adicionalmente se determinó que las áreas con vegetación mixta (bosques y cultivos) representan mejor hábitat para la especie.

### REFERENCIAS

1. Araujo, M.B.; Pearson, R.G.; Thuiller, W. y Erhard, M., “Validación de modelos de impacto especies-clima bajo cambio climático”. *Biología del cambio global*. Vol. 11 N.9, pag. 1505-1513 (*paper*)
2. Kim, Y.; Cho, Y. H.; Bae, Y.; Kim, D. Y., “El análisis del entorno potencial de polinización de *Apis mellifera* en Seúl utilizando el enfoque de modelado de Maxent”; *The Korea Society of Environmental Restoration Technology*, Vol. 23 N.4 (2020), p. 85-96. (*paper*)
3. MAGyP (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de Argentina), “Políticas públicas para fortalecer el desarrollo de la cadena apícola”; 2021, Recuperado 30/05/2022 de <https://magyp.gob.ar/apicultura/> (*sitio web*)

## CAMINATA SONORA EN LAS YUNGAS TUCUMANAS

Walter Diaz<sup>(1,2)\*</sup>, Ana C. Gómez Marigliano<sup>(1,2)</sup> y Manuel Lazarte<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Laboratorio de Física Aplicada / Acústica, Depto. de Física, Facultad de Ciencias Exactas Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina – INFINOA/CONICET.

<sup>(2)</sup>Investigador CONICET.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [walter.diaz@fbqf.unt.edu.ar](mailto:walter.diaz@fbqf.unt.edu.ar)

### RESUMEN

*En el marco del programa de investigación PIUNT E686 de la UNT y el proyecto de extensión TAKIDEUS se miden los niveles sonoros de la caminería del Jardín Botánico de la UNT, con el objetivo de evaluar y caracterizar su paisaje sonoro. En trabajos anteriores se evaluó un paisaje sonoro urbano en una zona del centro de San Miguel de Tucumán con metodologías que involucran mediciones acústicas y psicoacústicas, las cuales se utilizan en este estudio. Se comienza el procedimiento de la caminata sonora individual pidiendo a los sujetos individuales que caminen y seleccionen posiciones de evaluación en las que perciban cualquier característica positiva o negativa del paisaje sonoro. En los puntos seleccionados se miden los NPS (Niveles de Presión Sonora) y los índices psicoacústicos acompañados de registros audiovisuales que acompañan la información necesaria. Los resultados obtenidos proporcionan una base de caracterizaciones acústicas de la zona de Yungas necesarias para los objetivos planteados en las caminatas de TAKIDEUS.*

*Palabras clave: contaminación acústica; paisaje sonoro; ruido*

### ABSTRACT

*Within the framework of the PIUNT E686 research program of the UNT and the TAKIDEUS extension project, the sound levels of the paths of the UNT Botanical Garden are measured, with the aim of evaluating and characterizing its sound landscape. In previous works, an urban soundscape was evaluated in a downtown area of San Miguel de Tucumán with methodologies that involve acoustic and psychoacoustic measurements, which are used in this study. The individual sound walk procedure is started by asking individual subjects to walk and select assessment positions in which they perceive any positive or negative features of the soundscape. At the selected points, the NPS (Sound Pressure Levels) and the psychoacoustic indices are measured, accompanied by audiovisual records that accompany the necessary information. The results obtained provide a basis for acoustic characterizations of the Yungas area necessary for the objectives set in the TAKIDEUS walks.*

*Keywords: noise pollution; soundscape; noise*

### INTRODUCCIÓN

El nivel de presión sonora (SPL) no representa completamente el concepto de confort acústico debido a la complicada interacción entre los sonidos y la percepción humana del ruido. Por lo tanto, muchos estudios han evaluado ambientes acústicos utilizando el concepto de paisajes sonoros, que implica la evaluación del confort acústico en espacios urbanos en relación con el tipo de fuente de sonido. (Yang & Kang, 2005) Los paisajes sonoros se han evaluado utilizando diferentes métodos, como encuestas,

entrevistas y experimentos de laboratorio, según el propósito del estudio. El método más común es una encuesta utilizando un cuestionario. Otro método común para evaluar paisajes sonoros al aire libre es realizar una caminata sonora. Un paseo sonoro sistemático tiene ventajas para evaluar cuantitativa y cualitativamente los paisajes sonoros como experiencias multimodales, lo que puede compensar la falta de experimentos de laboratorio. Puede permitir tanto respuestas subjetivas como mediciones objetivas de paisajes sonoros.

La zona bajo estudio es el Jardín Botánico de la UNT que se encuentra ubicado en la zona conocida como Yungas, al pie del cerro San Javier lo que da cuenta de una vegetación típica de bosque andino y selva de montaña con la particularidad de que a pocos metros se desarrolla una intensa actividad urbana

En este trabajo, para analizar las características acústicas de la zona objeto de estudio se utiliza la misma metodología utilizada en la caminata sonora por San Miguel de Tucumán, la cual compara mediciones con parámetros acústicos y psicoacústicos. (Diaz, Walter; Gomez Marigliano, Ana; Lazarte, 2021)

El presente estudio propone un procedimiento de paseo sonoro que es aplicable a la evaluación de paisajes sonoros urbanos. Se revisaron estudios previos sobre paseos sonoros y se investigaron varios factores que pueden influir en los resultados de los paseos sonoros. Se lleva a cabo un estudio de caso utilizando la metodología utilizada en paseos sonoros individuales en espacios urbanos para poder clasificar el paisaje sonoro de la zona de Yungas. Se analizaron elementos de ambientes acústicos e imágenes visuales y se derivaron las impresiones de los sujetos sobre los elementos del paisaje sonoro urbano.(Axelsson et al., 2010)

## MATERIALES Y METODOS

Se eligieron los puntos de medición a partir de las experiencias e impresiones de los participantes, lo que es coherente con el concepto original de la caminata sonora tal como se concibió en los estudios iniciales. Sin embargo, el número de puestos de evaluación puede diferir entre los participantes, por lo que es difícil comparar las respuestas subjetivas entre los participantes. La duración de esta caminata sonora puede variar entre 30 a 90 minutos según la longitud de la ruta a pie y el número de posiciones de evaluación. Como es un caso de estudio elegimos una cantidad de 7 puntos de medición para poder estimar una cantidad adecuada posteriormente.

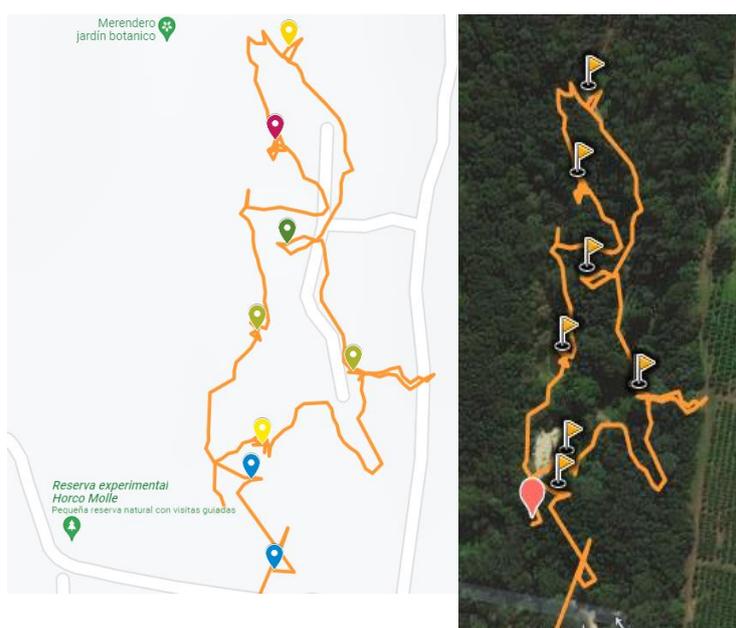


Figura 1 – Puntos de medición caminata sonora

Los descriptores de ruido que se utilizan son los parámetros acústicos LA<sub>eq</sub> y LA<sub>n</sub>. El LA<sub>eq</sub> es el que se utiliza para describir niveles sonoros que varían en el tiempo y toma en cuenta el nivel de energía sonora promedio en un determinado tiempo. Se debe expresar con la ponderación utilizada.

LA<sub>n</sub> son los niveles de presión sonora que han superado algún porcentaje durante el tiempo de observación. El nivel L<sub>90</sub> representa los valores pico; el L<sub>50</sub> está compuesta por los valores que superan el 50 %, asociado con algunos descriptores de ruido de tráfico. El de L<sub>10</sub> corresponde a los niveles más bajos y se lo asocia con el ruido de fondo.

Un factor importante en la apreciación y descripción subjetiva del entorno es su percepción psicoacústica y el impacto que produce el entorno sobre cada uno de los individuos. (Segura et al., 2012)

Los descriptores psicoacústicos utilizados son:

Loudness (sonoridad): es la percepción asociada al volumen del sonido que se puede cuantificar. Su unidad es el sonio que tiene el nivel de 40 fonios o un tono de 1 kHz con una intensidad de 40 dB.

Sharpness (nitidez): La nitidez es el parámetro que tiene en cuenta la influencia de los componentes de alta frecuencia de un sonido. Mientras más contenido de alta frecuencia exista más nítido se percibirá el sonido. La unidad es el acum (agudo) que está relacionado a un ruido de banda estrecha de 1 kHz con un ancho de banda menor que 150 Hz y un nivel de 60 dB.

Roughness (aspereza): este término describe que tan “áspera” puede ser la calidad de un sonido en un estrecho intervalo armónico. La unidad es el asper producido por un tono de 1000 kHz de 60 dB, modulada por una frecuencia de 70 Hz

En todas las estaciones de la caminata se miden los parámetros que cuantifican el nivel de sonido de cada área: nivel de presión sonora continua equivalente (LA<sub>eq</sub>) y niveles estadísticos (L<sub>10</sub>, L<sub>50</sub>, L<sub>90</sub>).

Los parámetros subjetivos o psicoacústicos son analizados mediante los parámetros loudness, sharpness y roughness calculados a partir del software PsySound3.

Se eligieron los puntos de medición a partir de las experiencias e impresiones de los participantes, lo que es coherente con el concepto original de la caminata sonora tal como se concibió en los estudios iniciales. Sin embargo, el número de puestos de evaluación puede diferir, por lo que es difícil comparar las respuestas subjetivas entre los participantes. La duración de esta caminata sonora puede variar entre 30 a 90 minutos según la longitud de la ruta a pie y el número de posiciones de evaluación. Como es un caso de estudio elegimos una cantidad de 7 puntos de medición para poder estimar una cantidad adecuada posteriormente.

Se utilizaron para las mediciones un sonómetro de acuerdo con normativas IEC651 tipo 2, ANSI S1.4, para mediciones de campo, con las siguientes características:

Rango de medición: 30 dB 130 dB a frecuencias entre 20 Hz y 8 kHz. Resolución de 0,1 dB. En ponderación A y Slow

Sound Level Calibrator IEC942 type 2, ANSI S1.40

Para grabar los sonidos en cada estación se utiliza una grabadora Zoom H1n XY. El software utilizado para los cálculos de las variables psicoacústicas es el pSySound3 basado en Matlab.

## RESULTADOS

Se realizan las mediciones en los lugares mencionados con los siguientes resultados (por ejemplo):

Punto 1:

PARÁMETROS ACÚSTICOS

	LA <sub>Eq</sub>	L1 Nivel Pico	L10 Ruido de Fondo	L50 Nivel Medio	L90 Niveles Máximos	L90 – L10
dB <sub>A</sub>	74,9	74,9	62,4	65,9	71,6	9,2

Tabla 1. Mediciones parámetros acústicos

PARÁMETROS PSICOACÚSTICOS

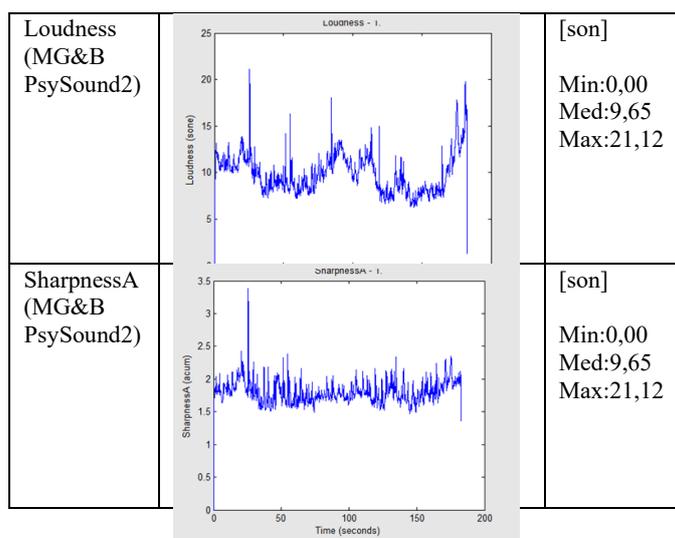


Tabla 2. Mediciones Psicoacústicas

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

En el presente desarrollo se investigó la metodología del paseo sonoro, uno de los métodos más comunes para la evaluación del paisaje sonoro, para caracterizar un camino determinado. Las metodologías de paseos sonoros utilizadas en estudios de paisajes sonoros se analizaron en términos de tipo, sitio y ruta de caminata, y procedimiento.

También se analizaron elementos del entorno acústico y la imagen visual percibida por los sujetos y sus impresiones sobre los elementos.

Esta caracterización del paisaje sonoro da una buena base para desarrollar los objetivos planteados en el proyecto TAKIDEUS. Se planea, a partir de las distintas caminatas a realizar, conseguir mas datos para seguir desarrollando los métodos planteados en este trabajo.

## REFERENCIAS

- W. Yang and J. Kang. “Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces”. *Applied Acoustics*, 66(2), (2005). 211–229. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2004.07.011>.
- W. Diaz, A. Gómez Marigliano y M. Lazarte. “Ambiente Sonoro en una zona de San Miguel de Tucumán”. In F. de C. E. y Tecnología (Ed.), *Encuentro Científico de Investigadores de la FACET (Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología) - UNT. Universidad Nacional de Tucumán* (2021).
- Ö. Axelsson, M. E. Nilsson and B. Berglund. “A principal components model of soundscape perception”. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 128(5), 2836–2846. (2010) <https://doi.org/10.1121/1.3493436>
- J. Segura, S. Cerdá, R. Montell, J. Romero, R. Cibrián, A. Barba y A. Giménez.” Los parámetros psicoacústicos como herramienta para la evaluación subjetiva de diferentes entornos y actividades”. *VIII Congreso Ibero-americano de Acústica. Vol 43. (2012) 1-9*

## PRODUCCIÓN DE QUÍMICOS FINOS A PARTIR DE BIOMASA LIGNOCELULÓSICA DE CAÑA DE AZÚCAR. PRODUCCIÓN DE FURFURAL EN ESCALA BANCO

Victoria S. Saucedo<sup>(1)</sup>, Lucas M. Machín Ferrero<sup>(1,2)\*</sup>, Norma L. Robles<sup>(1,3)</sup> y Graciela Prieto<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán (FACET UNT). Av. Independencia 1800, Tucumán, Argentina.

<sup>(2)</sup> CCT CONICET NOA SUR. Centro Científico Tecnológico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Crisóstomo Álvarez 722, Tucumán, Argentina.

<sup>(3)</sup> Instituto de Química del Noroeste Argentino (INQUINOA CONICET UNT). Ayacucho 471, Tucumán, Argentina

\*[lmachinferrero@herrera.unt.edu.ar](mailto:lmachinferrero@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

Los materiales lignocelulósicos poseen en su matriz una composición de polímeros naturales (celulosa, hemicelulosa y lignina) que pueden permitir la diversificación de la industria azucarera promoviendo un uso más integral de la materia prima y el aumento de valor agregado de la actividad. Como parte de un proyecto que contempla la obtención de químicos finos con potencial como *building blocks* para la industria química, se presentan ahora los resultados obtenidos para la producción de xilosa y furfural a partir de bagazo de caña de azúcar a escala banco, en un reactor batch. La obtención de furfural se realiza como una secuencia de reacciones químicas catalizadas por ácido sulfúrico. La primera etapa involucra una hidrólisis ácida suave (bajas temperaturas y concentraciones de catalizador), a fin de obtener la mayor cantidad posible de xilosa, reactivo precursor para la segunda etapa de reacción. A continuación, la xilosa obtenida se deshidrata para dar furfural en condiciones más drásticas. Como materia prima se utilizó bagazo proveniente de ingenios de la provincia de Tucumán, en tanto que las variables analizadas tendientes a maximizar los rendimientos de los productos de las diferentes etapas fueron: relación sólido/líquido ( $\phi$ ), concentración de ácido sulfúrico ( $C_a$ ), tiempo de reacción ( $t$ ) y temperatura de reacción ( $T$ ). Los resultados preliminares obtenidos indican que los mejores rendimientos de xilosa en la primera etapa requieren  $\phi = 1:30$ ,  $C_a = 2\%(m/v)$ ,  $t = 30$  min y  $T = 120^\circ\text{C}$ , en tanto que las mayores concentraciones de furfural, requieren  $C_a = 3,4\%(m/v)$ ,  $t = 50$  min y  $T = 150^\circ\text{C}$ . Para la etapa de hidrólisis fuerte, a mayores tiempos de reacción se evidenció una disminución de la concentración de furfural debida a reacciones de degradación.

### ABSTRACT

*Lignocellulosic materials have in their matrix a composition of natural polymers (cellulose, hemicellulose and lignin) that can allow the diversification of the sugar industry, promoting a more integral use of raw materials and an increase in the added value of the activity. As part of a project aimed to obtaining chemical compounds with potential as building blocks in the chemical industry, we present now the bench scale outcomes for the obtention of xylose and furfural from sugarcane bagasse in a batch reactor. Furfural results from a sequence of sulfuric acid catalyzed chemical reactions. The first step involves a mild acid hydrolysis (low temperature and catalyst concentration conditions) in order to obtain the largest possible amount of xylose, precursor reagent for the second reaction stage. Subsequently, xylose is dehydrated to furfural in stronger reaction conditions. Sugarcane bagasse was used as raw material being the solid:liquid ratio ( $\phi$ ), sulfuric acid concentration ( $C_a$ ), reaction time ( $t$ ) and reaction temperature ( $T$ ) the variables analyzed to maximize different product's yields. Preliminary results obtained indicate that in the first step the best xylose yield is achieved with  $\phi = 1:30$ ,  $C_a = 2\%(m/v)$ ,  $t = 30$  min and  $T = 120^\circ\text{C}$ , while largest furfural concentrations required  $C_a = 3,4\%(m/v)$ ,  $t = 50$  min and  $T = 150^\circ\text{C}$ . In the second and stronger*

*hydrolysis step, furfural concentration decreases at longer reaction times as a consequence of degradation reactions.*

## **PALABRAS CLAVE**

*Bagazo; biorrefinería; sustentabilidad; chemical building blocks, hidrólisis ácida*

## **Introducción**

La actividad azucarera constituye uno de los principales sostenes de la economía de la provincia de Tucumán, pero en los últimos años la demanda de azúcar presenta una tendencia a la baja<sup>[1]</sup> por lo que se motiva a la búsqueda de la diversificación de la cartera de productos ofrecida por la industria sucroalcoholera. El bagazo remanente de esta actividad suele utilizarse para la cogeneración de energía en el mismo ingenio y como insumo para la producción de papel. Sin embargo, su contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina lo convierten en un material de alto potencial para la obtención de productos de mayor valor agregado que representen beneficios desde perspectivas económicas y ambientales en el marco de una biorrefinería de caña de azúcar. Utilizar el excedente de material lignocelulósico de la industria sucroalcoholera tucumana para la producción de nuevos productos tiene como principales ventajas la no competitividad con la producción de alimentos y la utilización de materias primas sin la necesidad de expansión del cultivo.

La composición de esta biomasa lignocelulósica puede permitir la obtención de numerosos compuestos químicos de importancia comercial. Entre ellos, tanto xilosa como furfural (furan-2-carbaldehído) son compuestos químicos claves involucrados en la producción de endulzantes, plásticos, lubricantes, solventes, adhesivos, compuestos farmacéuticos y productos agroquímicos. La obtención comercial de furfural se realiza a través de la hidrólisis ácida de polisacáridos de pentosas propios de la biomasa lignocelulósica (principalmente xilanos) seguida de una deshidratación, también en medio ácido, de los monosacáridos obtenidos (xilosa) para generar furfural. Las estrategias de obtención de estos compuestos reportadas hasta el momento son numerosas y disímiles en cuanto a sus ventajas y desventajas de implementación, por lo que es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías con el fin de obtener estos productos con los mayores rendimientos y de la forma menos costosa y más sustentable posible, dando así un uso integral al material lignocelulósico remanente de la actividad industrial.

Recientemente hemos reportado un diseño experimental a escala laboratorio tendiente a la determinación de las variables y equipamientos necesarios, así como también el estudio cinético de las reacciones químicas involucradas en la degradación de los xilanos a monómeros de xilosa<sup>[2]</sup>. En el presente trabajo presentamos un análisis de las variables de proceso (temperatura, concentración de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, tiempo de reacción y relación sólido-líquido) determinantes para la producción de xilosa y furfural a escala banco. La producción sustentable de compuestos tan versátiles abriría un panorama promisorio para la economía regional, aumentando el grado de robustez de esta agroindustria.

## **Materiales y Métodos**

Las reacciones químicas tendientes a la obtención de xilosa y furfural se llevaron a cabo en un reactor batch de 2 L de capacidad (reactor Andreas Hofer). Con el fin de comparar los rendimientos de la reacción en este dispositivo, a diferencia del obtenido para la misma reacción realizada en un equipo convencional a escala laboratorio (500 mL)<sup>[2]</sup>, en la primera etapa (suave), el reactor conteniendo bagazo y solución de ácido sulfúrico (2%) en relación 1-15 (m/m) se cerró y se sometió

a un calentamiento rápido, a fin de alcanzar la temperatura de reacción (120°C) en el menor tiempo posible. En estas condiciones, la reacción se realizó a una presión de 3 kg cm<sup>-2</sup> durante 30 min. Posteriormente, el contenido del reactor se filtró a fin de separar la fase sólida, consistente en bagazo sin degradar, de la fase líquida que contiene principalmente xilosa y otros azúcares solubles. La fase líquida obtenida se sometió a un nuevo ciclo de calentamiento hasta alcanzar los 150°C, durante 50 min. Las muestras de reacción se sometieron a análisis del contenido de azúcares reductores totales (ART), glucosa y furfural utilizando espectroscopia visible y UV, respectivamente.

## Resultados

Los resultados obtenidos en las experiencias realizadas se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados obtenidos en las experiencias de laboratorio.

	Masa bagazo (g)	C <sub>a</sub> (% m/v)	φ (g sólido/ g líquido)	T (°C)	t (min)	P (bar)	Rendimiento (%)
Hidrólisis suave	33,3	2	1/30	120	30	3	20,65*
Hidrólisis fuerte	-	3,24	-	150	50	4	13,12**

\* expresado en g xilosa/ g bagazo

\*\* expresado en g furfural/ g xilosa

## Discusión y Conclusiones

De los resultados obtenidos para la hidrólisis suave de bagazo de caña de azúcar se infiere que se puede obtener un mayor rendimiento de xilosa por gramo de bagazo, a un menor tiempo de reacción y trabajando a mayor temperatura y a mayor escala, en comparación con trabajos anteriores<sup>[2]</sup>. En términos de g<sub>xilosa</sub>/g<sub>hemicelulosa</sub> y para la misma experiencia en escala banco, Tizazu *et al.*<sup>[3]</sup> obtuvieron un rendimiento de 76,0 %, mientras que para este trabajo representa un 78,8 %.

A partir de la etapa de hidrólisis fuerte, se concluye que es posible la obtención de furfural procesando la fase líquida obtenida de la hidrólisis suave en un corto tiempo de reacción. Al cabo de 50 minutos de reacción y a temperatura constante, se evidenció una disminución de la concentración de furfural debida a reacciones de degradación<sup>[4]</sup>. Esto indicaría la necesidad de extraer el furfural del medio de reacción a medida que se produce, mediante un sistema semi-continuo, para poder aproximarnos al rendimiento teórico (64%, en g<sub>furfural</sub>/g<sub>xilosa</sub>). Los resultados obtenidos nos permiten aseverar que esta secuencia de reacciones sería una alternativa interesante y de relativamente fácil implementación en el esquema productivo actual para así lograr la diversificación de la industria azucarera. Para ello, se requieren estudios tendientes a optimizar las condiciones de la hidrólisis ácida fuerte.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Tucumán (a través del proyecto PIUNT26/E-633 y de la beca estudiantil CIUNT-convocatoria 2021) y a INQUINOA UNT CONICET por los fondos otorgados para la financiación parcial de este trabajo.

## REFERENCIAS

1. Ministro de Economía y Finanzas Públicas de Argentina. Informe de Cadenas de Valor: Caña de Azúcar (2018).
2. L. M. Machín Ferrero, N. L. Robles, G. J. Lizárraga y G. Prieto, Producción de químicos finos a partir de biomasa lignocelulósica de caña de azúcar. Estudio cinético de la producción de xilosa. 5to Congreso Argentino de Ingeniería, 2021.
3. B. Z. Tizazu y V. S. Moholkar. “Kinetic and thermodynamic analysis of dilute acid hydrolysis of sugarcane bagasse”. *Bioresource technology*, Vol. 250 (2018), p. 197-203.
4. K. J. Zeitsch, “The chemistry and technology of furfural and its many by-products”; 2000. Elsevier.

## **ESTUDIO PRELIMINAR DEL AGUA DE CANALES PLUVIALES DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DEL ESTERO**

**Daniela P. Basualdo<sup>(1)\*</sup>, Héctor R. Tevez<sup>(1)</sup>, Karina del V. Rondano<sup>(1)</sup> y Rosa Ma. Garcinuño  
Martínez<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup>*Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, Santiago del Estero, Argentina.*

<sup>(2)</sup>*Departamento de Ciencias Analíticas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Avenida de Esparta s/n Las Rozas, Madrid, España.*

\*Correo Electrónico: [dannibasualdo@gmail.com](mailto:dannibasualdo@gmail.com)

### **RESUMEN**

*El agua es necesaria para todas las formas de vida, está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía y la producción de alimentos, los ecosistemas saludables y para la supervivencia misma de los seres humanos. Las aguas de ríos y canales se las suelen clasificar como aguas blancas o pluviales. Son permanentemente utilizados como sumideros para los desechos urbanos y frecuentemente las descargas de agua contaminada superan la capacidad de auto-regeneración, deteriorando ríos y/o canales, lo que conlleva a la pérdida del oxígeno [1]. En este trabajo se establecieron 5 sitios de muestreo y se aplicaron los métodos estándares para el análisis de: pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos y nitritos. Según los límites establecidos por el Reglamento de Control de Vertidos de Líquidos Residuales de la Secretaría del Agua Provincial [2], el 60% de las muestras analizadas superan los valores de DBO<sub>5</sub> y de fósforo total. Mientras que todas las muestras superan ampliamente el límite establecido para nitritos. Se podría concluir que los canales pluviales de la ciudad de Santiago del Estero que desembocan en el Río Dulce, ponen en riesgo la conservación de los valiosos ecosistemas de agua dulce como así también la salud de los pobladores.*

### **ABSTRACT**

*Water is necessary for all forms of life, it is at the epicenter of sustainable development and it is essential for socio-economic development, energy and food production, healthy ecosystems and for the very survival of human beings. Rivers and canals waters are classified as white or rainwater, usually. They are permanently used as sinks for urban waste and discharges frequently exceed the self-regeneration capacity and rivers and/or canals deterioration, which leads to the loss of oxygen dissolved in the water, the disappearance of insects and fish and the consequent destruction of the fluvial ecosystem due to the interruption of food chains [1]. In this work, five sampling sites were established and the standard methods were applied for the analysis of: pH, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, phosphates and nitrites were applied. According to the limits established by the Regulations for the Control of Discharges of Residual Liquids of the Provincial Water Secretariat [2], 60% of the samples analyzed exceed the BOD<sub>5</sub> and total phosphorus values. While all the samples widely exceed the limit established for nitrites. It could be concluded that the pluvial channels of the city of Santiago del Estero that flow into the Río Dulce put the conservation of valuable freshwater ecosystems at risk as well as the health of the inhabitants.*

*Palabras Clave: agua residual, contaminación, ambiente, nitritos.*

## Introducción

El agua es necesaria para todas las formas de vida, está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía y la producción de alimentos, los ecosistemas saludables y para la supervivencia misma de los seres humanos. El agua es la más abundante e importante sustancia que el hombre utiliza, debido a las enormes cantidades que se requieren para las distintas aplicaciones, tales como el consumo doméstico, público, agrícola, industrial entre otros; también es el recurso natural más descuidado, afectado y desperdiciado debido a su relativa abundancia y a la facilidad con que es desechada.

Las aguas residuales se definen como una combinación de líquidos o aguas portadoras de residuos, procedentes de residencias, instituciones públicas, centros comerciales e industriales, a las que eventualmente, suelen ser vertidas a aguas subterráneas, superficiales y pluviales. Las aguas de ríos y canales se suelen clasificar como aguas blancas o pluviales y son permanentemente utilizados como sumideros para los desechos urbanos. Frecuentemente las descargas de agua contaminada superan la capacidad de auto regeneración, y los ríos y/o canales se deterioran, lo cual conlleva a la pérdida del oxígeno disuelto en el agua, la desaparición de insectos y peces y la consecuente destrucción del ecosistema fluvial por la interrupción de las cadenas alimenticias. Se caracterizan por grandes aportaciones intermitentes y escasa contaminación. Sus caudales, en una superficie urbanizada, son de 50 a 200 veces superiores a los correspondientes a las medias de los vertidos domésticos, comerciales e industriales [1].

Para la caracterización de estas aguas, se suelen analizar parámetros físico-químicos, como pH, Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), fosfatos, nitritos, entre otros.

Para abordar la problemática de las aguas residuales que desembocan en muchos sitios del Río Dulce de la ciudad Capital de Santiago del Estero, poniendo en riesgo la conservación de los valiosos ecosistemas de agua dulce como así también la salud de los pobladores, en este trabajo, se presentan los resultados preliminares de un análisis físico-químico realizado en muestras de aguas de distintos canales pluviales de dicha localidad.

## Materiales y Métodos

### *Toma de muestra*

Los sitios de toma de muestra corresponden a distintos canales pluviales de la Capital de Santiago del Estero. Las muestras de agua se recogieron en 5 puntos de dichos canales siguiendo las recomendaciones de los Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales [3].

### *Análisis físico-químico*

Los parámetros que se determinaron fueron: pH, OD, DBO<sub>5</sub>, fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) y nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Para las mediciones de pH y OD se utilizó un Multímetro Water Meter 850081 Sperscientific con un electrodo combinado Oakton.

El método utilizado para DBO<sub>5</sub>, consistió en medir la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para efectuar la oxidación de la materia orgánica presente en las muestras de agua y se determinó por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de cinco días de incubación a 20°C utilizando una estufa de cultivo IS 2300C.

Mediante cromatografía iónica se identificaron y cuantificaron los iones fosfatos y nitritos, utilizando Sistema IC Thermo Scientific™ Dionex™ Aquion™ junto con el sistema de Datos de Cromatografía (CDS) Thermo Scientific™ Dionex™ Chromleon™ para automatización y manejo de datos. La fuente de datos se realizó mediante el detector de conductividad.

## Resultados y Discusión

Los valores de pH varían entre 8,36 y 8,74; encontrándose dentro del rango permitido pero cercanos al límite superior establecido (6,50-9,00) según el Reglamento para el control de vertidos de líquidos residuales, establecido por la Dirección General de Medioambiente de la Secretaría del Agua de Santiago del Estero (RCVLR-DGMA-SDE). En cuanto a los valores de OD, dicho reglamento no establece límites de oxígeno disuelto en aguas de conducto pluvial. Sin embargo teniendo en cuenta la Norma de calidad ambiental y de

descarga de efluentes: recurso agua, de Colombia, se establece que los valores de OD en aguas debe ser no menor a 5 mg.L<sup>-1</sup>. Teniendo en cuenta este valor, el 80% de las muestras se encuentran por debajo del mismo.

El valor máximo para DBO<sub>5</sub> establecido en el RCVLR-DGMA-SDE corresponde a 50 mg.L<sup>-1</sup> en aguas de conducto pluvial. En los análisis realizados se pudo determinar que el 60 % de las muestras analizadas superan el límite establecido, alcanzando un máximo de 66 mg.L<sup>-1</sup>.

Los valores de pH, OD y DBO<sub>5</sub> obtenidos se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros medidos en las muestras de agua

Muestra	pH	OD	DBO <sub>5</sub>
1	8,58	3,7	54
2	8,41	1,7	62
3	8,79	2,1	38
4	8,5	6,4	36
5	8,36	4,5	66

A partir de las concentraciones de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> obtenidos por cromatografía iónica, se calcularon estequiométricamente los valores de fósforo total. El valor máximo fijado para este analito en aguas de conducto pluvial corresponde a 2 mg.L<sup>-1</sup>, según el RCVLR-DGMA-SDE. Teniendo en cuenta dicho valor, del análisis surge que el 60% de las muestras superan dicho límite.

Sólo 2 muestras presentaron concentraciones por debajo del máximo establecido. Los puntos de muestreo de ambas, fueron: una a la salida de la planta de tratamiento de líquidos cloacales (la cual se encuentra en período de activación) y otra a 30 metros de la primera, aproximadamente.

Este comportamiento se representa en la Figura 1, donde se resalta el límite máximo con una línea punteada.

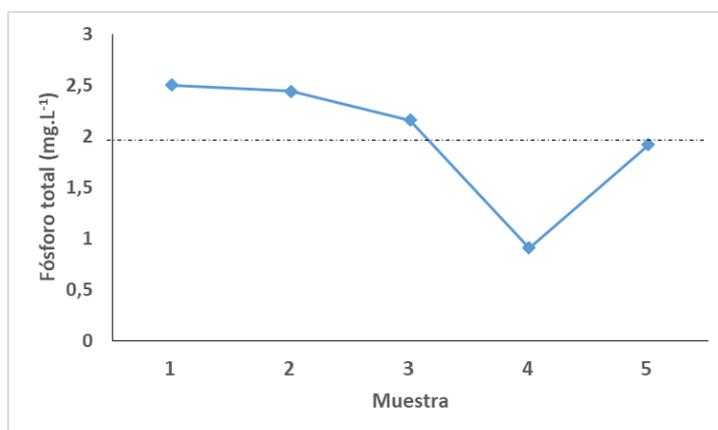


Figura 1. Fósforo en aguas de conducto pluvial

En la Figura 2 se representan los valores de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> obtenidos. En la misma se puede observar que todas las muestras contienen concentraciones elevadas de este analito, llegando en algunos puntos a 3,75 mg.L<sup>-1</sup>, superando ampliamente el límite establecido en el RCVLR-DGMA-SDE (0,1 mg.L<sup>-1</sup>).

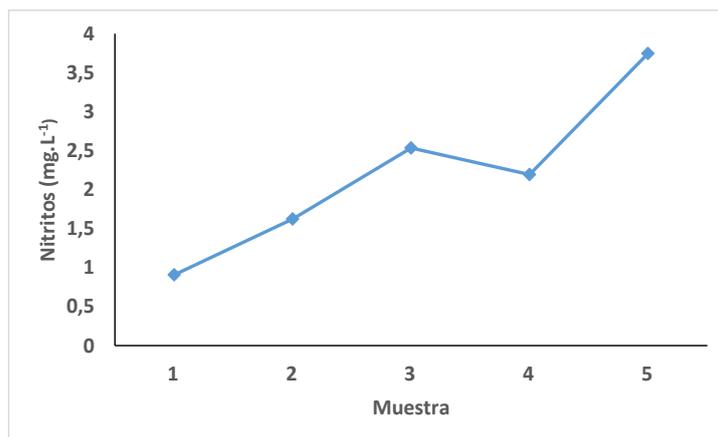


Figura 2. Nitritos en aguas de conducto pluvial

Es interesante mencionar que último sitio de muestreo corresponde al más próximo de descarga de estos canales en el Río Dulce, que es utilizado como balneario y recreación de los pobladores. El análisis de la muestra correspondiente al mencionado punto, refleja valores superiores de  $\text{NO}_2^{-1}$  y  $\text{PO}_4^{-3}$ , teniendo en cuenta el Código Alimentario Argentino (CAA) [4].

### Conclusiones

Del estudio realizado se puede determinar que los canales pluviales de la ciudad de Santiago del Estero que desembocan en el Río Dulce, ponen en riesgo la conservación de los valiosos ecosistemas de agua dulce. Las descargas de aguas residuales en dichos canales, pueden afectar el desempeño ecológico de estas aguas. Dicho río es utilizado para la pesca, así como también como balneario y recreación de los pobladores; por lo cual se ponen en riesgo la salud de los mismos, estas aguas no son aptas para el uso recreativo ni de consumo según lo establecido por el CAA.

### REFERENCIAS

1. D. Basualdo. (2018) "Caracterización de aguas residuales". Tesis de grado. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
2. Reglamento para el control de vertidos de líquidos residuales. (2010). Dirección General de Medio Ambiente dependiente de la Secretaría del Agua de la Provincia de Santiago del Estero (RCVLR-DGMA-SDE).
3. APHA, AWWA, WPCF. (1992). Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. España, Ed. Díaz De Santos.
4. Código Alimentario Argentino. (2012). Capítulo XII. Bebidas hídricas, agua y agua gasificada.

## EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE AGUA SUPERFICIAL EN UN CANAL DE RIEGO

Alicia Nassif<sup>(1)\*</sup>, Carina Andrea Acosta<sup>(1)</sup>, Héctor Rodolfo Tevez<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Investigación y Estudio en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, Santiago del Estero, Argentina.

\* (Alicia Nassif): [alunassif@gmail.com](mailto:alunassif@gmail.com)

### RESUMEN

En la provincia de Santiago del Estero, ubicada al norte de la República Argentina, se encuentra el Río Dulce, sobre su margen derecho nace en Canal San Martín, el cual atraviesa la ciudad Capital para llevar agua para riego al departamento San Martín y la Estación Loreto. Al pasar por la ciudad Capital recorre áreas densamente pobladas, siendo utilizadas por las personas aledañas, con fines recreativos con el objetivo de mitigar las elevadas temperaturas durante los meses de primavera y verano. Dado que la calidad microbiológica de estas aguas es incierta, se realiza un análisis microbiológico, evaluando la presencia de Coliformes totales y *Escherichia coli*, ya que su existencia en este tipo de aguas, sería un riesgo para la salud de las personas que lo utilicen.

### ABSTRACT

In Santiago del Estero, province located in the north of the Republic of Argentina, it's located a river called Río Dulce, on its right bank the Canal San Martin is born, which runs across Capital city carrying irrigation water to San Martin department and Station Loreto. When passin through Capital City, it goes through densely populated areas, being used by the surrounding people, for recreational purposes with the aim of mitigate the high temperatures during the spring and summer months. Since the microbiological quality of these waters is uncertain, a microbiological analysis is carried out, evaluating the presence of total Coliforms and *Escherichia Coli*, since their existence in this type of water represents a risk to the health of the people who make use of it.

**Palabras Clave:** agua superficial, agua uso recreativo, coliformes totales, *E. coli*, contaminación.

### Introducción

Al Norte de la República Argentina se encuentra la provincia de Santiago del Estero (SDE), conocida como Madre de ciudades por ser la más antigua del país. Hidrológicamente SDE, tiene uno de los ríos de mayor importancia por sus implicancias económicas, el cual nace a 5.500 m de altura en los límites entre Salta y Tucumán con el nombre de Río Tala, ingresa a la provincia por el departamento Río Hondo, donde recibe el nombre de Río Dulce. Sobre el margen derecho de este río, nace el Canal San Martín (CSM) que inicia su recorrido aguas abajo del Dique derivador Los Quiroga, atravesando de norte a sur la ciudad Capital [1].

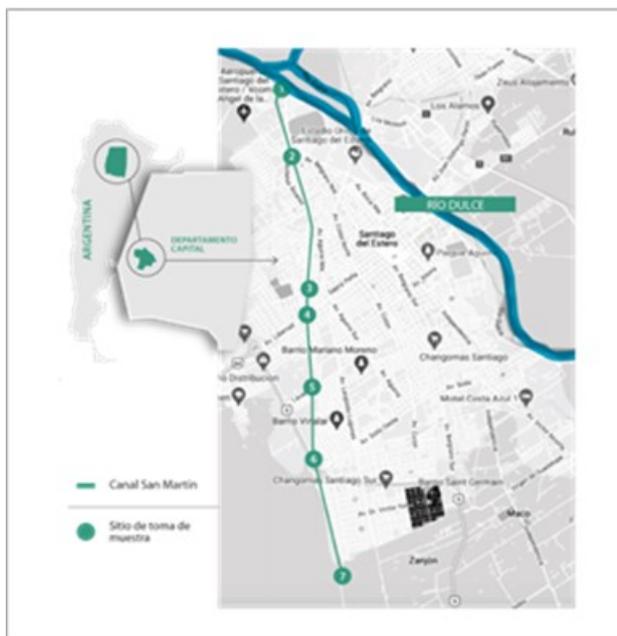
El CSM es un canal de riego, a cielo abierto revestido que recorre 64 Km y en su trayecto lleva agua al Departamento San Martín y la Estación Loreto. En su recorrido pasa por zonas de elevada densidad de población, quienes en la temporada de primavera y verano, donde se registran valores de temperatura media entre 40°C - 50°C, es utilizado por las personas aledañas a la zona con fines recreativos, especialmente los niños con el objetivo de mitigar las intensas temperaturas características de esta época del año

En este sentido, es importante destacar que al sumergirse en este tipo de agua para realizar actividades de esparcimiento, se tiene que la principal vía de exposición en este caso es la oral, la cual puede darse de forma accidental u ocasional.

Debido a que la calidad microbiológica del agua del CSM es incierta, surge realizar la evaluación microbiológica de agua superficial en un canal de riego.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en septiembre y noviembre del año 2021 y enero del 2022, durante la primavera y verano, en el mes de diciembre se corta el suministro de agua, por lo que no se realiza el muestreo. Para el análisis bacteriológico del agua del CSM, se definieron 7 puntos de muestreo como se observa en la figura 1, las cuales surge de estudios anteriores [3].



**Figura 1.** Argentina. Santiago del Estero. Zona de toma de muestra, Canal San Martín (CSM)

En la tabla 1 se indica la ubicación geográfica y las coordenadas de los puntos de toma de muestra, los cuales se realizaron entre las 9:00 am y 11:00 a.m. Las muestras se conservaron a  $5 \pm 1$  °C, se trasladaron al laboratorio para su posterior análisis y se procesaron dentro de las 4 horas siguientes a su recolección, sin tratamientos ni conservantes. De cada sitio de análisis, se obtuvieron seis (6) muestras y cada una de ellas se analizó por triplicado durante los meses de septiembre 2021, noviembre 2021 y enero 2022 respectivamente.

**Tabla 1.** Ubicación geográfica y coordenadas de los puntos de muestreo

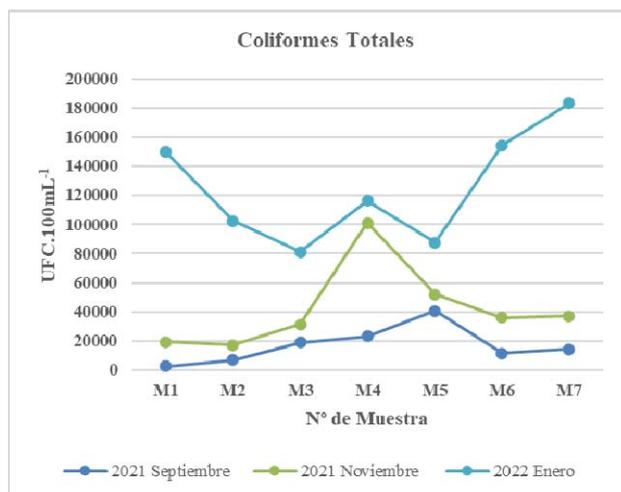
\* “Caracterización de las Aguas del Canal San Martín, Santiago del Estero, Argentina” (Acosta C. A., 2018)

Muestra N°	Ubicación	Km	Coordenadas geográficas		
			Altitud	Latitud	Longitud
1	Av. del Libertador y Nuñez del Prado	0,00	0,00	27°44'54.60"S	64°17'22.85"O
2	Av. del Libertador y Av. Belgrano (N)	2,00	(relativa al suelo)	27°45'50.00"S	67°17'13.48"O
3	Av. del Libertador e Islas Malvinas	5,00	0,00	27°47'44.34"S	64°16'55.52"O
4	Av. del Libertador y Av. Libertad	6,00	(relativa al suelo)	27°48'7.52"S	64°16'58.84"O
5	Av. del Libertador y Lavalle	8,00	0,00	27°49'7.62"S	64°16'52.71"O
6	Av. Circunvalación Raúl Alfonsín y CSM	10,00	(sujeta al suelo)	27°50'4.72"S	64°16'51.90"O
7	Puestito de San Antonio Y CSM	13,00	0,00	27°51'36.14"S	64°16'26.68"O

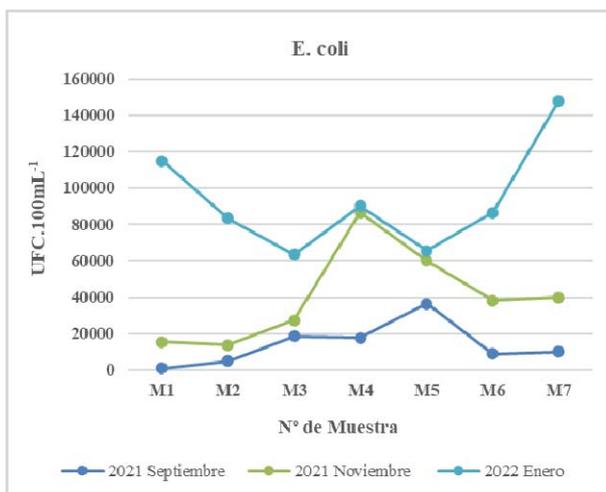
La determinación de *Coliformes totales* y *E. coli*, se realizó por el método de filtración por membrana. Para ello se utilizó, un dispositivo Monitor 100 Biosart con tamaño de poro 0,45  $\mu\text{m}$  white/black y 47 mm de diámetro, una bomba de vacío Apema y un kitasato Schot dura n Sartorius de Stedi m Biotech (1L), como medio de cultivo estéril Biosart 100 Media Tergitol TTC. Las muestras se incubaron en estufa de precisión San Jor, Serie SL DB, durante un tiempo de 18 a 24 horas a  $36 \pm 2$  °C. Los resultados se informaron como Unidades Formadoras de Colonias en 100 mL (UFC.100 mL<sup>-1</sup>)

## Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en la figura 2 y figura 3.



**Figura 2.** Concentración de bacterias *Coliformes totales* en cada uno de los 7 puntos monitoreados durante 3 meses.



**Figura 3.** Concentración de bacterias *E. coli*. en cada uno de los 7 puntos monitoreados durante 3 meses.

## Discusión

El comportamiento resulto si milar para *coliformes totales* y *E. coli* observándose un incremento en la cantidad de bacterias de la primavera al verano, en los tres meses estudiados. Se observa un marcado aumento en la muestra 4 (M4), especialmente en el mes de noviembre del 2021 y diciembre del 2021, lo que podría explicarse, con el hecho de que en este punto, coincidiría con la zona de mayor población, por lo que podría ocurrir una mayor degradación de las aguas, debido a un mayor uso. Situación similar se observa en la muestra 1 (M1) y muestra 7 (M7) en el mes de enero del 2020, los cuales se encuentran más alejados de la zona urbana y coincidiría con el mayor uso para fines recreativos, como así también la presencia de animales, situación que podría explicar una mayor degradación de las aguas, especialmente en este mes, donde se registran las mayores temperaturas.

## Conclusiones

Todas las muestras analizadas superan enormemente el límite permitido para agua de consumo según el Código Alimentario Argentino (CAA), que fija valores de *Coliformes totales*, igual o menor de tres en 100 mL y para *E. coli* igual a 0 en 100 mL. Mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece su límite en cero UFC. 100 mL<sup>-1</sup>, para los dos microorganismos estudiados. Se analiza para agua de consumo, porque durante la inmersión, la ingestión es probable. Mientras que la EPA recomienda para agua de uso recreativo una media geométrica de 125 UFC.100 mL<sup>-1</sup> para *E. coli*. Por lo que no se debería permitir el uso del CSM para fines recreativos y de agua de consumo (por ingesta accidental).

## REFERENCIAS

1. G.L. Sanmarco y E. D. Urtubey "Inminente desaparición de la antigua boya toma del canal San Martín". Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio, 4. (2015).
2. Código Alimentario Argentino. (08/2021). "Capítulo XII. Bebidas hídricas, agua y agua gasificada".
3. C. A. Acosta Rosales. (2018). "Caracterización de las aguas del Canal San Martín", Santiago del Estero, Argentina. (2018). (Tesis en acceso abierto)

## ANÁLISIS DE SULFATOS EN AGUA DE CONSUMO HUMANO

Mónica G. Coronel<sup>(1)\*</sup>, Paola S. Bustamante<sup>(1)</sup>, Karina del V. Rondano<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Belgrano 1912, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Belgrano 1912, Santiago del Estero, Argentina.

\*Correo Electrónico: [monicagcoronel@gmail.com](mailto:monicagcoronel@gmail.com)

### RESUMEN

*En un contexto de recursos finitos, resulta cada vez más importante la protección de las fuentes de agua y el desarrollo óptimo de las poblaciones, principalmente en cuanto a la calidad de vida de las personas. La provincia de Santiago del Estero, experimenta desde sus orígenes, en razón de su emplazamiento geográfico, los desafíos de acceso al recurso hídrico en calidad y cantidad, así como aquellos relacionados con el tratamiento adecuado para el abastecimiento humano. El aumento de la población, la sobreexplotación del recurso y su contaminación, en conjunto con las consecuencias propias del cambio climático han planteado permanentemente un escenario complejo a la hora de asegurar una gestión sustentable de este recurso, desde el punto de vista ambiental, social y económico [1,3]. Una problemática frecuente en aguas de consumo es la presencia de sulfatos, sobre todo aquellas que son de origen subterráneo y sin tratamiento de potabilización [1]. Por ello, en el presente trabajo se determinaron las concentraciones de sulfatos en aguas subterráneas, destinadas a consumo humano, en tres zonas rurales del Departamento Banda de la provincia de Santiago del Estero, Argentina. De los resultados obtenidos se puede observar que la Zona A es la que registra la mayor cantidad de muestras de aguas que superan ampliamente el límite de 400 mg.L<sup>-1</sup> para sulfatos, puesto que el 80% de ellas están contaminadas con este analito. Las muestras de Zona B registraron un porcentaje promedio de contaminación con sulfatos del 50%, mientras que las de la Zona C solo un 25% de ellas, están contaminadas con este analito.*

### ABSTRACT

*The protection of water sources and the optimal development of populations are increasingly important, mainly in terms of people's quality of life. The province of Santiago del Estero has experienced since its origins, the challenges of access to water resources in quality and quantity, as well as those related to adequate treatment for human supply. The increase in the population, the overexploitation of the resource and its contamination, together with the consequences of climate change, have permanently posed a complex scenario when it comes to ensuring the sustainable management of this resource, from the environmental, social and economic point of view [1,3]. A frequent problem in drinking water is the presence of sulphates, especially those that are of underground origin and without treatment for purification [1]. For this reason, in the present work the concentrations of sulfates in groundwater, intended for human consumption, were determined in three rural areas of the Banda Department of the province of Santiago del Estero, Argentina. From the results obtained, it can be seen that Zone A is the one that registers the largest number of water samples that widely exceed the limit 400 mg.L<sup>-1</sup> for sulfates, since 80% of them are contaminated with this analyte. The samples from Zone B registered an average percentage of contamination with sulfates of 50%, while those from Zone C only 25% of them are contaminated with this analyte.*

Palabras Clave: Agua, Sulfatos, Santiago del Estero

## Introducción

Es fundamental considerar el cuidado del agua en términos ambientales y económicos ya que la experiencia demuestra que la prevención siempre es más conveniente que la remediación [1,3]. La provincia de Santiago del Estero, experimenta desde sus orígenes, los desafíos de acceso al recurso hídrico en calidad y cantidad, así como aquellos relacionados con el tratamiento adecuado para el abastecimiento humano. La contaminación por sulfatos, presentes en los acuíferos productores de agua dulce del abanico aluvial del Río Dulce, que atraviesan la provincia, está estrechamente vinculada con la geología estructural de la misma. El predominio de grandes megafacturas, relacionadas con el cauce del Río Dulce, transfieren agua con sales muy concentradas a los terrenos más porosos, entre ellos, sulfatos. En consecuencia, en el abanico aluvial del Río Dulce, se encuentran aguas sulfatadas cálcicas y tienen en toda su extensión, elevados contenidos de yeso y anhídrita, por tal motivo sus aguas disponen de grandes concentraciones de sulfato [2]. Por tal motivo, los pozos ubicados en las zonas próximas, adquieren una acrecentada salinización debido al pasaje sostenido de sulfatos. Una problemática frecuente en aguas de consumo es la presencia de sulfatos, sobre todo aquellas que son de origen subterráneo y sin tratamiento de potabilización. En regiones cuyas aguas de consumo contienen concentraciones altas de sulfato, ésta puede ser la principal fuente de ingesta de este analito.

El aumento de la población, la sobreexplotación del recurso y su contaminación, en conjunto con las consecuencias propias del cambio climático han planteado permanentemente un escenario complejo a la hora de asegurar una gestión sustentable de este recurso, desde el punto de vista ambiental, social y económico. Se sabe que los sulfatos de sodio y magnesio tienen acción laxante, por lo que no es deseable un exceso de los mismos en el agua de consumo [1]. Si el contenido en el agua supera los  $250 \text{ mg.L}^{-1}$ , adquiere un sabor amargo que es bastante desagradable, además no quita la sed y pueden contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución. Teniendo en cuenta los efectos sobre la salud que genera la ingesta de agua con elevadas concentraciones de sulfatos, tales como malestares gastrointestinales y acción laxante, el límite establecido para las concentraciones de sulfato no debe superar los  $400 \text{ mg.L}^{-1}$ , según lo establecido por el Código Alimentario Argentino (CAA,2021) y las distintas organización mundiales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), Unión Europea (UE), entre otras.

La determinación de sulfatos en aguas destinadas a consumo humano constituye una herramienta valiosa, ya que brinda información respecto a la contaminación y a los fenómenos ambientales, y posibilita poder tomar las medidas necesarias para disminuir los impactos tanto en la salud como en el ambiente.

## Materiales y Métodos

Para el presente trabajo el área de estudio se ubica en el departamento Banda, provincia de Santiago del Estero. Se consideraron regiones rurales que cuentan con viviendas dispersas, donde los habitantes utilizan aguas de calidad incierta para su consumo y demás actividades. Para ello, se delimitaron tres grandes zonas, codificadas como Zonas A, B y C.

Se recolectaron muestras de agua extraídas de pozos subterráneos a diferentes profundidades, que se encuentra conectados a bombas o grifos, excavados por los mismos habitantes (Figura 1). Éstos están ubicados en las viviendas rurales y son utilizadas para consumo humano, riego y como bebida de los animales del lugar.



**Figura 1.** Pozos conectados a bombas rudimentarias de donde se extrajeron las muestras de agua

Se observaron las características organolépticas de las muestras y se realizaron mediciones *in situ* de temperatura del agua y ambiental, pH, y conductividad eléctrica (CE) y Sólidos Totales Disueltos (STD). Estas determinaciones se realizaron en cada punto de muestreo.

Para la determinación de sulfatos se empleó el método turbidimétrico, el cual se basa en la absorción espectral de la suspensión de cristales de sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ) de tamaño uniforme, formados en medio ácido [4]. Las muestras de agua se tratan con cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) para formar un precipitado blanco de cristales de sulfato de bario, el cual se mantiene en suspensión debido a la acción de una solución ácida acondicionadora. La misma contiene glicerina, ácido clorhídrico concentrado, alcohol etílico, cloruro de sodio y agua tridestilada. La turbidez de la solución se mide en el espectrofotómetro a una longitud de onda ( $\lambda$ )= 420 nm. Para ello se utiliza una celda de vidrio de paso óptico de 1 cm. Este método es aplicable en un rango de concentraciones de sulfatos entre 0 y 40  $\text{mg.L}^{-1}$ , en muestras de aguas naturales y residuales. Para las mediciones se utilizó un espectrofotómetro UV-Visible, celdas de vidrio de 1 cm de paso óptico y un software para registrar la lectura de los resultados obtenidos. La cuantificación de cada muestra se realiza por triplicado.

## Resultados

Todas las muestras resultaron incoloras e inodoras y no presentaron turbidez a simple vista.

Para la Zona A, las temperaturas variaron entre los 21 °C a 22 °C (marzo), y de 16 °C a 19 °C (septiembre); las temperaturas de las muestras de agua registraron valores entre 17 °C a 20 °C (marzo) y de 14 °C a 18 °C (septiembre). Las concentraciones de sulfatos obtenidos en ambos muestreos se comparan en la Figura 2.

Para la Zona B, las temperaturas durante la jornada del trabajo de campo fue de 16 °C a 20 °C (junio), y de 20 °C a 22 °C (noviembre). Las temperaturas de las muestras de agua registraron valores entre 13 °C a 18 °C (junio) y de 17 °C a 20 °C (noviembre). Las concentraciones de sulfatos obtenidos en ambos muestreos se comparan en la Figura 3.

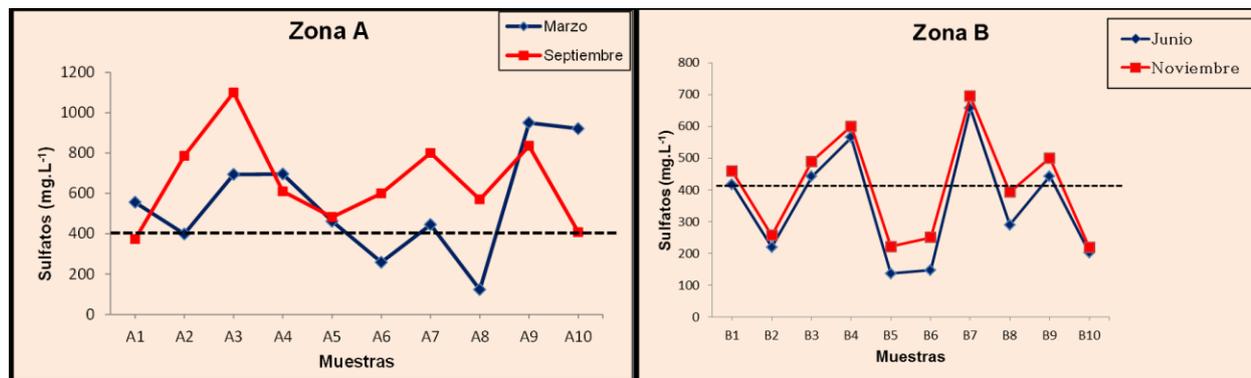


Figura 2. Concentración de sulfatos de muestras (Zona A) Figura 3. Concentración de sulfatos de muestras (Zona B)

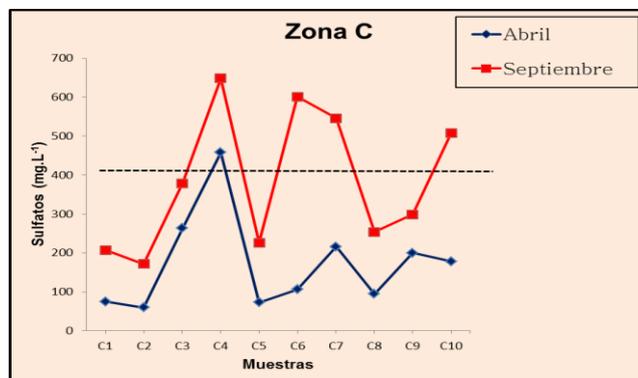


Figura 4. Concentración de sulfatos (Zona C)

Para la Zona C, las temperaturas variaron entre 17 °C a 22 °C (abril), y de 19 °C a 26 °C (septiembre). Las temperaturas de las muestras de agua registraron valores entre 15 °C a 19 °C (abril) y de 17 °C a 23 °C (septiembre). Las concentraciones de sulfatos obtenidos en ambos muestreos se comparan en la Figura 4.

## Discusión y Conclusiones

En las determinaciones de sulfatos de las muestras de la Zona A, se obtuvieron valores en un rango de 123 mg.L<sup>-1</sup> a 950 mg.L<sup>-1</sup> para el mes de marzo, mientras que en el muestreo de septiembre fue de 373 mg.L<sup>-1</sup> a 1100 mg.L<sup>-1</sup>. En base a estos datos se concluye que el 70% de las muestras superan este valor durante el primer muestreo, mientras que en el segundo lo superan el 90%. Este comportamiento podría deberse a una mayor dilución de las aguas en el mes de marzo, que es la época de mayores precipitaciones, lo que podría ocasionar que el contenido de sulfatos disminuya durante ese período.

En la Zona B los valores se encuentran entre los 137 mg.L<sup>-1</sup> a 657 mg.L<sup>-1</sup>, durante el muestreo realizado en junio; mientras que para el mes de noviembre es de 218 mg.L<sup>-1</sup> a 695 mg.L<sup>-1</sup>. Las muestras presentan un comportamiento casi similar en los dos meses analizados, observándose que apenas son levemente mayores en noviembre. Este comportamiento similar podría deberse a que en todo este período casi no se produjeron lluvias. Para los dos muestreos, el 50% de las muestras analizadas presentan valores superiores al límite establecido.

En la Zona C se encuentra que los valores de sulfatos están entre los 60 mg.L<sup>-1</sup> a 458 mg.L<sup>-1</sup> para abril, mientras que en septiembre se encuentran entre 172 mg.L<sup>-1</sup> a 648 mg.L<sup>-1</sup>. En este caso solo la muestra C4 supera el valor límite durante el mes de abril, mientras que en septiembre lo superan las muestras C4, C6, C7 y C10.

Se puede observar que la Zona A es la que registra la mayor cantidad de muestras de agua que superan ampliamente el límite de 400 mg.L<sup>-1</sup> para sulfatos, el 80% de ellas presentan contaminación con este analito. Para las muestras de la Zona B, se registra un porcentaje promedio de contaminación con sulfatos del 50%, mientras que en la Zona C, sólo un 25% de ellas, están contaminadas con este analito.

La importancia de la determinación de este analito radica en los efectos no deseables que puede ocasionar en la salud de quienes consumen agua contaminada con sulfatos. Estos signos varían desde el sabor desagradable, hasta la acción laxante crónica.

La población rural que se abastece con este tipo de agua, carece de un acceso a servicios de agua y saneamiento seguro, esto tiene como resultado una evidente desigualdad social y altos costos en materia de salud. En este contexto, acceder a servicios sociales de agua potable se convierte en un constante desafío.

Este trabajo podría percibirse como una posibilidad de poner al servicio de la comunidad, estos conocimientos científicos con el objeto de otorgar una mejor calidad de vida a los pobladores de las zonas estudiadas.

## REFERENCIAS

1. Coronel, M (2022). Determinación de sulfatos en aguas de consumo humano de la provincia de Santiago del Estero. Tesis de grado, UNSE, Santiago del Estero, Argentina.
2. Martín, A. P. y Palazzo, R.(2009). Contaminación natural por sulfatos en el sistema multiacuífero de la ciudad de Santiago del Estero, Argentina. Boletín Geológico y Minero, 120 (4): 563-582. ISSN: 0366-0176
3. Rondano, K. (2020). Fluoruro en aguas de consumo en zonas rurales de Santiago del Estero, Argentina. Tesis Doctoral. UNED, Madrid. España.
4. APHA, AWWA, WEF.(2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Ed. (p.1360) American Public Health Association/ American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA. ISBN 978-087553-013-0  
<https://www.standardmethods.org/>

## SÍNTESIS DEL MATERIAL SILÍCEO KIT-6 A BAJA TEMPERATURA DE CALCINACIÓN, SU MODIFICACIÓN CON APTES Y EL IMPACTO EN LA ADSORCIÓN DE CO<sub>2</sub>

Analía N. Arias<sup>(1)\*</sup>, Norberto A. Bonini<sup>(2)</sup> y Mónica L. Parentis<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> INIQUI-CONICET, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> INIQUI, Facultad de Cs. Exactas, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup> INIQUI, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [nataliarias.lq@gmail.com](mailto:nataliarias.lq@gmail.com)

### RESUMEN

Se propone la síntesis de un sólido adsorbente conocido como KIT-6 para su aplicación en la captura del CO<sub>2</sub>, cuya emisión en incremento es una de las principales causas del calentamiento global. El material de sílice mesoporoso fue preparado a partir de la técnica sol-gel, utilizando TEOS como fuente de sílice, Pluronic P-123 como surfactante y n-butanol como co-surfactante. A diferencia de lo que comúnmente se reporta en bibliografía; se propuso una temperatura de 300 °C para la etapa de calcinación. El sólido obtenido fue posteriormente modificado con APTES con el fin de incorporar grupos amino propilo en su estructura. Los materiales así obtenidos fueron caracterizados a través de MET, DRX a bajos ángulos, espectroscopia IR de reflectancia total atenuada y adsorción-desorción de N<sub>2</sub>. Los resultados confirmaron la obtención de un material con una estructura mesoporosa ordenada y un área superficial específica de alrededor de 800 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. Después de la incorporación de APTES, el material modificado mostró una estructura similar a la del soporte original y cambios en sus propiedades texturales, disminuyendo el área superficial específica, el tamaño y volumen de poros. El soporte KIT-6 mostró una excelente capacidad de adsorción de CO<sub>2</sub>, obteniéndose un valor de 1,5 mmol de CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> para 640 Torr y 25 °C. Por otro lado, el material modificado, KIT-6:APTES, mostró un aumento en la capacidad de adsorción solo en la región a bajas presiones.

### ABSTRACT

The synthesis of a solid adsorbent known as KIT-6 is proposed for its application in the capture of CO<sub>2</sub>, whose increasing emission is one of the main causes of global warming. The mesoporous silica material was prepared by the sol-gel technique; using TEOS as silica source, Pluronic P-123 as surfactant, and n-butanol as co-surfactant. Unlike what is commonly reported in the literature, a temperature of 300 °C was proposed for the calcination process. Then, the obtained solid was modified with APTES in order to incorporate amino propyl groups in the structure. The as-synthesized materials were characterized by TEM, low-angle XRD, FTIR attenuated total reflectance spectroscopy and N<sub>2</sub> adsorption-desorption techniques. The results confirmed the obtaining of an ordered mesoporous structure material and a specific surface area of about 800 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. After APTES incorporation, the modified material showed a similar structure to the pure support and changes in its textural properties, decreasing the specific surface area and pore size and volume. The KIT-6 support showed an excellent adsorption capacity, obtaining a value of 1.5 mmol of CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> at 640 Torr and 25 °C. On the other hand, the modified KIT-6:APTES material showed an increase in adsorption capacity only in the low pressure region.

Palabras claves: sílices mesoporosas, KIT-6, APTES, adsorción, dióxido de carbono.

## Introducción

El aumento en la emisión de gases de efecto invernadero se convirtió en un tema de gran interés debido a su impacto en el cambio climático a nivel mundial. En particular, el CO<sub>2</sub> aumentó su concentración atmosférica desde un valor de 280 ppm a 400 ppm después de la revolución industrial [1]. Entre las tecnologías desarrolladas para la captura de CO<sub>2</sub> se incluyen a las tecnologías de adsorción química. Hoy en día, éstas utilizan solventes químicos como las aminas para la captura de los gases. A pesar de su aplicación comercial, las desventajas que se presentan son: el costo alto del proceso de regeneración, la corrosión de equipos por la alta volatilidad de las aminas, a lo que se suma su degradación y olor peculiar [2]. En busca de otras alternativas, varios adsorbentes sólidos; tales como zeolitas, óxidos metálicos, materiales de sílice mesoporosos, etc., fueron desarrollados para su aplicación en la captura de CO<sub>2</sub> [1]. Entre ellos, las sílices conocidas como KIT-6 se destacan por presentar mesoporos interconectados y microporos en las paredes de sus estructuras. Los primeros proporcionan una mejor superficie de contacto para la incorporación de grupos funcionales facilitando el transporte de los gases, mientras que la presencia de los microporos contribuye a la fisisorción [3]. En los últimos años, la funcionalización de estos adsorbentes sólidos con grupos amino propilo recibió una gran atención por la mejora en la capacidad de adsorción, su alta selectividad y por mitigar los problemas de corrosión de equipos [2].

En el presente trabajo se propuso la síntesis del soporte de sílice, KIT-6, a partir de la técnica sol-gel. La calcinación se llevó a cabo a 300 °C. El material así obtenido se modificó químicamente incorporando a la estructura grupos amino propilo a partir de APTES. Se realizó la caracterización estructural, morfológica y de las propiedades texturales del material puro y modificado. Finalmente, se evaluó la capacidad de adsorción de CO<sub>2</sub> en ambos materiales, a partir de un método gravimétrico.

## Materiales y Métodos

Para la síntesis de KIT-6, se disolvió el surfactante, Pluronic P-123 (PM 5800, ALDRICH), en una mezcla de H<sub>2</sub>O (Milli-Q) y HCl (37 % p/p, TETRAHEDRON), manteniendo el sistema en agitación y a una temperatura de 37 °C. Luego de su disolución, se agregó el n-butanol y al cabo de una hora, se adicionó el TEOS (pureza > 98 % p/p, Merck), manteniendo la agitación durante 24 horas. Luego, se trasvasó la mezcla resultante a un frasco tipo Schott, colocándolo en una estufa a 90 °C por 24 horas más y en condiciones estáticas. Se observó la formación de un sólido blanco, el cual fue recuperado mediante filtración al vacío y lavado varias veces con H<sub>2</sub>O destilada. El precipitado obtenido fue secado en estufa a 60 °C y finalmente calcinado a 300 °C por 1 hora. La relación molar de los precursores utilizados en la síntesis, TEOS:P-123:HCl:H<sub>2</sub>O:n-BuOH fue de 1:0,017:1,83:195:1,31.

Para la síntesis del material modificado con 3-amino-propil-trietoxisilano, APTES, (pureza > 99%, ALDRICH), se mezclaron ambos compuestos en una relación molar KIT-6:APTES igual a 1:0,25. Previo a la mezcla, el material soporte fue secado en estufa a 100 °C durante 24 horas. La reacción se llevó a cabo en un sistema de reflujo, utilizando tolueno (pureza > 99,5 %, Biopack) como solvente, manteniéndolo en agitación y a una temperatura de 90 °C durante 6 horas. El precipitado obtenido fue separado por filtración y lavado exhaustivamente con etanol y agua para eliminar las moléculas de APTES en exceso. Finalmente, el material sólido fue secado en estufa a 60 °C durante toda la noche.

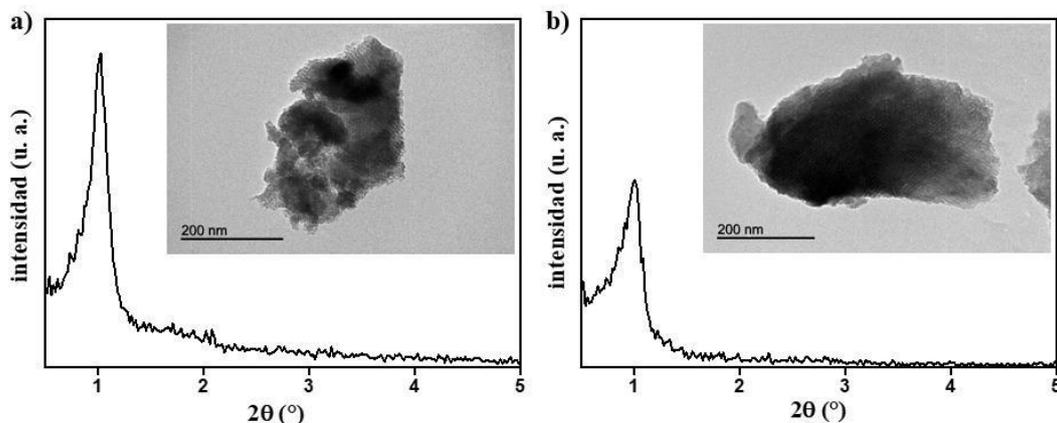
Las imágenes por Microscopía Electrónica de Transmisión fueron captadas en un equipo PHILIPS CM-10. Los estudios de difracción de rayos X a bajos ángulos fueron llevados a cabo en un equipo Bruker D8 Discover, con una fuente de radiación monocromática CuK $\alpha$ . Los espectros IR de reflectancia total atenuada fueron obtenidos con un espectrómetro FT-IR Vertex 70 equipado con una unidad BioATRCCell-II y un detector de mercurio-cadmio-telurio (MCT). Las propiedades texturales de las muestras, se determinaron mediante adsorción-desorción de N<sub>2</sub> en un Sortómetro Micromeritics ASAP-2020.

La capacidad de adsorción de CO<sub>2</sub> de los materiales fue evaluada mediante un método gravimétrico utilizando una electrobalanza Cahn D200 (sensibilidad de  $\pm 1 \mu\text{g}$ ). El equipo se encuentra conectado a un sistema de alto vacío. Las muestras analizadas fueron previamente tratadas a 180 °C durante 1 hora con el fin de eliminar cualquier especie adsorbida en sus estructuras. Las isothermas de CO<sub>2</sub> (pureza del gas  $\geq 98,1 \%$ , OXITESA) se midieron en el rango de presiones comprendido entre 10-640 Torr y a 25°C.

## Resultados y Discusión

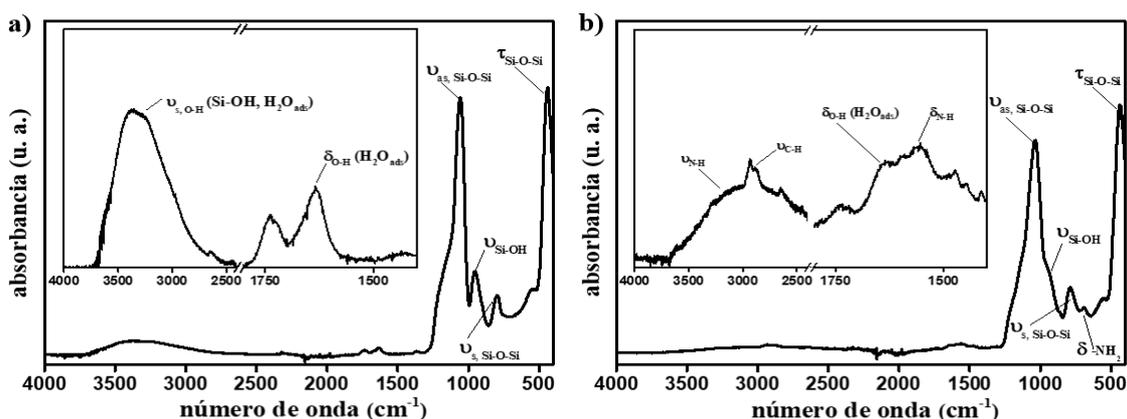
En la Figura 1 se presentan los difractogramas correspondientes al soporte KIT-6 y su derivado, KIT-6:APTES. Se observa un pico de intensidad fuerte y un hombro de intensidad débil, indexados a los planos de difracción (211) y (220), y centrados en  $2\theta = 1^\circ$  y  $2\theta = 1,15^\circ$  respectivamente. La presencia de estos picos indica que la muestra posee una estructura cúbica *Ia3d*, la cual es característica del material mesoporoso conocido como KIT-6. A partir del difractograma correspondiente al KIT-6:APTES, se pueden reconocer los mismos picos con una diferencia particular: el pico correspondiente al plano de difracción (2 1

1) disminuye su intensidad; lo cual indicaría la incorporación de APTES dentro de los poros del soporte. Las imágenes TEM de los materiales se muestran en los recuadros dentro de cada figura. En ambos casos, se puede observar una estructura aglomerada con canales de poros dispuestos al azar.



**Figura 1.** Difractogramas obtenidos a bajos ángulos e imágenes TEM (en recuadros) de las muestras: a) KIT-6 y b) KIT-6:APTES.

En la Figura 2 se representan los espectros IR de reflectancia total atenuada para las muestras en estudio. En el espectro correspondiente al soporte KIT-6 (Figura 2.a); la banda de intensidad fuerte, centrada en  $438\text{ cm}^{-1}$ , es asignada a la flexión (torsión) Si-O-Si. La segunda banda de intensidad fuerte, localizada a  $1058\text{ cm}^{-1}$ , así como la banda de intensidad intermedia ubicada a  $796\text{ cm}^{-1}$  son atribuidas a los estiramientos asimétrico y simétrico Si-O-Si respectivamente. La banda centrada en  $957\text{ cm}^{-1}$  corresponde al estiramiento Si-OH. Finalmente, la banda ancha y de intensidad débil comprendida entre los  $2800$  y  $3700\text{ cm}^{-1}$  está relacionada al estiramiento O-H de los silanoles superficiales y de las moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$  adsorbidas. Éstas últimas también responsables de las bandas observadas en el rango entre  $1600$  y  $1750\text{ cm}^{-1}$  (ver recuadro en la figura). En el caso del espectro para el material modificado con APTES (Figura 2.b), la banda localizada a  $689\text{ cm}^{-1}$  es atribuida a la flexión de los enlaces en los grupos  $-\text{NH}_2$ . Las bandas agudas observadas entre los  $2800\text{ cm}^{-1}$  y  $3000\text{ cm}^{-1}$  son asignadas al estiramiento C-H y la banda amplia de baja intensidad y ubicada por arriba de los  $3000\text{ cm}^{-1}$  es atribuida al estiramiento N-H (ver recuadro de la figura). Finalmente, la banda correspondiente al estiramiento del enlace Si-OH, centrada en  $957\text{ cm}^{-1}$ , disminuye su intensidad quedando superpuesta a la banda intensa adyacente. Todas estas asignaciones sugieren una interacción efectiva entre los grupos silanoles y aminos, indicando la incorporación de APTES a la estructura del soporte KIT-6.



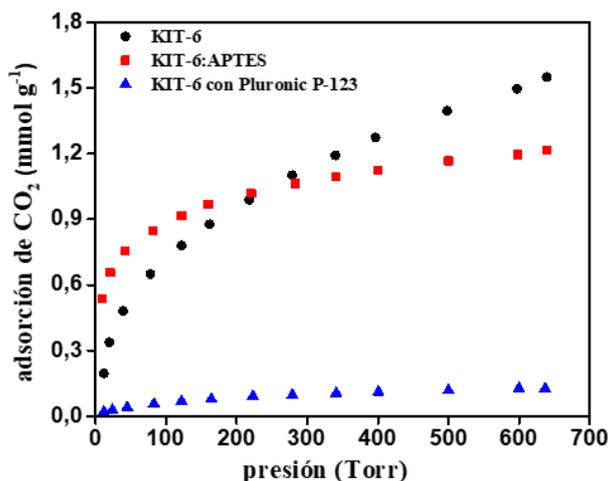
**Figura 2.** Espectros IR de reflectancia total atenuada y en recuadros una magnificación de la región del espectro comprendida entre los  $4000$ - $1400\text{ cm}^{-1}$  para los materiales a) KIT-6 y b) KIT-6:APTES.

En la Tabla 1 se resumen los valores de los principales parámetros texturales. KIT-6 presenta una superficie de  $770\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ , la cual disminuye a un 18% de su valor original luego de la incorporación de APTES. El volumen y diámetro de poro presentan también una disminución ocasionada por la incorporación del grupo orgánico aminopropilo al material.

**Tabla 1.** Propiedades texturales de los materiales sintetizados.  $S_{BET}$ = área superficial específica BET;  $V_t$ = volumen de poros total y  $D_p$  = diámetro de poros.

Muestras	$S_{BET}$ ( $m^2 g^{-1}$ )	$V_t$ ( $cm^3 g^{-1}$ )	$D_p$ (nm)
KIT-6	770	0,57	4,7
KIT-6:APTES	137	0,13	3,8

En la Figura 3 se representan las isotermas de adsorción de  $CO_2$  de las muestras de KIT-6, previo a la calcinación, es decir, con el surfactante dentro de su estructura, después del proceso de calcinación a  $300\text{ }^\circ C$  y después del tratamiento con APTES. Comparando las curvas de KIT-6 previo y con posterioridad a la calcinación, podemos inferir la importante contribución a la capacidad de adsorción que poseen los poros desarrollados en la estructura tras la eliminación del Pluronic-P123. A partir de la curva perteneciente al soporte KIT-6 calcinado, podemos notar un aumento continuo de la cantidad adsorbida a medida que aumenta la presión, alcanzando un valor de  $1,55\text{ mmol } CO_2 g^{-1}$  para una presión de 640 Torr. Para el material modificado químicamente se encuentra un comportamiento diferente. En la región a bajas presiones (menores a 100 Torr) se observa un aumento pronunciado de la capacidad de adsorción, superando los valores registrados por el soporte puro. Sin embargo, en la región a mayores presiones (mayores a 100 Torr), el incremento en la capacidad de adsorción es más atenuado. Las curvas de capacidad de adsorción de  $CO_2$  del soporte puro y funcionalizado se cortan a una presión de aproximadamente 300 Torr. De esta manera, para presiones menores a 300 Torr el incremento de la adsorción se debe a la contribución de los sitios químicos de adsorción, representados por los grupos aminopropilos enlazados al soporte. Sin embargo, a presiones por encima de 300 Torr, el área superficial específica disponible para el proceso de fisisorción es menor ( $S_{BET} = 137\text{ m}^2 g^{-1}$ ) lo cual podría explicar el comportamiento mostrado en esta región.



**Figura 3.** Isotermas de adsorción de  $CO_2$  para los materiales KIT-6 (con surfactante), KIT-6 calcinado a  $300\text{ }^\circ C$  y KIT-6:APTES, a  $25\text{ }^\circ C$ .

## Conclusiones

Un material de sílice mesoporoso, de tipo KIT-6, con estructura tridimensional cúbica fue obtenido exitosamente luego de ser sometido a un proceso de calcinación a baja temperatura,  $300\text{ }^\circ C$ . El material soporte mostró una excelente capacidad de adsorción de dióxido de carbono en comparación a otros materiales similares reportados en bibliografía. El soporte funcionalizado con APTES presenta una mejora de la capacidad de adsorción debido a la presencia de sitios de adsorción químicos, a bajas presiones. La disposición de las moléculas de APTES en la estructura original disminuyen el área superficial específica accesible para las moléculas de  $CO_2$ .

## Referencias

1. G. Zhang, et al., "Amine-modified SBA-15(P): A promising adsorbent for  $CO_2$  capture"; Journal of  $CO_2$  Utilization, Vol. 24 (2018), p. 22-33.
2. H. Yan, et al., "High  $CO_2$  adsorption on amine-functionalized improved macro-/mesoporous multimodal pore silica"; Fuel, Vol 315 (2022), p. 123195.
3. R. Kishor and A.K. Ghoshal, "APTES grafted ordered mesoporous silica KIT-6 for  $CO_2$  adsorption"; Chemical Engineering Journal, Vol. 262 (2015), p. 882-890.

## SÍNTESIS MODIFICADA DE HIDROXIAPATITA CELULOSA PARA ADSORCIÓN DE As(V)

Barberá, Mónica<sup>(1,2)</sup>\*, Bonini, Norberto A<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta, Argentina, Avda. Bolivia 5150.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta, Argentina, Avda. Bolivia

\* [monicabarbera@ing.unsa.edu.ar](mailto:monicabarbera@ing.unsa.edu.ar)

### RESUMEN

El As (V) prevalece en aguas superficiales y As (III) en aguas subterráneas, su presencia produce contaminación y constituye un problema de salud pública. De los distintos métodos de remoción de este contaminante, se destacan los métodos de adsorción por su simplicidad, efectividad y bajo costo. Con este propósito –adsorber aniones arseniato  $AsO_4^{3-}$  se sintetizó un material adsorbente un sólido híbrido (orgánico-inorgánico) nanoestructurado: celulosa-hidroxiapatita  $(Ca)_{10}(OH)_2(PO_4)_6$  preparado en forma rápida con horno microonda a temperaturas menores de 100°C. Se sintetizaron dos sólidos con características estructurales similares y morfológicas diferentes (determinado por microscopía electrónica de barrido), utilizando celulosa farmacéutica (Cel<sub>F</sub>-HAp) y celulosa de grado analítico (Cel<sub>A</sub>-HAp). El primero presenta morfología de capas superpuestas y el segundo de forma espicular (esponja marina). Los materiales fueron caracterizados con espectros infrarrojos (FTIR) y raman, identificando los grupos funcionales  $PO_4^{3-}$ ,  $CO_3^{2-}$  y los correspondientes a la estructura de la celulosa. En los difracto gramas, se reconocieron las fases cristalinas correspondientes a la hidroxiapatita y a la celulosa. Las características manométricas de ambos sólidos favorecen su utilización como adsorbentes de iones y el valor del punto de cero cargas (PZC) de 11,8, los convierte en un material especialmente indicado para retener aniones. Se trabajó con Arseniatos (As (V)) y arsenitos (As (III)) y se registra una eficiencia mucho mayor en la retención de As(V) utilizando como adsorbente el Cel<sub>F</sub>-HAp. Se estudiaron las condiciones experimentales de proceso de adsorción (pH, temperatura, tiempo de contacto con el sólido y dosificación del sólido) para mejorar el proceso de retención de aniones como el arseniato y paralelamente se modificó la síntesis del material híbrido para aumentar la superficie específica del mismo, centrando nuestra atención en el sólido Cel<sub>F</sub>-HAp, atendiendo el mejor comportamiento de este material frente al Cel<sub>A</sub>-HAp en las experiencias preliminares en Batch (6).

### ABSTRACT

As (V) prevails in surface water and As (III) in groundwater, its presence produces contamination and constitutes a public health problem. Of the different methods for removing this contaminant, adsorption methods stand out for their simplicity, effectiveness and low cost. For this purpose - to adsorb arsenate  $AsO_4^{3-}$  anions - a nanostructured solid hybrid (organic-inorganic) adsorbent material was synthesized: cellulose-hydroxyapatite  $(Ca)_{10}(OH)_2(PO_4)_6$  prepared quickly in a microwave oven at temperatures below 100°C. Two solids with similar structural and different morphological characteristics (determined by scanning electron microscopy) were synthesized using pharmaceutical grade cellulose (Cel<sub>F</sub>-HAp) and analytical grade cellulose (Cel<sub>A</sub>-HAp). The first one presents morphology of superimposed layers and the

second one has a spicular shape (sea sponge). The materials were characterized with infrared (FTIR) and Raman spectra, identifying the functional groups  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  and those corresponding to the cellulose structure. In the diffractograms, the crystalline phases corresponding to hydroxyapatite and cellulose were recognized. The manometric characteristics of both solids favor their use as ion adsorbents and the PZC value of 11.8 makes them a material especially suitable for retaining anions.

We worked with Arsenates (As (V)) and arsenites (As (III)) and a much higher efficiency in As (V) retention was recorded using  $\text{Ce}_F\text{-HAp}$  as adsorbent. The experimental conditions of the adsorption process (pH, temperature, contact time with the solid and dosage of the solid) were studied to improve the retention process of anions such as arsenate and, in parallel, the synthesis of the hybrid material was modified to increase the specific surface. of the same, focusing our attention on the solid  $\text{Ce}_F\text{-HAp}$ , attending the best behavior of this material against  $\text{Ce}_A\text{-HAp}$  in the preliminary experiences in Batch (6).

**PALABRAS CLAVES:** *síntesis- hidroxiapatita-arsénico-adsorción-celulosa*

## INTRODUCCIÓN

La inclusión de la celulosa en la síntesis del material hidroxiapatítico –también llamado material composito- evita la aglomeración de las partículas, favoreciendo que el tamaño de las mismas sea del orden de los nanómetros y aumenta la superficie específica, lo que propicia la adsorción de  $\text{AsO}_4^{3-}$ . La síntesis se lleva a cabo a  $70^\circ\text{C}$  preferentemente. Así se obtiene un sólido en forma rápida. Las técnicas de FTIR (infrarrojo por transformadas de Fourier) Raman y XRD (difractometría de rayos X) permitieron caracterizar la fase hidroxiapatítica y celulósica respecto a la composición y a las propiedades cristalinas. La microscopía de barrido electrónico (SEM) permitió determinar la morfología del sólido y se verificó el tamaño del orden de los nanómetros del sólido aplicando la fórmula de Scherrer con una sola medida. El material sintetizado fue utilizado como adsorbente específico de As(V) y esta propiedad mejoró con la modificación de la síntesis

## MATERIALES Y MÉTODOS

La síntesis aplicada inicialmente comprende la mezcla de una solución alcalina (NaOH) de celulosa de calidad farmacéutica y calidad analítica respectivamente, enfriada y agitada con los precursores en estado sólido de calcio y fosfato ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ). El sólido precipitado se separa, envejece toda la noche, se calienta en horno microonda por 5' a  $70^\circ\text{C}$  y se separa por centrifugación. Las modificaciones de la técnica anterior consistieron en reemplazar la agitación breve de los reactivos por la sonicación de la mezcla durante 30 minutos y en lugar de combinar los precursores de calcio y fosfato en forma sólida con la solución de celulosa alcalina, se utilizaron soluciones acuosas de los mismos, para propiciar mayor contacto y favorecer la formación del sólido con pequeño tamaño de partícula –del orden de los nanómetros- y con mayor superficie específica que permita mejorar su capacidad adsorbente de iones como el  $\text{AsO}_4^{3-}$  o  $\text{AsO}_3^{3-}$  aplicando técnicas en batch. El tratamiento térmico del precipitado disminuyó hasta  $70^\circ\text{C}$  (la temperatura inicial era  $90^\circ\text{C}$ ), la separación del precipitado se realizó por centrifugación del precipitado, y se procedió a realizar sucesivos lavados con solución de etanol-agua (1:1) hasta alcanzar en la suspensión el pH:8.00. Se determinó el área específica (método BET) y el punto de carga cero (PZC) para ambos materiales. El método utilizado fue el método de la deriva del pH; y el valor obtenido sirve para evaluar su capacidad de retención de aniones o cationes.

Las experiencias en Batch se realizaron contactando masas (200 mg) de sólidos con solución de As(III) y As(V) y sus resultados fueron informados en. Los resultados desfavorables para la retención del  $\text{AsO}_3^{3-}$  independientemente del sólido utilizado ( $\text{Ce}_A\text{-HAp}$  o  $\text{Ce}_F\text{-HAp}$ ) las experiencias se orientaron a estudiar la retención de  $\text{AsO}_4^{3-}$  (As(V)) y a utilizar fundamentalmente el sólido  $\text{Ce}_F\text{-HAp}$ , cuya síntesis fue modificada y como resultado de la misma se repitió la determinación de superficie específica con el método BET.

## RESULTADOS

Los resultados de la caracterización son los siguientes; por espectroscopia FTIR (fig. 3 y 4) y Raman (fig. 5 y 6), XRD (fig. 7 y 8) y SEM (fig. 1 y 2). En el espectro Infrarrojo y Raman se reconocieron las bandas características de los grupos  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  y celulosa (2,3). Las fases cristalinas hidroxiapatíticas y celulósicas fueron caracterizadas por difractometría (XRD) (fig. 6 y 7) cuyos picos anchos indican la baja cristalinidad del sólido. Es notable la diferente morfología de los sólidos determinada por la técnica SEM;

según la procedencia de la celulosa utilizada (comercial o de uso farmacéutico o reactivo analítico), la primera tiene una morfología de pequeños agregados y es porosa, la segunda de tipo espicular (esponja marina).

### Imágenes SEM

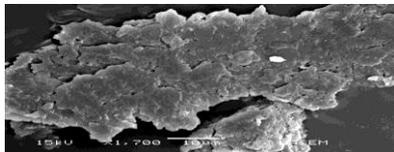


Fig 1: Cel<sub>F</sub>-HAp

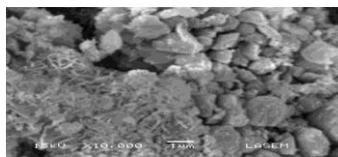


Fig. 2 Cel<sub>A</sub>-HAp

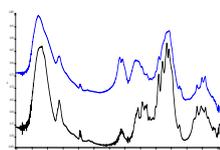


Fig. 3: espectros Infrarrojos de Cel<sub>A</sub>-HAp

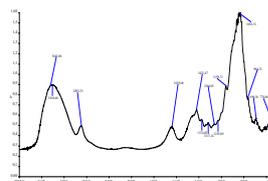


Fig. 4: espectro Infrarrojo de Cel<sub>F</sub>-HAp modificado

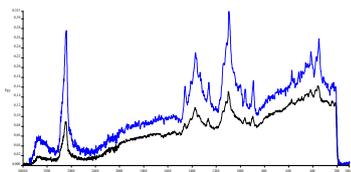


Fig. 5. Espectros Raman de Cel<sub>A</sub>-HAp (trazo azul) y Cel<sub>F</sub>-HAp (trazo negro)

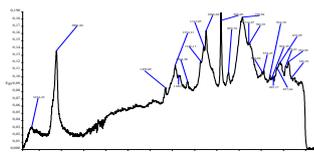


Fig. 6: espectro Raman de Cel<sub>F</sub>-HAp modificado

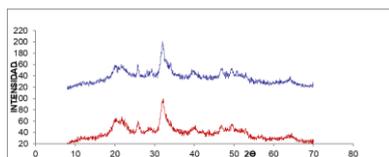


Fig. 6: Difractograma Cel<sub>A</sub>-HAp (trazo rojo) y Cel<sub>F</sub>-HAp (trazo azul)

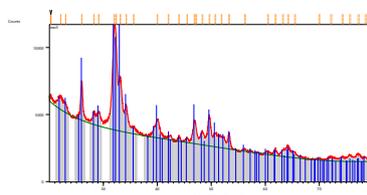


Fig. 7: Difractograma Cel<sub>F</sub>-HAp modificada

El tamaño promedio de partícula del orden de los nanómetros de Cel<sub>A</sub>-HAp y Cel<sub>F</sub>-HAp se verifica aplicando la fórmula de Scherrer. Se utilizó el pico, cuyo índice de Miller (002) (es el único pico que no se solapa con otros (002) y tiene una intensidad media:). Los resultados obtenidos son 26 nm para ambos compositos. El área específica determinada por el método BET es 1m<sup>2</sup>/g y el PZC medido es 11,8 para ambos sólidos. El valor medido de PZC es igual a 11,8 para ambos sólidos e indica la potencialidad de estos materiales para adsorber aniones.

En las condiciones ajustadas de síntesis, los mejores resultados de retención se obtuvieron con Cel<sub>F</sub>-HAp, 1 ppm de concentración inicial de As(V), ajustado a pH 6.00 (elegido porque es adecuado para la operación de la membrana de filtración), agitado a temperatura ambiente durante 2 horas. La solución separada fue analizada por espectrofotometría de absorción atómica con el método de generación de hidruros, para determinar la concentración de As(V) presente en la muestra. La síntesis modificada se aplicó fundamentalmente al sólido Cel<sub>F</sub>-HAp y la medición de la superficie específica arrojó un valor de 40 m<sup>2</sup>/g y

con este material se replicaron las experiencias en batch, con una dosificación del sólido de 8g/L y 10 g/L, y como resultado el material logró retener hasta 80% del As(V) puesto en contacto con él

## DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación del método de absorción en Batch verificando el comportamiento de los sólidos (Cel<sub>A</sub>-HAp y Cel<sub>F</sub>-HAp) en contacto con As(V) y As(III), a distintas velocidades de agitación (300 y 600 rpm), muestran que el Cel<sub>F</sub>-HAp tiene mejores características adsorbentes que el Cel<sub>A</sub>-HAp, atribuimos a su morfología en capas o agregados. También es más favorable la retención de As(V) que As(III), durante el contacto de del sólido (masas: 200 y 500 mg) con la solución del adsorbato a temperatura ambiente.

El incremento considerable de la superficie del sólido Cel<sub>F</sub>-HAp (de 1m<sup>2</sup>/ g a 40 m<sup>2</sup>/g) se interpreta como resultado de las modificaciones de la síntesis del híbrido hidroxiapatita-celulosa, También bajó la temperatura de síntesis (70°C en lugar de 90°C). El lavado exhaustivo de sólido separado por centrifugación hasta alcanzar el pH:8.00, minimiza la competencia del anión OH<sup>-</sup> con el anión AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup> por los sitios de adsorción y mejora los resultados de retención de este último (80% aproximadamente

## CONCLUSIÓN

Se preparó el material híbrido hidroxiapatita celulosa de características amorfas o escasamente cristalinas, en condiciones de relativamente bajas temperaturas (70°C), utilizando horno microonda y agitación por sonicación. Todos los sólidos fueron caracterizados por espectrofotometría (FTIR y Raman), difracción (XRD), la superficie específica con el método BET y el tamaño promedio de partículas con la fórmula de Scherrer–queda pendiente este cálculo para el sólido modificado-. Las modificaciones introducidas en la síntesis de Cel<sub>F</sub>-HAp favorecen sus características adsorbentes de As(V) Los cambios introducidos en la síntesis produjeron un incremento en el área específica, potenciando su uso para retener este anión contaminante del agua, a temperatura ambiente y en condiciones no extremas de pH

## BIBLIOGRAFÍA

1. Islam M, Mishra PC, Patel R. Arsenate removal from aqueous solution by cellulose-carbonated hydroxyapatite nanocomposites. J Hazard Mater. 2011 May 30;189(3),755-63
2. Anna S'lo'sarczyka et al. FTIR y XRD evaluation of carbonated hydroxyapatite powders synthesized by wet methods. J. Mol. Struct., 744-747, (2005), 657–661
3. Yinian Zhu et al. Synthesis and characterization of arsenate/phosphate hydroxyapatite solid solution. Mat Lett.63 (2009) 1185-1188.
4. Frost Ray L. Et al. Infrared and Raman spectroscopy characterization of the arsenate mineral ceruleite Cu<sub>2</sub>Al<sub>7</sub>(AsO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>(OH)<sub>13</sub> 11.5(H<sub>2</sub>O). Spectrochim Acta A.116 (2013) 518-523.

## ENSAYOS DE LIXIVIACIÓN DE UNA MUESTRA DE RESIDUO DE CONSTRUCCIÓN EN COLUMNA Y EN LISÍMETRO A ESCALA LABORATORIO

Wottitz C. A. <sup>(1)</sup>, Ramírez A. E. <sup>(1)</sup>, Álvarez Escalada F. C. <sup>(1)</sup> y Ruiz López R. A. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento Académico de Química. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología.  
Universidad Nacional de Santiago del Estero.

<sup>(2)</sup>Departamento Académico de Obras Viales. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología.  
Universidad Nacional de Santiago del Estero.

\*Correo Electrónico: [augusto.wottitz@gmail.com](mailto:augusto.wottitz@gmail.com)

### RESUMEN

La lixiviación de constituyentes de los residuos de construcción y demolición a la fase acuosa es una función de un número limitado de mecanismos químicos y físicos (de transporte). El objetivo de este trabajo es comparar los modelos estadísticos obtenidos de la lixiviación de los iones mayoritarios, en una columna de lixiviación y en un lisímetro de laboratorio acoplado con un simulador de lluvia. Se pudo establecer una relación matemática sencilla entre ambos métodos, por lo que el método de la columna podría ser útil para predecir aproximadamente la lixiviación de constituyentes por percolación.

### ABSTRACT

The release of constituents from construction and demolition waste to the aqueous phase is a function of a limited number of chemical and physical (transport) mechanisms. The objective of this work is to compare the statistical models obtained from the leaching of the main ions, in a leaching column and in a laboratory lysimeter coupled with a rain simulator. A simple mathematical relationship between the two methods could be established, so the column method could be useful to roughly predict the leaching of constituents by percolation.

*Palabras clave:* lixiviación, residuos de construcción y demolición, columna, lisímetro

### Introducción

La lixiviación de constituyentes de los residuos de construcción y demolición a la fase acuosa es una función de un número limitado de mecanismos químicos y físicos (de transporte). Para cada producto de construcción en un escenario de aplicación, solo algunos de esos factores son dominantes para el comportamiento de liberación. [1]

En [2] se investigaron cinco muestras de residuos de construcción y demolición (C&DW) para cuantificar la lixiviación de elementos inorgánicos en condiciones de percolación de acuerdo con dos configuraciones experimentales diferentes: columnas saturadas de flujo ascendente estandarizadas (tamaño de partícula < 4mm) y flujo descendente intermitente insaturado en lisímetros (< 40mm de tamaño de partícula).

La lixiviación por columna consiste en introducir agua desionizada a través de una columna con muestra de residuos, mediante flujo ascendente a fin de minimizar el arrastre de aire y el flujo preferencial. [3]

El objetivo de este trabajo es comparar los modelos estadísticos obtenidos de la lixiviación de los iones mayoritarios, en una columna de lixiviación y en un lisímetro de laboratorio acoplado con un simulador de lluvia.

### Materiales y métodos

Las muestras de residuos de construcción y demolición se recogieron manualmente al azar distintas muestras de diferentes lugares de la ciudad de La Banda (Santiago del Estero, Argentina), totalizando aproximadamente 5 kg. El material se trituró manualmente con un martillo de 2 kg, luego se tamizó en una zaranda de arena fina (utilizada en albañilería), de aproximadamente 1,5 mm de abertura de malla.

En la figura 1 se presenta un esquema del equipo experimental de columna de lixiviación y en la figura 2 se presenta en un lisímetro de laboratorio acoplado con un simulador de lluvia.

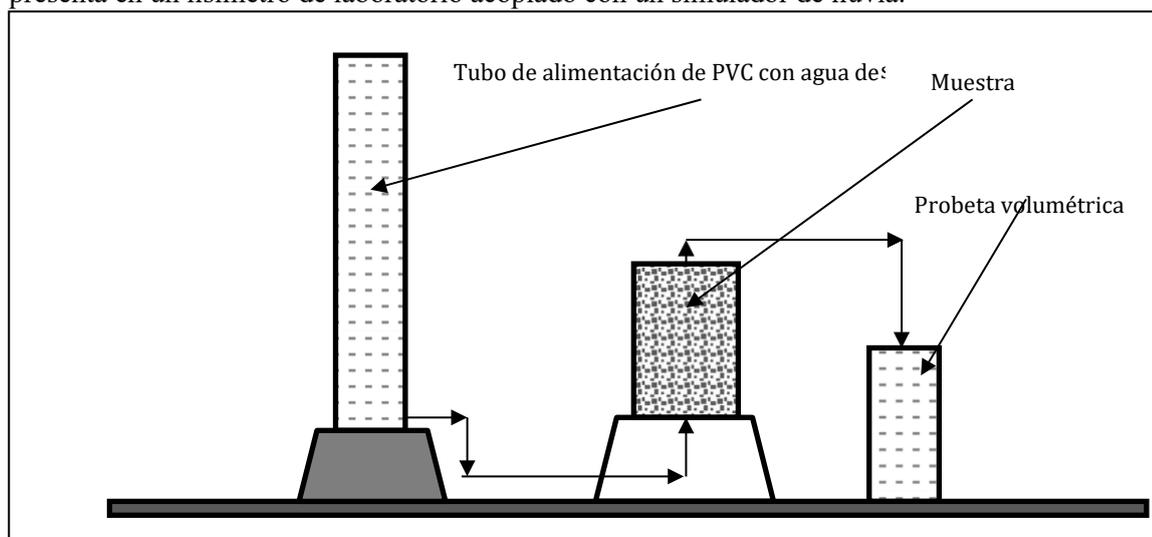


Fig. 1 Diagrama de flujo del prototipo del equipo experimental de lixiviación por columna percolación

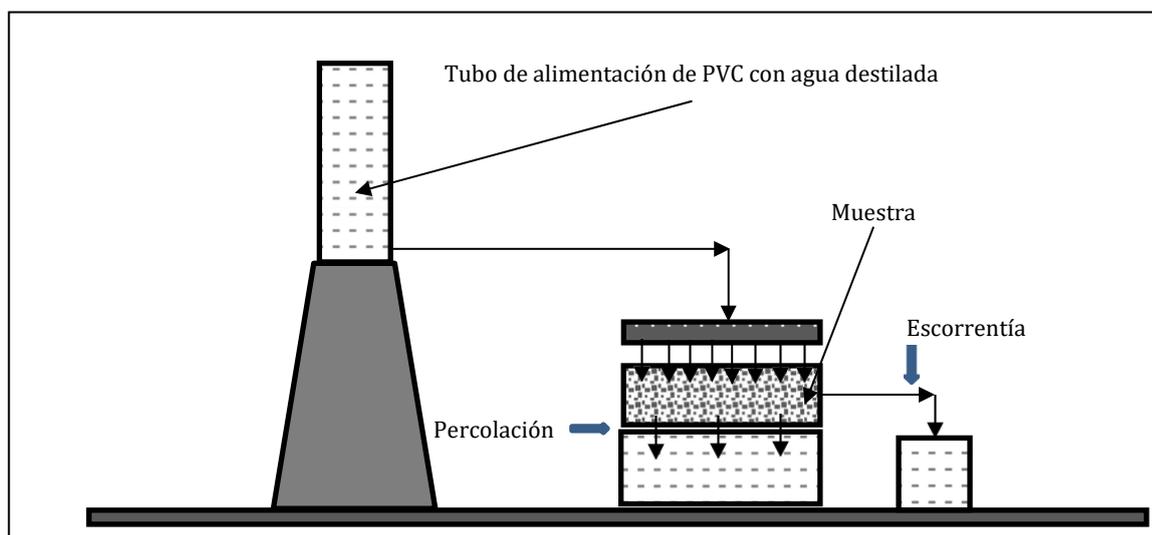


Fig. 2. Diagrama de flujo del prototipo de lisímetro de laboratorio construido.

Para cada ensayo se realizaron 10 corridas, el ensayo por columna se usaron 1480 g de muestra y el ensayo por lisímetro 2021 g. Por cada corrida se filtró el eluato por gravedad usando papel de filtro cuantitativo y se determinó experimentalmente: la conductividad eléctrica, el pH, la concentración de iones calcio  $C_{Ca^{2+}}$ , iones magnesio  $C_{Mg^{2+}}$ , de iones cloruro  $C_{Cl^-}$ , de iones bicarbonato  $C_{HCO_3^-}$ , la concentración de iones sodio  $C_{Na^+}$ , de iones potasio  $C_{K^+}$ , de iones sulfato  $C_{SO_4^{2-}}$ , y de iones nitrato  $C_{NO_3^-}$ . A partir de ellos se calculó la masa de cada ión que se lixivia por unidad de masa de sólido anhidro (LSP), expresado en mg de ión/kg de sólido [4]. En este trabajo sólo se presenta el LSP de  $Ca^{2+}$ .

## Resultados

En la figura 3 se presenta la CE [ $\mu S \cdot cm^{-1}$ ] de del eluato obtenido por percolación en la celda de percolación y en el lisímetro en función de la relación L/S acumulada.

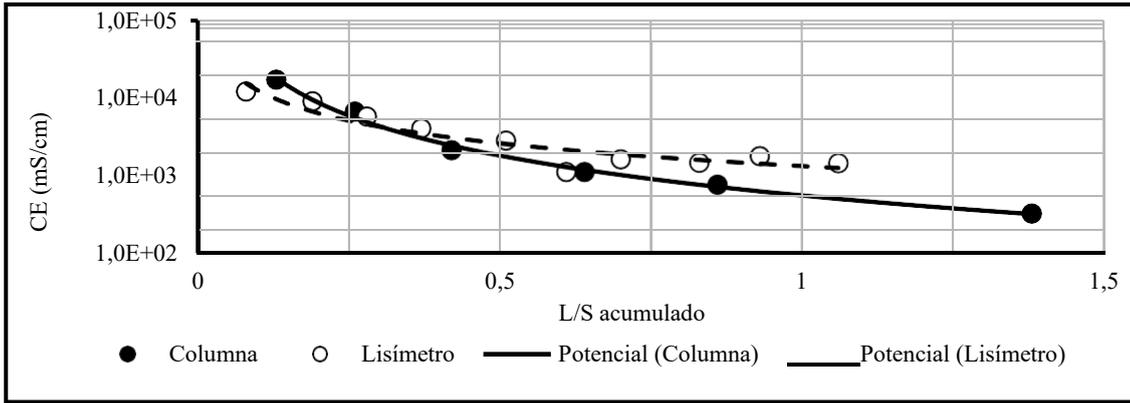


Fig. 3 Conductividad eléctrica del eluato en función del L/S acumulado, obtenido por percolación en columna y en lisímetro.

En las ecuaciones 1 y 2 se presentan los modelos estadísticos de CE [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ] de la solución obtenida por percolación en la columna y en el lisímetro respectivamente en función de la relación L (masa de eluyente)/S (masa de muestra) acumulada

$$\langle CE \left[ \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}} \right] \rangle_{col} = 550 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{-1,71}, R^2 = 0,92 \quad [1]$$

$$\langle CE \left[ \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}} \right] \rangle_{lis} = 1316 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{-0,97}; R^2 = 0,88 \quad [2]$$

Entonces tomando el cociente entre ambas se presenta en la ecuación 3

$$\frac{\langle CE \rangle_{lis}}{\langle CE \rangle_{col}} = \frac{1316 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{-0,97}}{550 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{-1,71}} = 2,4 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{-0,74} \quad [3]$$

En la figura 5 se presenta pH de la solución obtenida por percolación en la celda de percolación y en el lisímetro en función de la L/S acumulada.

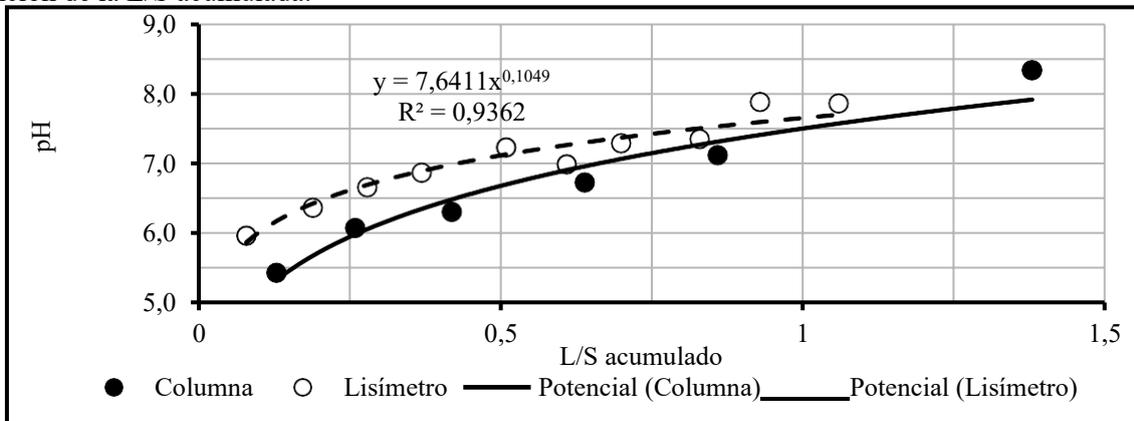


Fig. 4 pH del eluato en función del L/S acumulado obtenido por percolación en columna y en lisímetro.

En las ecuaciones 4 y 5 se presentan los modelos estadísticos de pH en función de la relación L/S acumulada de la solución obtenida por percolación en la columna y en el lisímetro respectivamente.

$$\langle pH \rangle_{col} = 7,33 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{0,15}, R^2 = 0,96 \quad [4]$$

$$\langle pH \rangle_{lis} = 7,64 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{0,10}; R^2 = 0,93 \quad [5]$$

La relación entre ambas se presenta en la ecuación 6.

$$\frac{\langle pH \rangle_{lis}}{\langle pH \rangle_{col}} = \frac{7,64 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{0,10}}{7,49 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{0,16}} = 1,02 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{0,06} \quad [6]$$

En la figura 5 se presenta  $LSP(Ca^{2+})$  de la solución obtenida por percolación en la celda de percolación y en el lisímetro en función de la L/S acumulada.

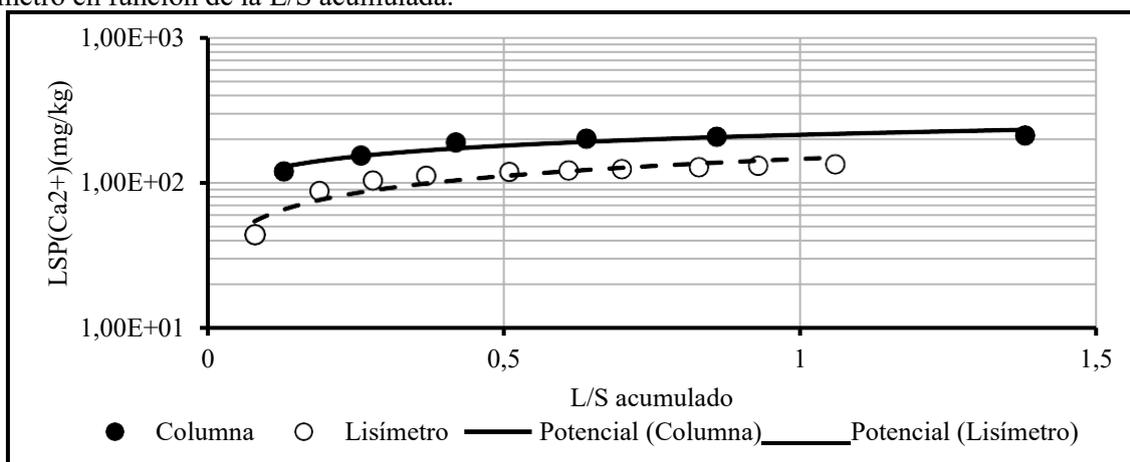


Fig. 5  $LSP(Ca^{2+})$  de la solución lixiviada en columna y en lisímetro en función del L/S acumulado.

En las ecuaciones 7 y 8 se presentan los modelos estadísticos de  $LSP(Ca^{2+})$  en función de la relación L/S acumulada de la solución obtenida por percolación en la columna y en el lisímetro respectivamente.

$$\langle LSP(Ca^{2+}) \rangle_{col} \left[ \frac{mg}{kg} \right] = 213 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{0,24} ; R^2 = 0,90 \quad [7]$$

$$\langle LSP(Ca^{2+}) \rangle_{lis} \left[ \frac{mg}{kg} \right] = 146 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{0,39} ; R^2 = 0,87 \quad [8]$$

La relación entre ambas se presenta en la ecuación 9.

$$\frac{\langle LSP(Ca^{2+}) \rangle_{lis}}{\langle LSP(Ca^{2+}) \rangle_{col}} = \frac{146 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{0,39}}{213 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{0,24}} = 0,68 \cdot \left( \frac{L}{S} \right)^{0,15} \quad [9]$$

## Discusión

Si bien estas ecuaciones son válidas sólo para esta muestra en las condiciones de la experiencia, tiene valor orientativo para los escombros de construcción. La CE de las soluciones obtenidas en el lisímetro crece levemente en función de la L/S con relación a las obtenidas por columna. El pH se comporta de una forma similar. La LSP calculados por ambos métodos se encuentran dentro del mismo orden de magnitud, si bien en general los valores por el método del lisímetro son menores.

## Conclusiones

Se pudo establecer una relación matemática sencilla entre ambos métodos, el cual sugiere que el método de la columna podría ser útil para predecir aproximadamente la lixiviación de residuos de construcción y demolición por percolación asumiendo las condiciones extremas.

Aun así es evidente que es necesario explorar más profundamente la relación entre los ensayos de columna y diferentes escalas de lisímetro.

## Referencias

1. Van der Sloot H.A., Dijkstra J.J., 2004. Development of horizontally standardized leaching tests for construction materials: A material based or release based approach? Identical leaching mechanisms for different materials. ECN-C--04-060 <https://publicaties.ecn.nl/PdfFetch.aspx?nr=ECN-C--04-060>
2. Butera S., Hyks,J.,Christensen,T.H., Astrup T F, 2015. Construction and demolition waste: Comparison of standard up-flow column and down-flow lysimeter leaching tests. Waste Management. Volume 43. Pages 386-397. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.04.032>;
3. EPA (Environmental Protection Agency), 2017 .SW-846 Test Method 1314. Liquid-Solid Partitioning as a Function Liquid-Solid Ratio for Constituents in solid materials using an Up-Flow Percolation Column Procedure [https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-10/documents/method\\_1314\\_-\\_final\\_8-3-17.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-10/documents/method_1314_-_final_8-3-17.pdf).
4. APHA (American Public Health Association), 1992. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. ISBN 84-7978-031-2. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid (España).

## COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO DE CLARIFICANTES NATURALES Y SINTÉTICOS EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ DE AGUAS TURBIAS

Elías G. Salinas<sup>(1)</sup>, Roque Domínguez Castro<sup>(1)</sup>, Dolores Gutiérrez Cacciabue<sup>(1,2)</sup>, Verónica B. Rajal<sup>(1,2,3)</sup> y Jorge E. Almazán<sup>(1,2)\*</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta (UNSa), Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI – CONICET, UNSa), Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup> Singapore Centre for Environmental Life Sciences Engineering (SCELSE). School of Biological Sciences, Nanyang Technological University, Nanyang Dr. 60, Singapore

\*Correo Electrónico (Jorge Emilio Almazán): [emilioalmazan8787@gmail.com](mailto:emilioalmazan8787@gmail.com)

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue comparar el desempeño de tres clarificantes: el mucílago de penca de tuna licuado (mucílago), el polvo de almidón de pulpa de banana (pulpa de banana) ambos de origen natural; y el sulfato de aluminio (sintético), en la remoción de turbidez (RT). Inicialmente, se prepararon los clarificantes naturales y se determinaron sus dosis óptimas. Para el caso del sulfato de aluminio se utilizaron los valores óptimos de referencia. Luego se prepararon matrices acuosas turbias (concentración de sólidos: 1,25; 2,5 y 5 g/L) con la adición de clarificantes en las concentraciones encontradas. Se prepararon también controles (matrices turbias sin clarificantes). Se midió la turbidez inicial, se agregó el clarificante, se mezcló durante 2 minutos y luego de 15 minutos se volvió a medir, y se calculó el porcentaje de RT. Todos los ensayos se hicieron por triplicado. Las dosis adecuadas para el mucílago fueron de 0,4 g/L y para la pulpa de banana de 0,5 g/L. La pulpa de banana logró remociones superiores al 71%, aunque siempre fueron inferiores a las del mucílago (superiores al 90% en todos los casos). La RT aumentó con la concentración de sólidos y fue más eficiente con el agregado de clarificantes naturales. Ambos clarificantes naturales demostraron tener mayores RT que el sulfato de aluminio, en el caso del mucílago entre un 15 y 29% más y para la pulpa de banana entre un 3% y 10% más.

### ABSTRACT

The aim of this work was to compare the performance of three clarifying agents: liquefied prickly pear mucilage (mucílago), banana pulp starch powder (pulpa de banana), both of natural origin; and aluminum sulfate (synthetic), in the removal of turbidity (RT). Initially, the natural clarifiers were prepared and their optimal doses were determined. In the case of aluminum sulfate, the optimal reference values were used. Then, turbid aqueous matrices were prepared (solids concentration: 1.25; 2.5 and 5 g/L) with the addition of clarifying agents in the found concentrations and controls were also prepared (turbid matrices without clarifying agents). The initial turbidity was measured, the clarifier was added, it was mixed for 2 minutes and after 15 minutes turbidity was measured again, and the percentage of RT was calculated. All assays were done in triplicate. The adequate doses for mucílago were 0.4 g/L and for pulpa de banana 0.5 g/L. Pulpa de banana achieved RT higher than 71%, although they were always lower than those of the mucílago (higher than 90% in all cases). The RT increased with the concentration of solids and was more efficient with the addition of natural fining agents. Both natural fining agents have shown to have higher RTs than aluminum sulfate, in the case of mucílago between 15 and 29% more and for pulpa de banana between 3% and 10% more.

Palabras claves: Clarificantes naturales, remoción de turbidez, sulfato de aluminio.

## Introducción

La clarificación es una etapa importante dentro del proceso de tratamiento de agua que permite eliminar la turbidez, el color y algunos microorganismos adheridos a los sólidos presentes. Cuando se trabaja con matrices acuosas cuya turbidez es causada por coloides se utilizan generalmente agentes coagulantes comerciales, que son compuestos químicos que obligan a las partículas finas en suspensión a agruparse y formar flóculos que precipitan (coagulación- floculación) [1]. Estos agentes, son sales metálicas como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico y el sulfato ferroso, siendo el primero el más utilizado a nivel mundial. Sin embargo, las sales metálicas y principalmente las que contienen aluminio representan un riesgo potencial para la salud humana, debido a su relación con efectos neurológicos adversos y el desarrollo de diferentes cánceres.

Los clarificantes naturales surgen como una alternativa interesante para aquellas poblaciones que por su lejanía de los centros de venta o por los costos involucrados, se les dificulta adquirir los productos convencionales. En los últimos años, aparecieron numerosos estudios sobre una gran variedad de material vegetal usados como fuente de coagulantes naturales que presentan una nula toxicidad y, en muchos casos, son productos alimenticios con alto contenido de carbohidratos y de proteínas solubles en agua [1]. Estudios anteriores probaron el poder clarificante del mucílago de penca de tuna fresco [2] y en polvo [3]. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de remoción de turbidez del polvo de almidón de banana y compararla con la del mucílago de penca de tuna licuado (*Opuntia ficus indica* Miller) y el coagulante artificial sulfato de aluminio.

## Materiales y Métodos

Se recolectaron las pencas de tuna de la localidad de Vaqueros (Salta) y se las almacenó a temperatura ambiente. Luego se procedió a pelar la penca y se extrajo el mucílago el cual fue licuado por 90 segundos con un mixer ATMA (600 W), hasta la obtención de un líquido homogéneo de baja viscosidad. Si bien, en otros trabajos realizados por el grupo de investigación ya se probó el poder clarificante del mucílago de penca de tuna, en esta oportunidad se puso especial énfasis en su obtención como coagulante licuado y se estandarizó el tiempo de tratamiento con el mixer. Las bananas se adquirieron de un centro comercial. Para la extracción de almidón de la pulpa se separó el plátano de la cáscara y se cortó la pulpa en rebanadas de aproximadamente 2-3 mm de espesor. El secado se realizó en una estufa de laboratorio a 38,5°C durante 8 h. Por último, se trituraron las rodajas deshidratadas con un mortero, obteniéndose un polvo fino homogéneo. Para realizar los diferentes ensayos de clarificación, se prepararon matrices acuosas turbias con distintas concentraciones de sólidos (1,25; 2,5; y 5 g/L) con un diámetro < 45 µm. Estos sólidos se recolectaron del lecho del río Wierna (Provincia de Salta). Se utilizó agua destilada. En todos los ensayos de clarificación, se midió la turbidez inicial ( $Turb_i$ , UNT), se agregó el clarificante utilizado y se mezcló durante 2 minutos y luego se dejó sedimentar los sólidos durante 15 minutos. Finalmente se midió la turbidez final ( $Turb_f$ , UNT) y se calculó la Remoción de turbidez (RT) de acuerdo a la ecuación 1. Todos los ensayos se realizaron por triplicado, La turbidez se midió con una sonda multiparamétrica HORIBA.

$$RT (\%) = 100 \times (Turb_i - Turb_f) / Turb_i \quad [1]$$

Para determinar la dosis adecuada de clarificante a utilizar, se realizaron diferentes ensayos de clarificación empleando matrices acuosas turbias con una concentración de sólidos de 5 g/L, valor que simula la mayor turbidez encontrada en los ríos de Salta en la época húmeda [4], y diferentes concentraciones de clarificantes. Para el mucílago de penca de tuna se usó 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 y 0,7 g/L y para pulpa de banana 0,2; 0,3; 0,5; 1 y 1,5 g/L.

Para comparar los dos clarificantes naturales, se realizaron ensayos de clarificación con las matrices acuosas turbias de diferentes concentraciones de sólidos, usando las dosis determinadas anteriormente. También se hicieron ensayos control para cada concentración de sólidos, que consistieron en pruebas de clarificación sin el agregado de ningún clarificante. Para estas experiencias no se modificó el pH de las matrices acuosas, trabajando con un valor aproximado de 7. Anteriormente, se determinó que el desempeño del clarificante natural no variaba significativamente con el pH, lo cual es una ventaja que evita el agregado de químicos al agua tratada [2].

Finalmente se evaluó la remoción de turbidez usando sulfato de aluminio como clarificante para las diferentes matrices acuosas para comparar su desempeño con el de los clarificantes estudiados en este trabajo. Se usaron la dosis y pH óptimo de este clarificante comercial (30 mg/L y 5,6 respectivamente).

## Resultados

Se determinó la dosis adecuada de aplicación para cada clarificante natural (Fig. 1). La concentración adecuada de mucílago de penca de tuna licuada (0,4 g/L) fue menor que la del polvo de almidón de pulpa de banana (0,5 g/L).

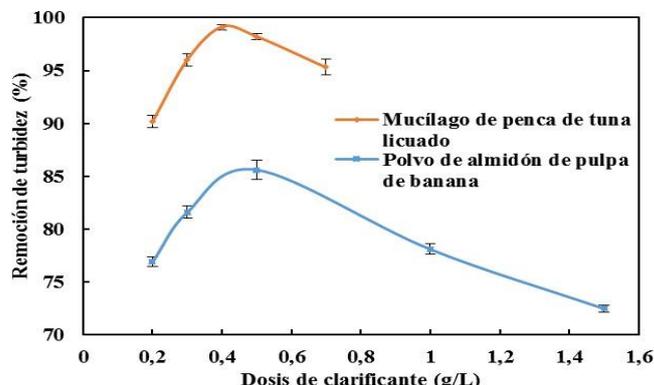


Figura 1: Máxima remoción de turbidez (99,21 y 85,60 %, respectivamente) con la dosis óptima de mucílago de penca de tuna licuado y de polvo de almidón de pulpa de banana (0,4 g/l y 0,5 g/L, respectivamente). Los ensayos se realizaron con matrices acuosas turbias con 5 g/L de sólidos.

En todos los ensayos, la remoción de turbidez fue mayor en los casos en los que se usó clarificante que en los controles (en promedio alrededor del 10%). El mucílago de penca de tuna licuado tuvo un mejor desempeño lográndose en todos los casos remociones de turbidez superiores al 90%, siendo la mejor condición cuando se tiene la mayor concentración de sólidos (RT=99,1%) y obteniéndose una matriz acuosa con una turbidez final promedio de 7 UNT (Tabla 1). En el caso del polvo de almidón de pulpa de banana, la mejor RT se logró con la matriz acuosa más turbia (Turb<sub>f</sub>= 142 UNT).

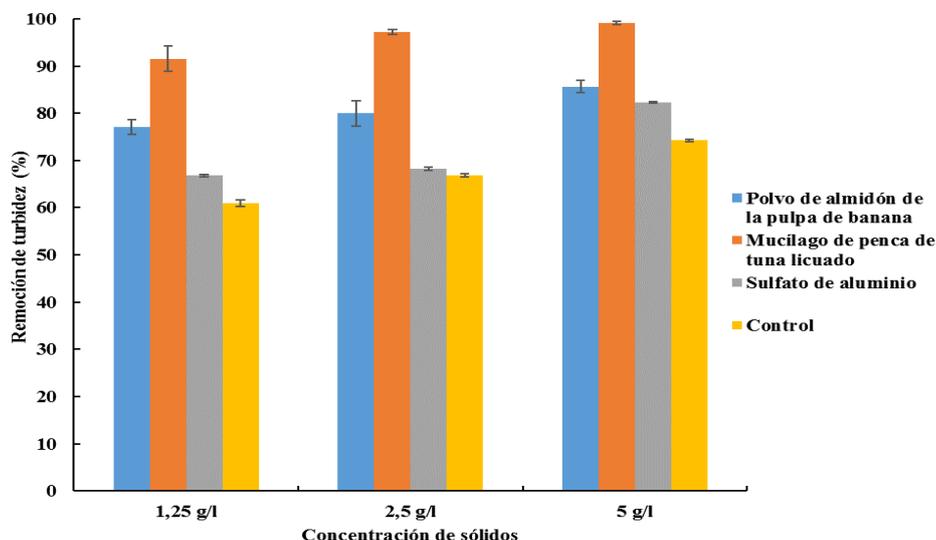


Figura 2: Remoción de turbidez (RT) de los clarificantes analizados en matrices acuosas turbias con tres concentraciones de sólidos (1,25; 2,5 y 5 g/L). También se incluye la remoción de turbidez de los ensayos control.

Tabla 1: Turbidez final para diferentes concentraciones de sólidos (1,25; 2,5 y 5 g/L) luego de los ensayos realizados. Pulpa de banana es Polvo de almidón de pulpa de banana y Mucílago es Mucílago de penca de tuna licuado.

Concentración de sólidos (g/L)	Turbidez Final (UNT)			
	Pulpa de banana	Mucílago	Sulfato de aluminio	Control (sin clarificante)
1,25	30,00 ± 1,20	17,00 ± 1,46	43,00 ± 0,82	51 ± 0,42
2,5	59,00 ± 2,00	15,00 ± 0,98	63,00 ± 0,70	82 ± 0,44
5	71,00 ± 0,97	7,00 ± 0,85	98,00 ± 0,75	142 ± 0,30

Al comparar el desempeño de los clarificantes naturales con el sulfato de aluminio, se puede observar que en todos los casos los productos naturales lograron mayores remociones de turbidez (entre un 25% y 3%), siendo a bajas concentraciones de sólidos más notable este resultado.

## Discusión

Se observó que, por debajo de las dosis óptimas el clarificante agregado no era suficiente para lograr la máxima remoción de turbidez y que, por encima de la misma, el clarificante comienza a aportar turbidez a la matriz acuosa. Para el mucílago licuado la dosis necesaria fue menor y esto puede deberse a su estado de agregación (líquido) que permitió un mayor contacto con los sólidos, y de esta forma los pudo agrupar de forma más eficiente que el polvo. Al agregar más clarificante, por encima de la dosis óptima, la remoción de turbidez lograda por el polvo de pulpa de banana decreció levemente más en comparación con el otro clarificante. Esto se podría explicar por el estado de agregación del clarificante (polvo), que al aumentar su cantidad aporta más turbidez que el mucílago de penca de tuna licuado. Como ya se había demostrado anteriormente con el mucílago de penca de tuna [3] y como se pudo observar con el polvo de almidón de pulpa de banana, ambos clarificantes naturales son prometedores en cuanto a su poder clarificante para las tres concentraciones de sólidos en las matrices acuosas (1,25; 2,5 y 5 g/L) (Fig. 2). Las mayores diferencias en las remociones de turbidez con ambos clarificantes se notaron a las menores concentraciones de sólidos (principalmente con 1,25 g/L). Esto representa una muy buena característica de los clarificantes naturales, ya que cuando hay menos cantidad de material sólido es más dificultoso la formación de flóculos lo suficientemente grandes para que puedan sedimentar. Era de esperarse que a medida que aumente la concentración de sólidos, aumente la remoción de turbidez, debido a que existe en la matriz acuosa más sólidos que facilitan el proceso de coagulación- floculación.

Al comparar el desempeño de los clarificantes naturales con el sulfato de aluminio, se pudo observar que en todos los casos los productos naturales lograron mayores remociones de turbidez (entre un 25% y 3%), siendo a bajas concentraciones de sólidos más notable este resultado. Esto es sumamente prometedor para los clarificantes naturales, ya que representan una buena alternativa para el reemplazo del uso de coagulantes comerciales y tienen la ventaja que son inocuos para la salud y más económicos.

Cuando se analizó los valores de turbidez final de todos los ensayos realizados (Tabla 1), se nota un efecto llamativo para el polvo de almidón de pulpa de banana: a medida que aumentó la concentración de sólidos, la turbidez final también aumentó (a diferencia del mucílago y del sulfato de aluminio). Esto puede deberse, como se explicó previamente, al aporte que hace el polvo del clarificante natural a la turbidez de la matriz acuosa, lo cual representaría una limitación para etapas posteriores de tratamiento del agua.

## Conclusiones

El polvo de almidón de pulpa de banana presentó propiedades clarificantes promisorias, con remociones de al 77%. El mucílago de penca de tuna licuado, obtenido luego de 90 segundos de mixeado, alcanzó mejores remociones de turbidez (superiores al 92 %). Estos resultados los posicionan como potenciales productos para un buen tratamiento de agua, siendo además económicos, eco-amigables e inocuos para la salud.

## Referencias

1. Ang, W.L. and A.W. Mohammad, *State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment*. Journal of Cleaner Production, 2020. **262**: p. 121267.
2. Almazán, J.E., D. Gutiérrez Cacciabue, and V.B. Rajal, *Diseño factorial para el estudio de un clarificante natural para el proceso de potabilización de aguas*, in *I Jornadas de Estadística Aplicada 2018*. ISBN: 978-987-633-543-0. 2018: Salta, Argentina.
3. Bouaouine, O., et al., *Identification and role of Opuntia ficus indica constituents in the flocculation mechanism of colloidal solutions*. Separation and Purification Technology, 2019. **209**: p. 892-899.
4. Gutiérrez Cacciabue, D., et al., *Strategies to optimize monitoring schemes of recreational waters using a multivariate approach*. Environmental Monitoring and Assessment 2014. **186**: p. 8359–8380.

## ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES DE UN PROCESO DE OBTENCIÓN DE GAS DE SÍNTESIS A PARTIR DE GASES RESIDUALES DEL TRATAMIENTO DE GAS NATURAL

Castillo Silvana Elizabet <sup>(1,2)\*</sup>, Gutiérrez Juan Pablo <sup>(1, 2,3)</sup>

(1) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional, Salta, Salta, Argentina.*

(2) *Consejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.*

(3) *Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI-CONICET-UNSa), Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina*

\* [se\\_castillo@yahoo.com.ar](mailto:se_castillo@yahoo.com.ar)

### RESUMEN

*En diferentes industrias de petróleo y gas, se emiten continuamente grandes volúmenes de gases de combustión y gases residuales ricos en CO<sub>2</sub>, lo que afecta directamente ambiente y, a pesar de que el secuestro de CO<sub>2</sub> es técnicamente viable, su eliminación remota sigue siendo un punto en cuestión por los niveles emisivos aparejados (Manenti et al., 2016).*

*El gas de síntesis es, en general en la industria petroquímica, un producto intermedio, y es comúnmente utilizado como materia prima para la generación de productos de mayor valor. Sin embargo, la producción de gas de síntesis tiene gran incidencia en el análisis económico global de una planta debido a la complejidad de los procesos para su producción..*

*En la actualidad existen diferentes métodos para evaluar los impactos ambientales para la producción de gas de síntesis a partir de gases residuales de la producción de Gas natural. La problemática detectada radica en detectar los impactos ambientales generados a partir del proceso en estudio. La metodología seleccionada para la identificación de impactos ambientales es el método de Conesa Fernandez. El método consiste en la determinación, importancia y cualificación de los impactos ambientales de la actividad en estudio. Los resultados obtenidos muestran los impactos más relevantes, los factores más afectados y los beneficios ambientales obtenidos a partir de su aprovechamiento.*

**Palabras claves:** *Gas de síntesis, metodologías de evaluación de impacto ambiental, estudios de impacto ambiental, Gas natural*

### ABSTRACT

*In different oil and gas industries, large volumes of flue gases and waste gases rich in CO<sub>2</sub> are continuously emitted, which directly affects the environment and, despite the fact that CO<sub>2</sub> sequestration is technically feasible, its remote disposal remains a point in question by the paired emission levels (Manenti et al., 2016).*

*Synthesis gas is, in general, an intermediate product in the petrochemical industry, and is commonly used as raw material for the generation of higher value products. However, the production of synthesis gas has a great impact on the global economic analysis of a plant due to the complexity of the processes for its production.*

*Currently there are different methods to assess the environmental impacts for the production of synthesis gas from waste gases from natural gas production. The problem detected lies in detecting the environmental impacts generated from the process under study. The methodology selected for the identification of*

*environmental impacts is the Conesa Fernandez method. The method consists of the determination, importance and qualification of the environmental impacts of the activity under study. The results obtained show the most relevant impacts, the most affected factors and the environmental benefits obtained from its use.*

**Keywords:** *Synthesis gas, environmental impact assessment methodologies, environmental impact studies, natural gas*

## **Introducción**

El sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) y el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) son dos de los subproductos químicos más críticos que se generan en plantas de energía, petroquímicas y manufactureras. A pesar de su producción masiva, no son empleados como materias primas principales para fines industriales. Estos últimos son contaminantes y conducen a significativos problemas ambientales, y es necesario invertir en procesos de neutralización que generan altos costos. Particularmente  $H_2S$  afecta la acción de los catalizadores industriales y sus productos de combustión son contaminantes fuertes. La desulfuración de hidrocarburos y carbón y el endulzamiento del gas natural son operaciones obligatorias. Debido al comportamiento ácido químico, los efluentes gaseosos de las unidades de desulfuración son llamados “gases ácidos”. El método de neutralización importante y extendido se basa en la oxidación de  $H_2S$  por aire (es decir, proceso Claus): el gas ácido se alimenta a un horno junto con una cantidad subestequiométrica de aire y luego se oxida a dióxido de azufre ( $SO_2$ ) a altas temperaturas. Otro de los gases de alto impacto ambiental es el  $CO_2$ . Debido a su estabilidad termodinámica y bajo valor químico, el  $CO_2$  tiene actualmente usos industriales menores, por ejemplo para el caso de la síntesis de urea (Bassani, Manenti, Ranzi, Lima, y Zuniga Linan, 2015)

Dentro de este marco, y dada la problemática expuesta, una posible alternativa es el aprovechamiento del  $H_2S$  de las desulfuraciones y el  $CO_2$  residual con la producción de gas de síntesis. El  $H_2S$  es un químico de gran interés ya que contiene hidrógeno. El  $H_2S$  debe ser considerado más que un residuo, y no ser empleado solamente en procesos de oxidación (en las plantas de Claus para obtener azufre elemental y agua). Por otra parte, en las reacciones de síntesis de reformado, el  $CO_2$  también puede funcionar como agente oxidante (por ejemplo, reacciones de síntesis de reformado). Manenti (2014) presenta una alternativa de procesamiento para sintetizar gas de síntesis a partir de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Esta nueva tecnología propuesta, presenta tres ventajas principales:

- el reciclaje de gas ácido (es decir, bajas emisiones de  $H_2S$ )
- la reducción de  $CO_2$  que se libera a la atmósfera
- la producción de  $H_2$  y  $CO$  (gas de síntesis) con un alto valor económico

A pesar de las ventajas citadas existen algunos aspectos que no se encuentran resueltos aún como la termodinámica, la cinética y el control del proceso. Sin embargo, cabe señalar que el sistema químico reactivo de  $H_2S + CO_2$  demuestra similitudes con el proceso químico de Claus  $H_2S + O_2$  en la sección térmica y  $H_2S + SO_2$  en la sección catalítica, altamente estudiado en la disciplina de la petroquímica.

De acuerdo a los trabajos consultados, el diseño general del nuevo proceso puede sintetizarse en las siguientes etapas, las cuáles fueron extraídas de modelos propuestos de simulación a partir de una corriente de gas de síntesis proveniente de la sección de gasificación:

- Lavados con amina: el gas de síntesis debe purificarse de gases ácidos ( $H_2S$  y  $CO_2$ ). Generalmente se emplea un lavado de amina utilizando MDEA (Methyl DiEthanolAmine) que contiene baja presión de vapor, alta resistencia a la degradación y requiere baja absorción de energía para la regeneración que se elige por su aplicación industrial y su selectividad específica para sulfuro de hidrógeno. Se aplican dos lavados de amina distintos. El primer de ellos tiene como objetivo eliminar casi todo el  $H_2S$  de la corriente de gas ácido. Simultáneamente se limita la absorción de  $CO_2$ , que es la principal fuente de  $CO$  y de "absorbedor de calor" en el horno. Si hay un exceso de  $CO_2$ , se debe requerir más oxígeno para alcanzar el nivel deseado. temperatura, lo que lleva a un mayor consumo de  $H_2S$  para la oxidación en lugar del consumo de  $H_2S$  para pirólisis. El segundo lavado con amina tiene como objetivo eliminar el  $CO_2$  de la corriente de gas de síntesis. Sin embargo, un pequeño porcentaje de  $CO_2$  permanece en la corriente. El gas de síntesis de salida se utiliza para su comercialización o para otros procesos posteriores, mientras que la corriente con alta concentración de  $CO_2$  se envía al quemador o al almacenamiento.
- Sección de Reacción (Horno y Reactor Catalítico): En la industria, existe una configuración diferente del horno Claus, denominada "regenerativa", que permite producir una mayor cantidad de  $H_2$ . Esta configuración

presenta un precalentamiento para la corriente de gas ácido de entrada antes de la combustión de los gases. A continuación, los gases se envían a la Caldera de Calor Residual. El hidrógeno se produce casi en su totalidad por la pirólisis de H<sub>2</sub>S. Por lo tanto, si la temperatura de los gases ácidos se eleva hasta 750-850°C antes de la combustión, el caudal de oxígeno requerido para alcanzar el temperaturas estándar en el horno (1200-1300°C), es menor y por tanto el H<sub>2</sub>S disponible para pirólisis es mayor. Otra ventaja de esta configuración es que se utiliza una corriente de oxígeno puro. Esto lleva a limitar los efectos de "absorbedor de calor" de nitrógeno. Este reactor se modela como una serie de reactores ideales

- El reactor catalítico se modela como una serie de cuatro reactores que se emplean en simulación (reactor de conversión para hidrólisis CS<sub>2</sub>, reactor de conversión para hidrólisis de COS, reactor de conversión para la reacción de Claus, reactor de equilibrio).
- Sección de Lavado Secundario: este lavado se ubica después del reactor catalítico. Es similar al primer lavado de amina de la sección principal y tiene el propósito de separar el H<sub>2</sub>S (con un bajo porcentaje de CO<sub>2</sub>) del gas de síntesis y el CO<sub>2</sub> restante. Además, esta corriente (gas de síntesis y CO<sub>2</sub>) se envía al compresor y luego nuevamente a la sección del lavado principal. Esta corriente tiene un caudal reducido, por lo que se reducen los costos de compresión. En cambio, la corriente que contiene H<sub>2</sub>S se envía directamente al horno.

El reciclaje completo de H<sub>2</sub>S, la reducción de CO<sub>2</sub> y la producción de gas de síntesis a partir de estos contaminantes representarían valiosos beneficios ambientales, energéticos y comerciales, que también podrían involucrar un campo más amplio de aplicaciones industriales. El objetivo del presente trabajo consiste en identificar los impactos ambientales del proceso de producción de gas de síntesis.

La Evaluación de Impactos Ambientales (EIA) es un proceso técnico-administrativo utilizado para evaluar los impactos ambientales de proyectos, obras o actividades. Su aplicación específica depende del marco institucional y el contexto socio-político del país o región. Dada la importancia de un proceso alternativo para mitigar los efectos del sulfuro de hidrógeno y el dióxido de carbono como subproductos críticos de la industria petroquímica, se aplica dicha metodología. Para ello se aplicará el método de Conesa Fernandez, dada su amplia aplicación a diferentes actividades y proyectos.

## Materiales y Métodos

Los cuatro métodos fundamentales que se utilizan habitualmente para la evaluación de impactos ambientales y las herramientas de valoración realización de una EIA son: i. Listas de chequeo, ii. Matrices, iii. Redes y iv. Superposiciones de imágenes. El método utilizado en el presente trabajo para la evaluación y valoración de impactos ambientales es el Método de Conesa Fernandez. Dicho método consiste en la aplicación de una metodología matricial en la que se busca determinar, de manera numérica, la importancia de los impactos ambientales, dependiendo la misma de la caracterización e importancia de cada impacto a través de 11 atributos: Naturaleza, Intensidad (IN), Extensión (EX), Momento (MO), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Sinergia (SI), Acumulación (AC), Efecto (EF), Periodicidad (PR), Recuperabilidad (MC). Luego la importancia de cada impacto, se determina a través de la Fórmula:

$$I = \pm (3 IN + 3EX + MO + PE + RV + + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Se aplicó el Método de Conesa Fernandez al proceso de obtención de gas de síntesis. Para ello, se identificaron las actividades principales del proceso de síntesis y la identificación de los impactos ambientales principales según puede visualizarse en la Tabla N°1:

Tabla N° 1: Determinación de los impactos ambientales del proceso del Gas de Síntesis

Actividad principal	Impactos detectados
Lavados con amina	Primer lavado de amina: Eliminación de H <sub>2</sub> S de la corriente de gas de síntesis asegurando que solo una parte (alrededor del 25%) del CO <sub>2</sub> permanezca en el gas ácido
	Segundo lavado de aminas: Extracción completa de CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> S presentes en la corriente de gas de síntesis desde el primer lavado. En la corriente de gas de síntesis queda un remanente de CO <sub>2</sub> igual a aproximadamente 4% molar
	El flujo de gas de síntesis a vender, no contiene H <sub>2</sub> S
	El otro flujo de salida ("CO <sub>2</sub> a stock") se envía a un quemador o se almacena bajo presión. Este es la única corriente de salida en la que hay H <sub>2</sub> S. Sin embargo, su cantidad es de unas 40 ppm, con lo que se logra la reducción de emisiones
	El rendimiento del lavado de gas de síntesis es: 99,2 %
Sección de reacción(horno y reactor catalítico)	La cantidad de azufre es menor (alrededor del 40%) que la de un proceso Claus clásico
	El flujo de reciclaje es el corazón del proceso. Esto permite reutilizar todo el H <sub>2</sub> S y no tener emisiones
Sección de lavado secundario	La corriente de reciclaje se "aligera" en aproximadamente un 40% molar
	Se evita que grandes cantidades de H <sub>2</sub> S sean recicladas a la sección principal de lavado. Se disminuye la emisión excesiva de H <sub>2</sub> S
En todas las etapas	Generación de empleo en las etapas de acondicionamiento y producción
	Inversión para el acondicionamiento de procesos y compra de equipamiento adicional
	Capacitación en nuevos procesos productivos

Fuente: A partir de (Bassani et al., 2015)

## Resultados

Se aplicó el Método de Conesa Fernandez, teniendo en cuenta los 11 atributos de un impacto ambiental. Se constituyó un equipo interdisciplinario que tenía conocimiento y experiencia en el proceso de estudio. Luego se establecieron las calificaciones de acuerdo a lo sugerido por bibliografía (Conesa Fernandez-Vitoria, 2009) y se obtuvo la matriz de impacto, que por cuestiones de espacio solo se enuncian los principales impactos ambientales detectados. Entre los impactos positivos relevantes de la metodología aplicada se pueden mencionar:

- Reducción de emisiones de H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub> liberados a la atmósfera
- Producción del gas de síntesis con alto valor económico
- Generación de empleo en las etapas de acondicionamiento y producción
- Reciclaje del gas ácido (H<sub>2</sub>S)

Mientras que entre los impactos negativos se identifican:

- Alta inversión inicial para el acondicionamiento de procesos y compra de equipamiento adicional
- Capacitación en nuevos procesos productivos

## Discusión y Conclusiones

Una vez aplicada la Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales, y en base a los resultados obtenidos se puede concluir que el proceso de obtención de gas de síntesis permite:

- La readaptación de procesos tradicionales a procesos innovativos (del proceso tradicional de Claus a partir de gases residuales de gas natural) contribuye a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero (H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>). Se sugiere promover líneas de investigación con temáticas relacionados a la termodinámica, la cinética y el control del proceso de gas de síntesis que continúen incorporando mejoras a nivel económico y ambiental.
- Aportar al desarrollo de la Economía Circular, ya que genera productos de interés económico y comercial como el gas de síntesis

## Referencias

1. A .Bassani, F. Manenti,, E. Ranzi, M., N. Lima, yL. Zuniga Linan. Novel coal gasification process: Improvement of syngas yield and reduction of emissions. Vol 43 (2015),p. 1483-1488
2. V.Conesa Fernandez-Vitoria."Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental";2009, Mundi-Prensa Libros.
3. F.Manenti,, G. Manenti, & L. Molinari (2016). "Syngas from H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub>: an alternative, pioneering synthesis route?". Process Engineering and Optimization, Voll(2016)p1-4.

# **CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERÍA**

**APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS COMO ESTRATEGIA PARA EL  
DESARROLLO DE LAS CLASES DE ÁLGEBRA DIRIGIDAS A ESTUDIANTES  
UNIVERSITARIOS**

**Julio F. Benites<sup>(1)\*</sup> y Lucrecia L. Chaillou<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Departamento Físico-Matemático, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, Sgo. del Estero, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): fedebenites@gmail.com

**RESUMEN**

*En este trabajo se presenta la estrategia empleada para el desarrollo de la clase práctica de la unidad Sistemas de Ecuaciones Algebraicas Lineales de la asignatura de primer año Álgebra y Geometría Analítica, que se dicta para la carrera Ingeniería en Alimentos de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la UNSE. Como herramientas didácticas principales para comenzar a desarrollar la competencia genérica de Ingeniería referida a la habilidad de identificar, formular y resolver problemas, se utilizaron la Resolución de Problemas y el Aprendizaje basado en Problemas. Para ello, en la guía de trabajos prácticos se incluyeron situaciones problemáticas relativas a la elaboración industrial de alimentos cuya resolución involucra conceptos teórico-prácticos de los sistemas de ecuaciones y como cierre de clase, para integrar los contenidos desarrollados, se utilizó un problema de balance de materia, considerando materia prima y producto terminado. Se hicieron observaciones de las actitudes de los estudiantes, de la interpretación que hicieron de los problemas, y de las habilidades para seleccionar el método más conveniente, analizar e interpretar los resultados gráficos y numéricos y exponerlo en forma oral. Además, se identificaron las dificultades para la resolución de problemas reales. Se complementó la evaluación del grado de aprendizaje del tema mediante una prueba escrita individual.*

**ABSTRACT**

*This work presents the strategy used for the development of the practical class of the unit Systems of Linear Algebraic Equations of the first-year subject Algebra and Analytical Geometry, which is taught for the Food Engineering career of the Faculty of Agronomy and Agroindustries of the UNSE. Problem Solving and Problem Based Learning were used as main didactic tools to start developing the generic engineering competence referring to the ability to identify, formulate and solve problems. To do this, the practical guide included problematic situations related to industrial food processing whose resolution involves theoretical-practical concepts of equation systems, and as a class closure, to integrate the developed contents, a balance problem between raw material and finished product was presented. Observations were made of: the students attitudes, the problem interpretation, and the abilities to select the most convenient method, to analyze and to interpret the graphic and numerical results and present it orally. In addition, difficulties in solving real problems were identified. The evaluation of the degree of learning of this topic was complemented by an individual written test.*

*Palabras clave: Álgebra, competencias, aprendizaje basado en problemas, sistemas de ecuaciones lineales*

## Introducción

El Consejo de Universidades (CU), integrado por el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) y el Consejo de Rectores de Universidades Nacionales de Gestión Privada (CRUP), aprobó a fines del año 2019 una normativa de regulación de las carreras de Ingeniería que, tomó como referencia el libro sobre los Estándares de Segunda Generación para las carreras de ingeniería de Argentina, que contempla todos los aspectos básicos propuestos por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) para consolidar un Modelo de “Aprendizaje Centrado en el Estudiante” y definir un modelo de educación basado en competencias, contenidos, intensidad de formación práctica y sistema de transferencia de créditos.

Estas competencias son de tres tipos: genéricas y comunes de la Ingeniería, así como también competencias específicas de la carrera universitaria que se considere. Entre las competencias genéricas, la primera se refiere a identificar, formular y resolver problemas de Ingeniería [1].

Existen varias estrategias didácticas para desarrollar esa competencia genérica, entre ellas, se destacan la Resolución de Problemas (RP) y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

La RP consiste en presentar a los estudiantes situaciones problemáticas que se pueden presentar durante el trabajo profesional del Ingeniero que, gradualmente, incluyan más información y complejidad. De esta manera, se intenta desarrollar el pensamiento complejo, promoviendo el desarrollo de estrategias de planificación, organización y gestión de tiempos y recursos para el aprendizaje. Además, se promueve el desarrollo de la competencia genérica asociada a la resolución de problemas que implica utilizar las técnicas, métodos y herramientas de aplicación, trabajar en equipos y aprender en forma continua y autónoma [2].

El ABP es una estrategia didáctica específica en la que los procesos de enseñanza y aprendizaje consisten en presentar a los alumnos problemas reales, de diferente grado de complejidad, para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos. Sus características esenciales, orientadas al desarrollo de competencias son: el aprendizaje centrado en el alumno, el trabajo con grupos pequeños, el docente en el rol de facilitador, la organización y el estímulo para el aprendizaje, y está centrado en los problemas. Entre sus objetivos, se destacan, utilizar estrategias de razonamiento para proponer hipótesis explicativas; identificar necesidades de aprendizaje, y capacitar para trasladar los aprendizajes conseguidos hacia otros problemas [3].

En el Álgebra lineal para Ingenierías, la comprensión de los sistemas de ecuaciones lineales, sus métodos de solución y su aplicación en la resolución de problemas, es uno de los logros más importantes que debería alcanzar el estudiante, puesto que esos sistemas se usan en otras disciplinas tanto durante la etapa universitaria como en la profesional.

En base a lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue: desarrollar las clases teórico-prácticas de Álgebra utilizando la resolución de problemas y el aprendizaje basado en problemas, como estrategias de enseñanza para promover, en estudiantes de Ingeniería, el desarrollo de la competencia genérica referida a la habilidad de identificar, formular y resolver problemas.

## Materiales y Métodos

Este trabajo se desarrolló en la cátedra de Álgebra y Geometría Analítica, asignatura que dicta durante el primer módulo del Primer Año de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), 34 alumnos.

Se seleccionó, del programa analítico de la asignatura, la unidad temática referida a Sistemas de Ecuaciones Algebraicas Lineales (SEAL). Durante el trabajo práctico correspondiente, que se desarrolla en dos clases de 3 y 2 h, se aplicaron las estrategias RP y ABP. Para ello, se presentó a los estudiantes una guía de trabajos prácticos con ejercicios y problemas de aplicación de complejidad creciente referidos a la carrera mencionada. Al comienzo de la clase, el docente presentó una síntesis de los contenidos relevantes del tema, luego se presentó un problema motivador referido a la concentración de jugos de frutas, que se acompañó con un video breve sobre el proceso haciendo hincapié en la funcionalidad e importancia de un evaporador e indicando que estudiarán ese proceso en Operaciones unitarias III, asignatura del ciclo profesional de la carrera.

A continuación, los estudiantes resolvieron individualmente los ejercicios de la guía y en grupo trabajaron con los problemas, actuando el docente como orientador. Como cierre de clase, utilizando el ABP, se presentó un problema de una fábrica de alimentos para celíacos, referido al cálculo de la cantidad de tres productos terminados que podrían fabricarse a partir de cantidades definidas de tres materias primas. Específicamente, se refirió las toneladas de tres premezclas que podrían producirse a partir de cantidades definidas de harinas libres de gluten. Se solicitó a los estudiantes que buscaran información sobre premezclas de harinas, luego, que plantearan el sistema de ecuaciones asociado, seleccionaran el método que consideraran conveniente, resolvieran el sistema de ecuaciones, informaran el resultado numérico, graficaran la solución utilizando

Geogebra, interpretaran tanto el resultado numérico como el gráfico y respondieran a la pregunta del problema. Los estudiantes, en grupo, presentaron sus gráficos y en forma oral discutieron sus resultados. Durante toda la clase se observaron las actitudes de los estudiantes, la interpretación que hicieron de los problemas, y sus habilidades para seleccionar el método más conveniente, analizar e interpretar los resultados gráficos y numéricos y exponerlos en forma oral. Además, se identificaron las dificultades para la resolución de problemas reales.

A modo de complemento de la evaluación del aprendizaje de los contenidos, en el primer parcial se incluyó un problema contextualizado referido a la fabricación de cafés gourmet elaborados a partir de granos provenientes de diferentes países. La resolución correcta de ese problema representó el 35% del puntaje total del parcial

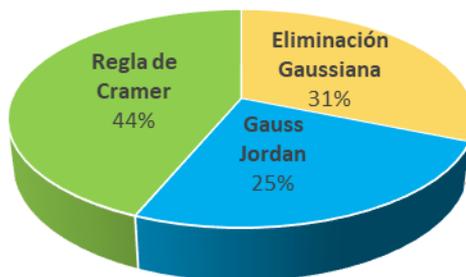
## Resultados

Durante el trabajo práctico, los estudiantes resolvieron en forma individual los ejercicios de la guía, utilizando sus apuntes y realizando consultas al docente a cargo, sobre todo para corroborar el resultado numérico que obtuvieron. Ante las situaciones problemáticas de aplicación referidas a la Ingeniería en alimentos, se observó, en líneas generales, buena aceptación. Si bien, al principio reaccionaron con temor, puesto que piensan que no podrán resolverlos, luego de las explicaciones del docente sobre el tipo de procesos y operaciones unitarias involucradas, lograron interpretarlos y con la orientación del docente pudieron identificar las variables y generar el modelo algebraico del problema. Se observó que a medida que los estudiantes resolvían los problemas, adquirían mayor habilidad para plantearlos y resolverlos.

En el cierre de la clase, trabajaron el problema usado para el ABP, ya que pudieron plantear el sistema de ecuaciones asociado con menos consultas al docente. Lo resolvieron adecuadamente, respondieron a la pregunta del problema y a otras planteadas por el docente. Durante la exposición oral del proceso de resolución, se observó capacidad de: reflexionar, relacionar, inferir, seleccionar el método más conveniente, expresar sus ideas usando lenguaje técnico y de interpretar la solución gráfica y numérica.

Con respecto a los resultados del parcial, que incluyó otros contenidos temáticos, la totalidad de los estudiantes aprobados plantearon el sistema de ecuaciones y sólo un 14% no lo resolvió correctamente. De los estudiantes desaprobados, el 75% no escribió el sistema asociado al problema y de aquellos que lo escribieron, el 10% llegó a la solución.

Se observó que los estudiantes seleccionaron tres métodos de resolución: Regla de Cramer, Eliminación Gaussiana y Método de Gauss-Jordan. El porcentaje de preferencias se presenta en la Figura 1.



**Figura 1.** Preferencias de los estudiantes por tres métodos de resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas lineales

Se detectó que los errores que cometen los alumnos cuando aplican alguno de los métodos de resolución se deben a que operan mal algebraicamente durante la reducción de la matriz ampliada asociada al sistema mediante operaciones elementales por filas y si aplican la Regla de Cramer, calculan incorrectamente los cofactores de los determinantes involucrados.

## Discusión

Durante el trabajo práctico se observó que los estudiantes de primer año, si bien resuelven ejercicios, son temerosos cuando deben resolver problemas, esto está relacionado con las dificultades que tienen para la comprensión cualitativa del problema, esto también se evidenció en los parciales, puesto que se localizaron problemas en la transición, no solamente del lenguaje verbal al algebraico, sino también del pensamiento aritmético al algebraico. Esto podría deberse a que los alumnos presentan dificultades cuando intentan realizar una lectura analítica de los enunciados verbales y obstáculos en el proceso de traducción de los lenguajes natural, aritmético y geométrico al lenguaje algebraico. Estas dificultades podrían surgir como consecuencia del desarrollo incompleto del pensamiento algebraico que les permita comprender el concepto de variable, sus diferentes aspectos y usos. Además, muchos estudiantes no pueden identificar la estructura general del problema a partir de las cantidades (conocidas y desconocidas) como tampoco la relación entre ellas. El problema de aplicación usado durante el ABP permitió la integración de los nuevos conocimientos y que los estudiantes pudieran justificar la selección del método de resolución, así como discutir el resultado numérico e interpretarlo.

Con respecto a que la Regla de Cramer es el método más elegido por los alumnos puede deberse a que trabajaron con determinantes en el trabajo práctico inmediato anterior elección debido a que es un tema con el que se trabaja en el Trabajo práctico de Determinantes, inmediatamente anterior, por lo tanto, están familiarizados con el cálculo de los mismos y a que durante el curso de ingreso y en el nivel medio, utilizaron esta regla para resolver sistemas de dos ecuaciones con dos incógnitas. El segundo método preferido es Eliminación Gaussiana, probablemente, porque se trabaja con la mitad de operaciones elementales por filas que las requeridas en Gauss-Jordan y en el segundo paso se emplea sustitución de variables, aspecto que hace al método más sencillo.

## Conclusiones

Las estrategias de resolución de problemas y aprendizaje basado en problemas permitieron que los estudiantes enfrentaran situaciones problemáticas propias de la industria de alimentos que se resolvieron aplicando los conceptos de matrices, determinantes y sistemas de ecuaciones algebraicas lineales, que se desarrollaron en las clases de Álgebra Lineal y Geometría Analítica. Esto permitió que los alumnos comprendan la importancia de la asignatura, integren los contenidos previos y actuales, y que comiencen a desarrollar la competencia referida a la habilidad de identificar, formular y resolver problemas, utilizando estrategias de solución eficientes y efectivas, aplicando el contexto conceptual para el análisis y la resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas lineales, identificando diferentes métodos de resolución y comparando las diferencias conceptuales de estos métodos.

## REFERENCIAS

1. CONFEDI, “Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina”, 2018, CONFEDI.
2. A. Mastache, “Formar personas competentes, 2007, Noveduc libros
3. C.A. Rodríguez and J.M. Fernández-Batanero, “A review of Problem-Based Learning applied to Engineering”, *EduRe Journal: International Journal on Advances in Education Research*, Vol. 3 (2016), p. 14-31.

## CALIBRACIÓN DE UN SENSOR PIRANI

Cabalín, Analía<sup>(1)</sup>; Almeda, Pablo<sup>(1)</sup>; Alastuey, Patricio<sup>(2)</sup> y Gómez Marigliano, Ana Clelia<sup>(3)</sup>

(1) Dto. de Física – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Universidad Nacional de Tucumán.

(2) Nanoproject - LNPD, Dto. de Física – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Universidad Nacional de Tucumán INFINOA (CONICET – UNT).

(3) Laboratorio de física aplicada, Dto. de Física – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Universidad Nacional de Tucumán INFINOA (CONICET – UNT).

\*Correo Electrónico: [agomezmarigliano@herrera.unt.edu.ar](mailto:agomezmarigliano@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

Se realizó la calibración de un sensor Pirani de medición de vacío utilizando un sensor analógico. Se midió el vacío en la boca de una bomba mecánica de doble paleta conectada a ambos sensores simultáneamente y se obtuvo una serie de valores de presión en función del voltaje con los cuales se construyó una curva de calibración.

### ABSTRACT

Calibration of a Pirani vacuum measurement sensor was performed using an analog sensor. The vacuum was measured at the mouth of a double vane mechanical pump connected to both sensors simultaneously and a series of pressure values as a function of voltage was obtained with which a calibration curve was constructed.

Palabras clave: calibración, sensor pirani, sensor analógico, vacío

Keywords: calibration, pirani sensor, analog sensor, vacuum

### INTRODUCCIÓN

El medidor de Pirani, diseñado en 1906, nos permite medir la presión a través de la variación de la conductividad térmica del gas [1]. Este dispositivo consta de un filamento metálico suspendido en un tubo en el sistema de vacío y conectado a una fuente de voltaje o corriente constante. El alambre puede ser de tungsteno u otro material cuya resistencia varía significativamente con la temperatura. Al aumentar el vacío, se reduce la pérdida de calor por conducción a través del gas, aumenta la temperatura y la resistencia del conductor, que se mide con un dispositivo adecuado.

La característica principal de este tipo de vacuómetros térmicos suele ser que el filamento es una de las cuatro resistencias de un puente Wheastone. Para una presión determinada se obtiene una resistencia del filamento que mantiene el puente balanceado.

Cualquier cambio de presión hace que la temperatura del filamento, y por lo tanto la resistencia eléctrica, varíen y que el puente se desbalancee. [2]

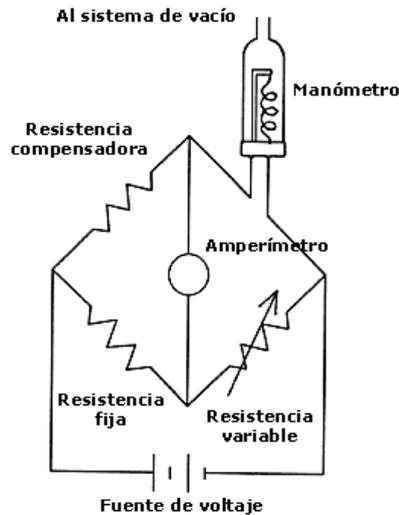


Figura 1: Esquema que muestra como el filamento del Pirani forma parte de un puente Wheastone [3]  
 En este trabajo, se realizó la calibración de un sensor de tipo Pirani, utilizando como patrón un sensor analógico calibrado previamente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Selección del material

Se dispone de una bomba de vacío mecánica de doble paleta “LEYBOLD D2”. El proceso de evacuación del aire del sistema hasta llegar a unos 10 mbar necesita un tiempo aproximado de 2 minutos (vacío medio). Dado que se pretendía en un principio calibrar el instrumento en un amplio rango de presiones (4 mbar a 1000 mbar), limité el flujo de aire al ventear el sistema con una llave mariposa para aumentar el tiempo que demoraba el sistema en volver a la presión atmosférica con el fin de obtener un registro más certero del proceso. Una de las dificultades que se tiene en este tipo de arreglo, es que al ser una bomba mecánica tiene partes móviles en contacto que presentan fricción, y por tanto se calienta con facilidad, limitando los tiempos de trabajo. Para ello se realizó una prueba piloto en la cual solo se consideró el tiempo de funcionamiento de la bomba, hasta que este llegara a una temperatura de corte, con los fines de cuidar al equipo, y aplicando un factor de seguridad concluimos que el tiempo de funcionamiento de la bomba no podría superar los 20 minutos una vez encendida. Conectando, a través de una llave mariposa que permite ventear, la bomba a un tubo conector de vidrio en forma de T, que nos permite medir al mismo tiempo la presión del sistema con ambos sensores.

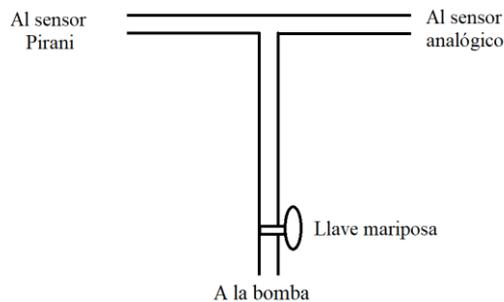


Figura 2. Conector T usado para medir simultáneamente con dos sensores.  
 Se utilizó un sensor analógico, con un rango de 1000 mbar a 2 mbar, que abarca el rango del vacío que puede producir la bomba con la que contamos, y un sensor tipo Pirani. En vez del galvanómetro que se muestra en la figura 1 se utilizó un multímetro modelo DT-890 “G”, que conectado al circuito eléctrico, muestra una lectura de la tensión entre estos puntos, producto de la corriente que circula.  
 Finalmente se comparó la tensión con respecto a la presión obtenida experimentalmente por ambos sensores con sus respectivas incertidumbres, con la finalidad de encontrar la mejor curva de calibración.

## RESULTADOS

### Curva de calibración

Se midió la variación de la tensión en el sensor Pirani en función de la presión indicada en el sensor analógico. Dicha medición se realizó tres veces para controlar la repetitividad. Se observó que el vacío final mejoraba en cada ciclo de medición. Esto puede deberse a que en los sucesivos ciclos no se abría el sistema a la atmósfera, y por lo tanto en cada ciclo se evacuaba del sistema una fracción del vapor de agua atmosférico del mismo.

A partir de esas mediciones se determinó el mejor valor para cada variable, y sus respectivas incertidumbres. En el caso de la presión, se tomó la apreciación del instrumento como incertidumbre, ya que las mediciones se hicieron a partir de un video, y la resolución de este fue suficiente como para tomar esta única incertidumbre. En el caso de la tensión de en sensor Pirani, se calculó la incertidumbre a partir de la expresión brindada por el manual del multímetro usado:

$$e_{\min} = \pm(0,8\%+2) \quad (1)$$

Se fijaron los valores de presión para tomar los valores de cada medición, por lo tanto, se obtuvo variaciones sólo en la tensión del sensor Pirani. Debido a esto se determinó también el error cuadrático medio del promedio ( $E_{CM}$ ) para estos valores, y se sumó este con el error mínimo provisto por el instrumento.

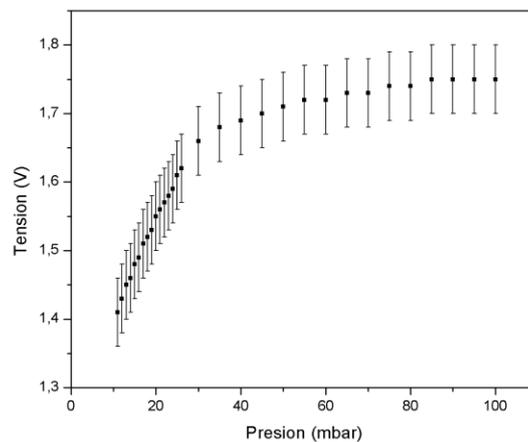
$$\Delta V = e_{\min} + E_{CM} \quad (2)$$

En el caso de la presión, el error proviene de la apreciación del instrumento en cada rango, el cual los manómetros utilizados una apreciación de 0,1 a 0,5 mbar respectivamente.

$$\Delta P = Ap_{\text{instrumento}} \quad (3)$$

A partir de estos valores se graficó primero la tensión en función de la presión, ya que de esta manera se observa mejor la relación funcional entre ellas (Gráfica 1).

En la gráfica 1 se pudo observar que hay por lo menos dos zonas donde se podría hacer un ajuste lineal. Este tipo de ajuste permite determinar de manera más sencilla la relación entre la presión y la diferencia de potencial eléctrico que mide en sensor Pirani. Por ello se procedió a realizar dichos ajustes en cada zona, pero en este caso las gráficas se realizaron colocando la presión en función del voltaje, así los parámetros de la curva de calibración permiten el cálculo directo de la presión medida por el sensor Pirani.



Gráfica 1 Tensión en el sensor Pirani, versus Presión del sensor analógico

Entre los 10 mbar y los 30 mbar se obtuvieron los siguientes parámetros ajustando los puntos de la gráfica 2:

$$V = a + b.P \quad (4)$$

$$V = 1,3V + (0,013V/mbar).P \quad (5)$$

$$a = 1,3V \quad (6)$$

$$b = 0,013V/mbar \quad (7)$$

$$R^2 = 0,99 \quad (8)$$

Entre los 30 mbar y los 70 mbar se obtuvieron los siguientes parámetros ajustando los puntos de la gráfica 3:

$$V = a + bP \quad (9)$$

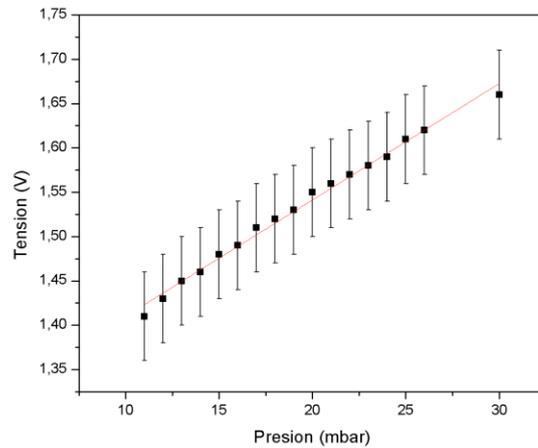
$$V = 1,6V + 0,02V/\text{mbar} \cdot P \quad (10)$$

$$a = 1,6V \quad (11)$$

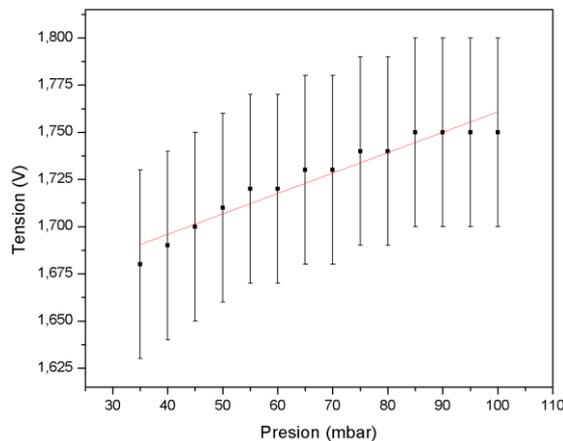
$$b = 0,02V/\text{mbar} \quad (12)$$

$$R^2 = 0,97 \quad (13)$$

A partir de los 70 mbar los puntos tienden asintóticamente a un valor constante de 1,76 V, lo que nos indicaría el final de la zona de validez de la calibración.



Gráfica 2: Tensión en el sensor Pirani versus Presión del sensor analógico (10 mbar a 30 mbar).



Gráfica 3 Tensión en el sensor Pirani versus Presión del sensor analógico (30 mbar a 70 mbar)

## CONCLUSIONES

Se realizó la calibración de un sensor tipo Pirani en el rango de 100 mbar a 10 mbar.

Se encontraron dos zonas donde los puntos pueden ajustarse linealmente.

La primera zona va desde los 10 mbar a los 30 mbar, y la calibración tiene una tolerancia de alrededor del 2%.

La segunda zona está en el rango de 30 mbar a los 70 mbar, con una tolerancia de alrededor del 9%.

A partir de los 70 mbar el valor de tensión del sensor Pirani deja de variar apreciablemente para el aumento de presión lo cual es consistente con la bibliografía [3]

## REFERENCIAS

1. B. R. de Jong, W. P. Bula, D. Zalewski, J. J. van Baar y R. J. Wiegerink, "Pirani pressure sensor with distributed temperature measurement" *SENSORS, 2003 IEEE* (2003), p. 718-722.
2. Talledo, A., "Tecnología de Alto Vacío: Herramientas básicas para el desarrollo industrial"; 2013, Guzlop Editoras, 2013.
3. Xuefang Wang et al., "A micro-machined Pirani gauge for vacuum measurement of ultra-small sized vacuum packaging", *Sens. and Act. A*, Vol. 161, Iss 1-2, (2010), p. 108-113.

## MÉTODO PARA EL ESTUDIO DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN ALTA TEMPERATURA EN ALEACIONES METÁLICAS

Javier A. Moya<sup>(1)\*</sup>, Diego L. Rincón<sup>(1)</sup> y Carlos Berejnoi<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Grupo Interdisciplinario en Materiales, INTECIN UBA-CONICET, IESIING, Universidad Católica de Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta / CIUNSa.

\*Correo Electrónico (Javier Moya): [jmoya@ucasal.edu.ar](mailto:jmoya@ucasal.edu.ar)

### RESUMEN

*Se presenta una novedosa técnica para el estudio de propiedades mecánicas en alta temperatura en aleaciones metálicas. La técnica presenta la ventaja de usar pequeñas cantidades de muestras, de usar un equipo relativamente simple y de proveer una gran cantidad de datos en un único experimento, entre otras. En este trabajo, se realizaron estudios sobre un alambre de acero SAE 1070 determinando su tensión de fluencia y de ruptura en temperatura, y comparando los datos con datos en la literatura.*

### ABSTRACT

*A novel technique for the study of high-temperature mechanical properties in metallic alloys is presented. The technique has the advantage of using a relatively simple device, small amounts of samples, and providing a large amount of data in a single experiment, among others. In this work, studies were carried out on SAE 1070 steel wire, determining its yield and rupture stress at temperature, and comparing the data with data in the literature.*

*Palabras Clave: Propiedades mecánicas, Aleaciones metálicas, Deformación, Recocido.*

### Introducción

El estudio de las propiedades mecánicas en alta temperatura requiere generalmente de elevados costos, grandes equipamientos y de vastas cantidades de material para la fabricación de probetas a ensayar. En este trabajo presentamos una nueva técnica para el estudio de propiedades mecánicas en alta temperatura. Esta técnica —denomina JHS3— se basa en trabajos previos destinados al estudio magnético, eléctrico y mecánicos de aleaciones amorfas metálicas, y usa pequeñas probetas en forma de alambres, hilos o cintas metálicas que son calentadas por efecto Joule mediante la inyección de una corriente eléctrica a través de la muestra [1], [2]. Para el presente trabajo, se ha contruido un prototipo especial del primer prototipo de JHS3 orientada para el estudio de propiedades mecánicas.

### Materiales y Métodos

Para el estudio de propiedades mecánicas en alta temperatura, se usó una versión mejor adaptada para altas cargas y para propiedades mecánicas de un equipamiento desarrollado previamente [1], [2]. El equipo consta de un par de mordazas que sujetan la muestra y que, a la vez, sirven para inyectar la corriente de tratamiento térmico de recocido,  $I_{ann}$ , y para determinar la resistencia eléctrica de la muestra. La tensión de tracción es generada con una carga mecánica constante mediante un sistema de palanca. Los cambios en la longitud de la

muestra son determinados usando un sensor de desplazamiento tipo LVDT posicionado solidariamente con la muestra. La temperatura de la muestra se midió con un pirómetro óptico de dos colores (Metis M3, de Sensortherm). Si bien los pirómetros de dos colores son más precisos que los tradicionales, en la actualidad poseen la limitación técnica de que el inicio de su rango de medición se encuentra alrededor de los 400 °C, como en nuestro caso (un segundo pirómetro de un color será acoplado al de dos colores para completar el rango a temperaturas más bajas, en futuros trabajos). La  $I_{ann}$  es proporcionada por una fuente de potencia (Kepco BOP 200W). La adquisición de los datos de los sensores y el control de la  $I_{ann}$  se realizaron mediante un programa desarrollado en Labview, y una tarjeta adquisidora ELVIS II+ de National Instrument. El equipo está provisto, además, de una campana de vidrio para poder realizar los ensayos bajo una atmósfera controlada, aunque en estos estudios se hayan realizado en atmósfera de aire. La Fig. 1 muestra un esquema del equipo utilizado junto con sus periféricos.

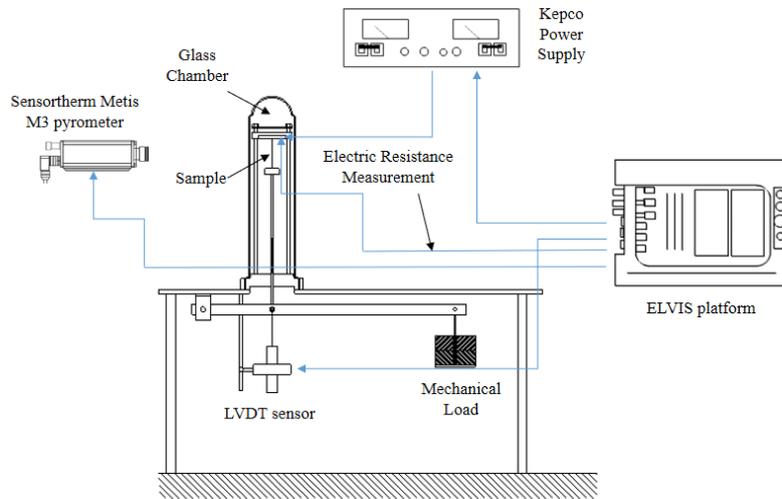


Fig. 1: Esquema del equipo y sus periféricos

La técnica presentada en este trabajo consiste en realizar, sobre una misma muestra (en forma de alambre) sometida a una carga mecánica constante, unos ciclos de calentamientos de amplitud cada vez mayores hasta lograr la ruptura de la misma (bajo la acción combinada de la carga mecánica y de la temperatura). En la Fig. 2 se presente un ejemplo de 10 ciclos de calentamiento, desde una  $I_{ann}$  inicial de 3.5 A hasta un máximo de  $I_{max}$  4.0 A el primer ciclo, e incrementando la  $I_{max}$  (en la figura) hasta un valor de 4.45 A con pasos de 0.05 A. Entre ciclo y ciclo, se daba un tiempo para el enfriamiento correcto de la muestra hasta temperatura ambiente (15 s en nuestro caso).

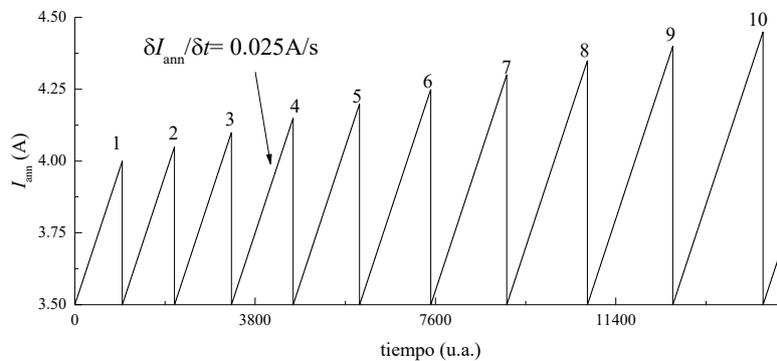


Fig. 2: Ejemplo de ciclos de calentamiento utilizado

Para los ensayos se utilizó un alambre de acero SAE 1070 de 0.4 mm de diámetro. Las probetas tenían un largo de ~15 mm y las cargas mecánicas empleadas proporcionaron unas tensiones de 56, 68, 98, 128, 176 y 189 MPa sobre la muestra. La tasa de incremento de la  $I_{ann}$  hasta alcanzar  $I_{max}$  fue, en todos los casos, de 0.025 A/s, lo que resultaba en una velocidad de calentamiento de unos 13 °C/s.

### Resultados y Discusión

La Fig. 3 muestra la adquisición de datos del set de ciclos realizados bajo la carga de 68 MPa a modo de ejemplo. Se puede observar que en cada ciclo la resistencia eléctrica (Fig. 3 (a)) no presenta variaciones apreciables con nuestro instrumental y cada ciclo se superpone al siguiente. En el caso de las mediciones de  $\Delta L/L$  (Fig. 3(b)), sí es observable que, en cada ciclo, la probeta se deforma plásticamente un poco más que el ciclo anterior, evidenciado por el hecho de que el nuevo ciclo inicia con valores un poco más alto que el anterior. Así mismo, la medición de la temperatura (Fig. 3(c) y figura insertada) muestra que cada ciclo necesita una  $I_{ann}$  cada vez mayor para el calentamiento, producto de la evolución de la muestra.

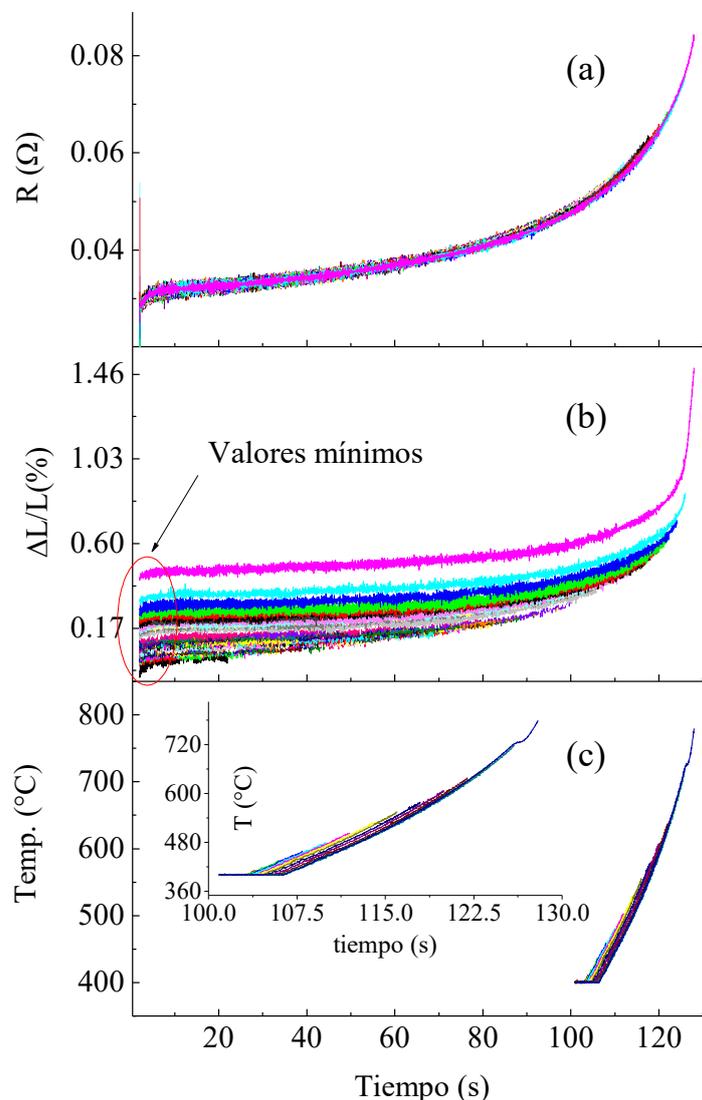


Fig. 3: Datos de los ciclos realizados a la probeta con carga de 68 MPa

El método consiste en tomar los valores de inicio de cada curva de la variación de  $\Delta L/L$  de la Fig. 3(b) que representan la deformación permanente debido a la carga aplicada hasta una temperatura máxima dada por el ciclo anterior, y confrontarlo con la temperatura del ciclo anterior (que, repetimos, es el ciclo en donde se produjo esa deformación permanente). De esta forma evitamos los efectos de las deformaciones elásticas debido ya sea a la temperatura (dilatación térmica) como al cambio del valor del módulo de Young por efecto de la temperatura.

Los resultados de los estudios realizados a distintas tensiones de carga se muestran en la Fig. 4 (a). Tomando el valor de  $\Delta L/L=0.2\%$  para cada carga y la temperatura correspondiente a ese valor, es posible realizar el gráfico de la Fig. 4(b) en donde el valor de tensión que produce esa deformación permanente de  $\Delta L/L=0.2\%$  es considerado como la tensión de fluencia. En forma similar, tomando la temperatura a la cual cada ensayo finaliza con la ruptura del material, es posible inferir la tensión de ruptura para cada temperatura y para cada carga.

En la misma Fig. 4(b), hemos incorporado el dato de la tensión máxima en temperatura para un acero al carbono obtenido de la literatura [3] a modo de comparación. Asimismo, hemos trazado con líneas de puntos la extrapolación sugerida a nuestros datos para temperaturas menores a los 400 °C que será validado en futuros trabajos. Entre los datos extra que se obtienen con el mismo experimento están: el coeficiente de temperatura de la resistencia eléctrica, el coeficiente de dilatación térmica y la velocidad de deformación del material que serán discutidos en futuros trabajos.

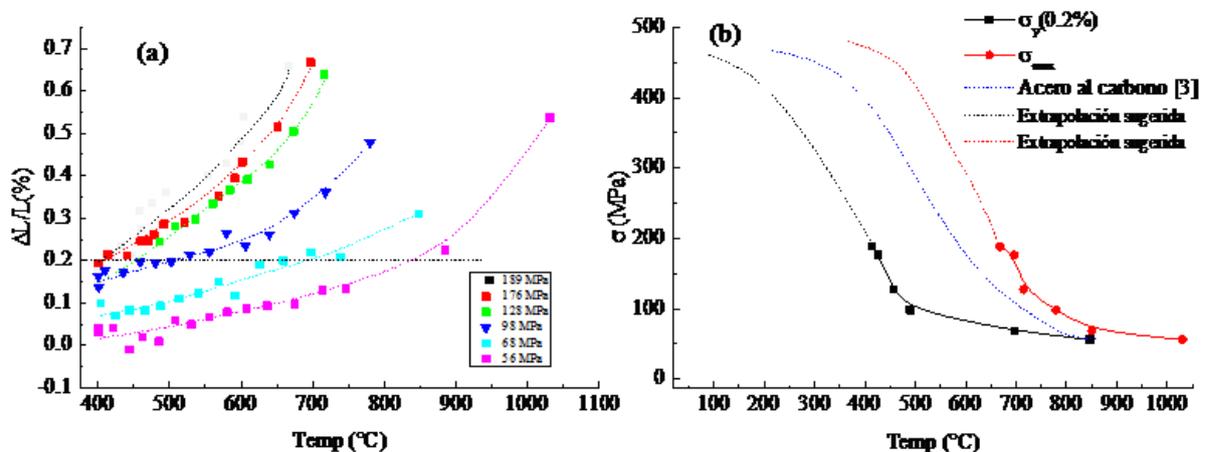


Fig. 4. (a) Resultados de  $\Delta L/L$  obtenidos a temperatura ambiente luego de cada ciclo a la temperatura indicada. (b) Tensión de fluencia y de ruptura en función de la temperatura obtenida de la Fig. 4(a) y curva de tensión máxima para un acero al carbono [3]

## Conclusiones

El método propuesto en principio proporciona resultados correctos, pero al tratarse de un método disruptivo necesitaremos de más validaciones. No obstante, todas las ventajas que presenta como el uso de pequeñas cantidades de nuestras, como la eficiencia del método de calentamiento, la simpleza del equipo, y la gran cantidad de datos y experimentos posibles, hacen de esta técnica un método prometedor para el estudio de materiales y merecedor de más estudios.

## REFERENCIAS

1. J.A. Moya, "Joule heating scanning structure system"; Rev. Sci. Instrum. 87 (2016) 085116. <https://doi.org/10.1063/1.4961472>.
2. J.A. Moya, S. Gamarra Caramella, C. Berejnoi, "Evolution of soft magnetic, mechanical and electrical properties measured simultaneously during annealing of rapidly solidified alloys"; J. Magn. Mater. 476 (2019) 248–253. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2019.01.008>.
3. J.R. Davis, ASM International, eds., "Heat-resistant materials"; 1997, ASM International, Materials Park, Ohio.

## LEGISLACIÓN MINERA Y LA INDUSTRIALIZACIÓN SOSTENIBLE EN JUJUY

Valdiviezo Corte C<sup>(1)\*</sup>, Lorenzone V.<sup>(1)</sup>, Lorenzone M.<sup>(1)</sup>, Córdoba A.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Jujuy, Argentina.

Av. Bolivia 1239, Jujuy, Argentina.

\*Correo Electrónico: [cvaldiviezo@fi.unju.edu.ar](mailto:cvaldiviezo@fi.unju.edu.ar)

### RESUMEN

La legislación minera más antigua de América Latina es la de Argentina. El Código de Minería de Nación fue promulgado en el siglo XIX y aunque obviamente experimentó una serie de modificaciones, desde entonces las más relevantes para estimular la inversión privada y proteger el medio ambiente, fueron las realizadas durante la década de los noventa en adelante. El presente trabajo tiene como objetivo determinar si la Provincia de Jujuy promueve la industrialización de minerales de forma sostenible. Para ello se analizará la normativa nacional y provincial a fin de determinar si se llevan a cabo políticas de industrialización con criterios de sostenibilidad que aseguren que la actividad minera podrá impactar positivamente en el desarrollo económico y social de Jujuy.

Palabras clave: minería, industrialización sostenible, legislación minera

### ABSTRACT

The oldest mining legislation in Latin America is that of Argentina. The National Mining Code was promulgated in the 19th century and although it obviously underwent a series of modifications, since then the most relevant to stimulate private investment and protect the environment were those carried out during the 1990s onwards. The objective of this work is to determine if the Province of Jujuy promotes the industrialization of minerals in a sustainable way. For this, the national and provincial regulations will be analyzed to determine if industrialization policies are carried out with sustainability criteria that ensure that the mining activity can have a positive impact on the economic and social development of Jujuy.

Keywords: mining, sustainable industrialization, mining legislation

### Introducción

La legislación minera más antigua de Latinoamérica es la de Argentina. El Código de Minería de nuestra Nación fue promulgado en el siglo XIX y aunque obviamente experimentó una serie de modificaciones desde entonces, puede considerarse las que se realizaron en los años 1993 y 1995 como las más profundas, con el objeto de estimular la inversión privada y proteger el medio ambiente. (Chaparro, 2002). Por su sistema federal, el dominio es ejercido tanto por el Estado Nacional como por las Provincias, quienes otorgan las concesiones. Una característica singular de la legislación minera de este país es la admisión sólo por excepción de la posibilidad que el Estado realice directamente labores de explotación. En Latinoamérica, los países de la región promueven su desarrollo basado en la explotación de sus recursos naturales y en algunos casos con la promoción de la desregularización ambiental para mejorar la competitividad de los países productores de minerales (Sabat, 2008). Varios estudios sostienen que las legislaciones nacionales se han mostrado generalmente blandas porque los parámetros de sostenibilidad se enfocan en

cumplir regulaciones mínimas y se asignan bajas responsabilidades a las empresas mineras (McLellan et al., 2009).

Durante la década del 90' se produjo un fuerte cambio en la institucionalidad minera a nivel nacional, bajo la premisa de otorgar previsibilidad y reglas claras a una actividad con elevado riesgo geológico y vida útil limitada. El nuevo perfil minero de Argentina se articuló en torno a la Ley de Inversiones Mineras (N°24.196), cuyo principal aspecto es la estabilidad fiscal para proyectos mineros, a partir de su factibilidad, e incentivos fiscales adaptados a las particularidades de la actividad, además procura incentivar la actividad generando fuentes de trabajo y asentamientos estables en zonas alejadas, fronterizas y por lo general de escaso desarrollo. Con el fin de armonizar la actividad a nivel federal surgen la Ley de Reordenamiento Minero (N°24.224) que dispone el cateo geológico regular y sistemático del territorio argentino a fin de inventariar los recursos naturales no renovables y estimular las inversiones y la preservación del medio ambiente; el Acuerdo Federal Minero (Ley N°24.228) que afianza el papel de los Gobiernos Provinciales como administradores del Patrimonio Minero de sus respectivos Estados, acuerdo celebrado entre el Poder Ejecutivo Nacional y los gobernadores de Provincia; además se sanciona la Ley de Protección Ambiental (N°24.585), que se incorpora al Código de Minería y el texto ordenado del Código Minero (Decreto N°456/1997), entre las principales normativas incorporadas.

Debido a que el desarrollo sostenible es inseparable del manejo racional de los recursos naturales, incluidos los ambientales y por supuesto los minerales e hidrocarburos, la industria extractiva debe impactar la dinámica del desarrollo y contribuir a elevar el nivel de vida de la población, por lo que se hace necesario contar con políticas gubernamentales y estrategias corporativas en las áreas económica, minera y ambiental que propicien y garanticen los recursos humanos, financieros y tecnológicos para que las actividades de búsqueda y explotación de minerales tengan una mayor contribución en términos de empleo, salud, educación y bienestar, de manera generalizada y sostenible. El desarrollo de prácticas productivas que incluyan la dimensión económica, social y ambiental de las operaciones extractivas ha estado como agenda sostenible desde hace 40 años (Worrall et al., 2009; Dubiński, 2013). Más aún, debido a la creciente preocupación global por la crisis climática y los efectos negativos de la minería sobre el ambiente, y las denuncias de violaciones a los derechos humanos (IIED y WBCSD, 2002), la industria minera ha buscado promover un marco de sostenibilidad dentro de sus actividades.

## **Materiales y Métodos**

A fin de saber si la Provincia de Jujuy cuenta con una normativa que promueva la industrialización sostenible, se tornó necesario conocer los antecedentes y a partir de allí, se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo que se plasma en el Cuadro N°1, recurriendo como material para el presente trabajo, a la legislación nacional y provincial vigentes, para ser contrastada con la de Bolivia y a partir de allí determinar si se han generado las políticas que promuevan la sostenibilidad minera de forma económica y social. Si bien Chile fue el precursor en cuanto a reforma de la legislación minera durante la década de los noventa, en Bolivia, a la reforma del Código de Minería de 1965, realizada en 1991, ha seguido la abrogación de aquél y la promulgación de un nuevo Código de Minería en 1997. Estos países competidores en la región han heredado al igual que Argentina el sistema regaliano compartiendo gran parte de su historia legislativa minera. Ambos países tienen franjas mineras metalíferas asociadas y junto a Chile, forman parte del triángulo del litio. En esta región se comparte un ambiente con características tectónicas, volcánicas y climáticas, además de encontrarse los salares y salinas con su endorreísmo y termalismo asociado, que tienen las condiciones necesarias para la formación y preservación de los depósitos evaporíticos y el enriquecimiento de elementos en la salmuera, de elementos como el litio y el potasio.

Por lo tanto, conocer la normativa minera de Bolivia nos permite conocer y comparar reglamentaciones a situaciones mineras similares a la de Argentina y específicamente en Jujuy.

## Resultados y Discusión

A continuación, se revisan los principales marcos normativos y convencionales nacionales y provinciales y se contrastan con lo normado en Bolivia, y a partir de allí, se sientan las bases para la construcción de indicadores de sostenibilidad en la industria minera.

En el Cuadro N°1 se realiza una síntesis de las normas nacionales y provinciales, principales marcos normativos que abarcan las políticas públicas llevadas a cabo, para considerar si se promueve la sostenibilidad en la industria minera.

**Cuadro N°1: Normativas nacionales y provinciales. Elaboración propia**

Tema de la norma	Tipo de norma	Contenido de la normativa
<b>Promoción industrial en la Constitución</b>	<b>Nacional</b>	<b>Art.75 inc. 18:</b> Congreso promueve las industrias y el establecimiento de nuevas industrias. <b>Art. 41:</b> Concepto de desarrollo sostenible
	<b>Provincial</b>	<b>Art. 72 inc. 4:</b> Propone dictar una ley para impulsar la minería y establecimiento de plantas industriales
<b>Leyes de Exenciones impositivas y beneficios fiscales</b>	<b>Nacionales</b>	<b>Ley 24196/1993:</b> Establece para la actividad minera treinta (30) años de estabilidad fiscal desde la presentación del estudio de factibilidad (art. 8), deducción del 100% del impuesto a las ganancias en cuanto actividades de exploración (art. 12) y exenciones a las utilidades de las actividades mineras (art. 14), exención a los derechos de importación (art. 21). Para la obtención de la estabilidad fiscal, la autoridad de aplicación es la Secretaría de Minería de Nación (art. 24).
	<b>Provinciales</b>	<b>Código Fiscal: Ley 5791:</b> Reduce al 2% la regalía minera en caso de industrialización minera (art. 347) y <b>Decreto 9324-P-2011</b> <b>Ley 5290:</b> Establece la exención de impuesto de ingreso brutos a las empresas mineras de prospección, extracción y procesos industriales subsiguientes. <b>Ley 5670:</b> Promueve la creación de parques industriales y servicios en Palpalá, Dr. M. Belgrano, Perico entre otras localidades. <b>Ley 5922:</b> Promueve inversiones en aprovechamiento sustentable de los recursos naturales: exenciones impositivas en ingresos Brutos, de Sellos e Inmobiliario y reintegros impositivos como hasta el 50% en contribuciones a la seguridad social, 80% de impuesto a las Ganancias.
<b>Leyes de protección ambiental para industrialización minera</b>	<b>Nacionales</b>	<b>Art. 41</b> Constitución Nacional: Establece el derecho a un ambiente sano. <b>Ley 25675</b> Principios de derecho ambiental y seguro ambiental. <b>Ley 26.639:</b> protección de los glaciares y del ambiente periglacial <b>Ley 26.331:</b> protección de bosques nativos <b>Ley 26190</b> y modificatoria <b>Ley 27191:</b> energías renovables
	<b>Provinciales</b>	<b>Ley 5063</b> y <b>Decreto Reglamentario N°5980/06:</b> regula la actividad industrial minera, si está a más de 100 km donde se encuentra el yacimiento <b>Decreto 5772-P-2010:</b> se aplica si la actividad industrial minera, está a menos de 100 km del yacimiento <b>Ley 5904</b> modificada por <b>ley 5916</b> de adhesión <b>ley 26190</b> y modificatoria <b>ley 27191:</b> regula el consumo de energía eléctrica: más de 300 kw de energía eléctrica, deberá prever que el 20 % de ese consumo provenga de energías renovables para el año 2025
<b>Leyes de promoción industrial de minerales específicos</b>	<b>Provinciales</b>	<b>Ley 5591/2008</b> y <b>Decreto Reglamentario N° 2217- DEyP/ 2016:</b> industrialización de materiales pétreos y terrosos para ser utilizado en la construcción de obras públicas <b>Ley 5670/2010</b> de Creación y Funcionamiento de Agrupamientos Industriales y de Servicios; <b>Decreto Provincial N° 7626/2011:</b> creación de JEMSE <b>Ley 5674/2011;</b> <b>Decreto Provincial N° 7592/2011</b> y <b>Decreto Acuerdo N° 9194-DEyP/2019:</b> declara reservas minerales que contengan litio como recurso mineral estratégico de la provincia de Jujuy

En las legislaciones se establece que el estado es el ente rector sobre el manejo de los recursos mineros del subsuelo y estos recursos son administrados de acuerdo con los contextos de cada país. Así en el caso de Argentina se incorpora el uso del Estudio de Impacto Ambiental para otorgar la licencia ambiental como requisito para la entrega de concesiones.

Se establecen compensaciones por la afectación al ecosistema, pero estas varían desde indemnizaciones económicas, el pago de arriendo o compra del terreno al dueño del suelo mientras que en Bolivia se considera el resarcimiento de los daños a través de un presupuesto operativo para su recuperación. Argentina establece el derecho de compensación, por los pasivos que la minería produzca (art. 41 Constitución Nacional – ambiente sano- y art. 263 del Código de Minería.) y establece la creación de un Registro de infractores ambientales (art. 261 inc. c del Código de Minería) y mantiene un registro de contratistas fallidos en lo ambiental (art 161 de la ley ambiental). Bolivia señala la existencia de responsabilidad ambiental y su reparación (Art 345 Constitución); establece que todo proyecto que implique riesgo o daño ambiental está obligado a realizar previamente una auditoría ambiental de línea base (ALBA) (art 219 Ley). Más aún, en la legislación boliviana, los delitos ambientales no prescriben (art 219 ley). Respecto al uso de energía y el agua, ninguna de las legislaciones revisadas menciona o regula el tema del uso energético en relación con la minería. En general la gestión del agua establece la protección de las cabeceras de cuencas hídricas. Argentina limita el uso de agua para la minería si hay perjuicios en los flujos de agua, y Bolivia permite el aprovechamiento de aguas en el área de las minas, siempre que no vulnere el derecho de agua de consumo humano, riego y caudal ecológico y se cumplan con normas ambientales. Respecto a derechos de poblaciones originarias en Argentina se reconoce el derecho de propiedad de las tierras tradicionalmente ocupadas por los pueblos indígenas en la Constitución (Artículo 75); en el caso de Bolivia las Naciones y pueblos indígena originarios campesinos gozan del derecho a participar en los beneficios de la explotación de minerales en sus territorios (Artículo 19). En el caso específico la Provincia de Jujuy, tiene una amplia normativa de promoción industrial de manera sostenible que puede apreciarse desde la Constitución Provincial, que expresamente lo señala en el Artículo 72 inciso 4, el cual establece que debe dictarse una ley para impulsar la minería y el asentamiento de plantas industriales. Cumpliendo ese mandato constitucional, en el año 2010 se dicta la Ley N°5670 que prevé un régimen de Creación y Funcionamiento de Agrupamientos Industriales y de Servicios, aplicable en todo su territorio. Dicha ley establece la creación de parques industriales en la zona de los valles como Palpalá, Dr. Manuel Belgrano y Perico (artículo 34 Ley N°5670). Ante el auge de esta actividad económica en expansión, se aprueba por Decreto Provincial DPN° 7626/11 la conformación de una sociedad del Estado bajo la denominación de JEMSE (Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado), un emprendimiento estatal que prevé la incorporación de empresas privadas y cuya finalidad excede la exploración y explotación de minerales para promover el desarrollo y tiende a controlar este nuevo tipo de explotaciones. Mediante el Convenio 169 de la Organización Internacional de trabajo, que garantiza los derechos indígenas, se titularizó la propiedad a nombre de las comunidades de tierra lo que permite la consulta previa, libre e informada prevista en el Convenio. (art. 15 y 23 del Decreto Provincial Ambiental Minero N° 5772).

### **Conclusiones.**

Actualmente el desarrollo sustentable debe estar presente en todas las actividades económicas, incluida la actividad minera para satisfacer las necesidades sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones (Naciones Unidas, 1987, p. 43). En esta revisión de legislaciones se puede establecer que, la provincia de Jujuy trabaja para brindar los marcos institucionales para la industrialización con criterios de sostenibilidad en el sector minero, sin embargo, se hace necesario desarrollar herramientas de estandarización de indicadores mineros y transferir criterios de sustentabilidad a las políticas de estado para que sus beneficios alcancen no sólo a la generación presente, sino que dejen un legado que contribuya a la satisfacción de las necesidades de las futuras

generaciones con prácticas que respeten y promuevan el desarrollo comunitario de la provincia de Jujuy y el cuidado del ambiente.

#### **REFERENCIAS**

1. Chaparro E. ISBN: 92-1-322030-8 ISSN: 1680-9017 Copyright © Naciones Unidas, junio de 2002 Todos los derechos reservados N° de venta: S.02.II.G.52 Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile
2. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40159/S1600653\\_es.pdf?sequence=4&isAllowed=](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40159/S1600653_es.pdf?sequence=4&isAllowed=)
3. McLellan, B. C.y otros (2009), “Incorporating sustainable development in the design of mineral processing operations–Review and analysis of current approaches”, *Journal of Cleaner Production*, 17(16), 1414-1425.
4. <https://mineriasustentable.com.ar/contenido/2972/la-industria-minera-como-pilar-del-desarrollo-inclusivo-y-sostenible>

## ESTUDIO TÉCNICO PARA LA TOMA DE DECISIÓN DE UN PROCESO SUSTENTABLE

Amante Lis <sup>(1)\*</sup>, Ceballos Antonella <sup>(1)</sup>, Macarena Vega <sup>(2)</sup> y Julieta Martínez <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Avda. Bolivia 5150, 4400 – Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, INIQUI CONICET. Av. Bolivia 5150, 4400 – Salta, Argentina.

\*[alisantonella97@gmail.com](mailto:alisantonella97@gmail.com)

### RESUMEN

*La producción de biodiesel a partir del aceite vegetal usado (AVUs), provenientes del sector gastronómico, brinda una alternativa sustentable para que la normativa municipal de la Ciudad de Salta disponga de un tratamiento, valorización y disposición final de este residuo gastronómico. El presente trabajo tiene la finalidad de brindar una herramienta de decisión para definir la logística de recolección de este residuo gastronómico. Mediante la identificación de los sectores generadores de este residuo y ubicando puntos de recolección dentro del ejido municipal. De esta manera brindar una solución integral a los diversos problemas ocasionados por la incorrecta disposición de los mismos, aportando sugerencias para que el municipio elabore y adecue sus políticas públicas de la manera más efectiva con el fin de proteger la salud y el bienestar de la población.*

**Palabras claves:** Biodiesel, AVUs, Toma de decisión.

### ABSTRACT

*The production of biodiesel from used vegetable oil (AVUs), from the gastronomic sector, provides a sustainable alternative so that the municipal regulations of the City of Salta have a treatment, recovery and final disposal of this gastronomic waste. The present work has the purpose of providing a decision tool to define the logistics of collecting this gastronomic waste. by identifying the sectors that generate this waste and locating collection points within the municipal ejido. In this way, provide a comprehensive solution to the various problems caused by the incorrect disposal of the same, providing suggestions for the municipality to develop and adapt its public policies in the most effective way in order to protect the health and well-being of the population.*

**Key Words:** Biodiesel, AVUs, Decision Making.

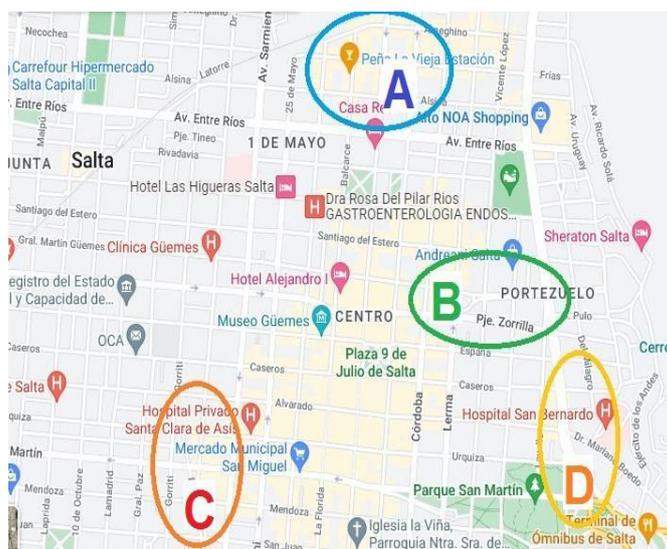
### INTRODUCCIÓN

Actualmente los aceites vegetales tienen gran presencia en la industria alimenticia gastronómica funcionando como medio transmisor de calor, aportando sabor y textura a los alimentos. Una parte importante de estos aceites se utilizan en el proceso de fritura de muchos de los alimentos que conforman un menú en el sector gastronómico; y como muchos de los productos que hacen parte de nuestro diario vivir, los aceites terminan siendo origen de contaminación, debido a que no se ha generado un proceso que permita dirigir los aceites a una disposición final adecuada; que si lo hubiera, podría representar una alternativa de disposición de aceites usados en una producción de biodiesel, pero sin embargo, se debe trabajar en el sistema de identificación y recogida de estos residuos, representando un reto logístico.

A lo que respecta en a la Ciudad de Salta, la falta de disposición final de este residuo gastronómico, tiene como consecuencia vertidos de forma particular al sistema cloacal, o al vertedero municipal, sin ningún tratamiento previo; lo que dificulta el manejo de los líquidos cloacales de una planta depuradora o pudiendo introducir organismos patógenos sobre los cuerpos hídricos receptores, generando perjuicios de diferente naturaleza, tanto sobre la salud pública, sobre el ambiente y sobre la infraestructura de saneamiento básico. Evaluando el contexto anterior, en el presente trabajo se enmarca una serie de capacitaciones y una logística con gran eficiencia y desempeño en la gestión de los residuos para ser desarrollada, con el objetivo de brindar tanto a la sociedad, como al municipio una posible herramienta que permitan ordenar, complementar y desarrollar políticas ambientales y de gestión de residuos de los AVUs (Aceite Vegetal Usado), en armonía con el desarrollo sustentable, y a su vez poder asegurar una participación ciudadana en los temas ambientales y lograr una mejora en la calidad de vida del municipio.

## MÉTODO

Para una gestión de residuos, se debe **analizar la logística de recolección de los AVUs**, de tal manera que es necesario identificar los sectores donde se genera el residuo. Si bien la selección de los establecimientos a relevar y su cantidad, no constituyen una parte porcentual de todos los establecimientos gastronómicos existentes en la ciudad, se tomará como criterio aquellas zonas de la Ciudad de Salta con mayores centros gastronómicos y conforme al Brochure de Turismo Gastronómico de Salta, del año 2018; estos mismos son identificados en un plano de la Ciudad de Salta, tal como muestra la Figura 1:



A Paseo Balcarce B Paseo Güemes C Paseo de los Poetas  
D Avenida del Bicentenario de la Batalla de Salta y Avenida Hipólito Irigoyen

Figura 1: Sectores gastronómicos para el análisis. Fuente: Google Maps.

De acuerdo a los puntos gastronómicos y la cantidad de residuo generado por establecimiento, un posible circuito logístico integrado para la recolección de los AVUs presentaría las siguientes características:

- Recolecta de dos veces por semana (martes y jueves), teniendo en cuenta que, por aproximación, para un generador mediano de este residuo es de 12 litros por semana en cada restaurante gastronómico.
- Por cada zona predeterminada, mediante método del Centro de Gravedad, se localiza los denominados **puntos limpios**, en donde el camión recolector se ubicaría con el personal técnico para recibir los bidones que contienen el AVUs recolectado, los que se disponen en los camiones; así mismo, se entregaría nuevos recipientes para la recolección continua en su establecimiento, los cuales estarán identificados con los logos de los organismos actuantes como así también, de un código de barra para un óptimo control y seguimiento. Tanto para la entrega como la recepción de los bidones, será certificada mediante un documento de comodato entre las partes (empresa de recolección y personal del establecimiento gastronómico), indicando en él: el nombre del comercio gastronómico y ubicación, los códigos de los recipientes, tanto aquellos llenos de AVUs como los de nuevo acopio, datos del personal del establecimiento, y la cantidad en litros del aceite vegetal usado.

- Los recipientes son fabricados de plástico polietileno (material resistente) con 0,255 kg de peso y con capacidad de recolección de 5 litros del residuo gastronómico, de manera que para cubrir con la estima de generación de AVUs, la entrega a cada local gastronómicos será de 3 bidones para su correcta recolección.
- El vehículo para el transporte de los bidones de AVUs, es un camión tipo sencillo con capacidad real de 2.200 kg. Si se considera que la carga del camión, se realiza hasta un 90 % (2.000 kg), para ello se necesitaría 393 bidones (llenos, cada bidón pesa 5,06 kg), de manera que esto involucra cubrir 131 locales gastronómicos. A continuación, en la Figura 2 y 3, se representan las dimensiones del bidón y camión respectivamente:



Figura 2: Recipiente para la recolección de AVUs de los comercios gastronómicos.



Figura 3: Vehículo para la recolección de los bidones en los puntos limpios.

Conforme al modelo matemático del Método de Centro de Gravedad, se presentan en la Figura 4 las ubicaciones de los puntos limpios situados en cada zona determinada para la recolección de AVUs.

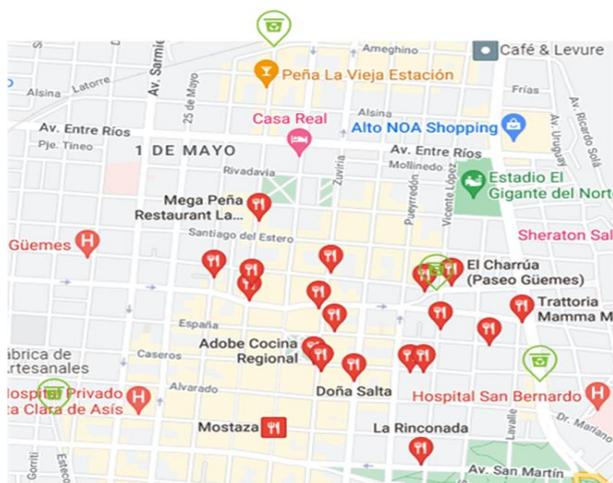


Figura 4: Puntos limpios, abarcando cada zona predeterminada para el estudio. Fuente: Google Maps.

Seguidamente se determina la logística del camión de recolección de AVUs para su disposición final en una futura planta de biodiesel, la cual se emplaza en uno de los terrenos de la Municipalidad de la Ciudad de Salta dentro del Parque Industrial (PI) de la misma ciudad.

El método que se utilizará para la logística de recolección es mediante la teoría de grafos, el algoritmo del Árbol de Expansión Mínima o algoritmo de Dijkstra, de tal manera que se puede determinar el camino más corto que conecte todos los nodos de una red, dado un vértice origen, hacia el resto de los vértices en un grafo que tiene pesos en cada arista (distancia en km); es decir, busca un subconjunto de aristas que, formando un árbol, incluya todos los vértices y donde el valor de la suma de todas las aristas del árbol es el **mínimo**.

Para el análisis, es importante que el proceso comience desde el centro de acopio (PI) con el envío de una unidad vehicular, a los diferentes puntos limpios ubicados con anterioridad, por lo que se traza las distancias correspondientes desde cada punto hacia el PI, la cual es definida mediante la herramienta de Google Maps, eligiendo aquel camino que tenga la menor distancia recorrida y los trayectos de menor influencia vehicular (menos tránsito).

Para todos los puntos limpios se realiza el estudio de llegada y partida, considerando que las calles de la ciudad son en su mayoría de un solo sentido. Las distancias encontradas se presentan en la Tabla 1.

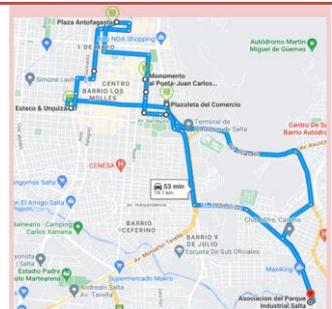
Tabla 1. Distancias entre el Parque Industrial de Salta y los puntos limpios.

Desde / Hasta	Distancia (km)				
	Planta Biodiesel PI	Zona AP1	Zona B P2	Zona C P3	Zona D P4
Parque Industrial (PI)	-	8,5	7,7	8,2	6,2
Zona A - Plaza Antofagasta (P1)	7,7	-	1,9	2,3	2,8
Zona B - Monumento al Poeta (P2)	5,9	2,0	-	2,6	1,1
Zona C - Esteco (esq Urquiza) (P3)	7,0	2,9	2,3	-	2,8
Zona D - Plazoleta del Comercio (P4)	5,2	2,7	1,6	2,1	-

## RESULTADOS

Mediante el uso del algoritmo de árbol de mínima expansión, se determinó la ruta óptima, originando el modelo logístico para la distribución en las zonas correspondientes, la cual es informada en la Tabla 2:

Tabla 2. Resultado del análisis.

Ruta Óptima	Nodo seleccionado	Arco seleccionado	Distancia (km)	Valor acumulado (km)	Recorrido
	PI			6,2	Parque Industrial —
	P4	PI → P4	6,2	6,2 + 2,1 =	Plazoleta del Comercio (zona D) —
	P3	P4 → P3	2,1	8,3	Esteco esquina
	P1	P3 → P1	2,9	8,3 + 2,9 =	Urquiza (zona C) —
	P2	P1 → P2	1,9	11,2	Plaza Antofagasta (zona A) —
	PI	P2 → PI	5,9	11,2 + 1,9 =	13,1
				13,1 + 5,9 =	
				<b>19,0</b>	

## CONCLUSIÓN

Con el análisis de este trabajo, que presenta una herramienta para definir una logística óptima de recolección de aceite vegetal usado (AVUs) de los sectores gastronómicos y poder implementar una producción de biodiesel en la Ciudad de Salta, prescinde en la importancia de que el recorrido sea el mínimo, que consecuentemente se ve reflejado en el consumo de gasoil del camión recolector representando una de las partidas más importantes del presupuesto de transporte y logística. En vista que el mercado de combustible tiene un alto impacto en todas las variables económicas y sociales, y sumado a que el precio del mismo, hoy en día con un valor de \$121 por litro, es valioso poder enfocarse a una eficiencia energética, atendiendo a principios fundamentales, como el menor consumo por trayecto y así mismo, no deja de ser importante contribuir a menores emisiones de CO<sub>2</sub> hacia el medioambiente.

## REFERENCIAS

1. Julieta Martínez, Vega, M., Zamora, S., Ramírez, N., & Domínguez, O. “Optimización de la logística de recolección de aceite vegetal usados (AVUs) para la producción del biodiesel en la Ciudad de Salta”. IX CAIQ (2.019).
2. Bacigalupo M. (2.016-2.017) Brochure: Sabor a Salta. Programa de fortalecimiento de la Gastronomía Salteña - Turismo. Recuperado de: <http://turismo.salta.gov.ar/images/uploads/gourmet-salta.pdf>
3. Argentina Precios del combustible (06/06/2.022). Recuperado de: <https://es.globalpetrolprices.com/>

## PROPUESTA DE ARTICULACIÓN HORIZONTAL ENTRE CÁTEDRAS PARA LA ENSEÑANZA DEL TEMA RECTA TANGENTE

José V. Giliberti <sup>(1)\*</sup>, Carlos Berejnoi <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. (UNSa)  
Correo Electrónico (José Giliberti): [gilijv@gmail.com](mailto:gilijv@gmail.com)

### RESUMEN

*Entre las condiciones curriculares comunes para las carreras de ingeniería que figuran en el Libro Rojo de CONFEDI [1] en el perfil de egreso se referencia a que el ingeniero esté habilitado para aprender y desarrollar nuevas tecnologías con actitud crítica y creativa en la identificación y resolución de problemas en forma sistémica. Para desarrollar esa actitud y obtener una interpretación más profunda de un problema, objeto, situación o a la realidad misma es conveniente hacer un abordaje desde diferentes enfoques. Esta idea influye, en mayor o menor grado, en los procesos de enseñanza y aprendizaje y la articulación horizontal y vertical del plan de estudios. Entre las condiciones organizacionales se exige la existencia de mecanismos que garanticen la articulación horizontal y vertical. Este trabajo presenta una propuesta de enseñanza del tema recta tangente, común a las asignaturas Álgebra Lineal y Geometría Analítica (ALGA) y Análisis Matemático I (AMI) de las carreras de ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, que contribuya a fomentar el pensamiento crítico de los estudiantes, su creatividad, su aprendizaje significativo y a la articulación horizontal entre las cátedras.*

### ABSTRACT

*Among the common curricular conditions for engineering careers that appear in the Red Book of CONFEDI [1] in the graduate profile, reference is made to the fact that the engineer is enabled to learn and develop new technologies with a critical and creative attitude in the identification and resolution systemic problems. To develop this attitude and obtain a deeper interpretation of a problem, object, situation or reality itself, it is convenient to approach it from different perspectives. This idea influences, to a greater or lesser degree, the teaching and learning processes and the horizontal and vertical articulation of the curriculum. Among the organizational conditions, the existence of mechanisms that guarantee horizontal and vertical articulation is required. This paper presents a proposal for teaching the tangent line topic, common to the subjects Linear Algebra and Analytical Geometry (ALGA) and Mathematical Analysis I (AMI) of the engineering careers of the National University of Salta, which contributes to promote critical thinking. of the students, their creativity, their significant learning and the horizontal articulation between the chairs.*

*Palabras Clave: enseñanza, aprendizaje significativo, articulación horizontal, Geogebra*

### Introducción

En nuestro país hay una problemática creciente relativa a la articulación entre los diferentes niveles del sistema educativo y también en cada nivel del mismo. La pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2 ha agudizado esta situación debido a muy variadas razones entre las que podemos mencionar las socio-económicas, culturales y tecnológicas por las cuales transitaron los diferentes actores de la educación y sus instituciones. Un buen sistema educativo debe desarrollarse sobre ejes sólidos de articulación, adecuados tanto en el sentido vertical como horizontal.

Las consecuencias de una articulación insuficiente o inadecuada afectan directamente, entre otros aspectos, al aprendizaje significativo y autónomo de los alumnos, provocando bajos y preocupantes porcentajes sobre rendimientos en diversas pruebas destinadas a evaluar el estado de situación en materia educativa de un país, una provincia, etc. También impacta sobre los índices de rendimiento académico propios de cada institución. Otro efecto, quizás no tan evidente pero no por ello menos importante, es un alto índice de deserción de los alumnos, en particular de aquellos que ingresan a las carreras de ingeniería de esta universidad.

Para enfrentar la problemática planteada la Facultad ha realizado talleres con sus docentes en las diferentes áreas del plan de estudio y apoya proyectos de investigación sobre la temática. En este camino se puede mencionar el proyecto dirigido por la Ing. Graciela Musso [2] (docente de Física II de la Facultad de Ingeniería de la UNSa) en el cual se plantea la implementación de una articulación de los contenidos impartidos en las asignaturas del Ciclo Básico en nuestra Facultad, utilizando la plataforma Moodle. En este proyecto también participaron docentes de la cátedra de Análisis Matemático I.

López Díaz [3] hace referencia a algunos autores que consideran que entre los rasgos de la creatividad se puede encontrar una mentalidad abierta a experimentar, es decir enfrentar problemas, observar la realidad, verla desde diferentes perspectivas, interactuar con ella. Otro rasgo es la flexibilidad, que implica asumir miradas diferentes para una mejor comprensión de la situación problemática y/o el diseño y aplicación de diferentes procedimientos de resolución. También se menciona que la fase o etapa final por la que atraviesa todo proceso creativo es la verificación de resultados, en la cual el trabajo realizado es sometido a la valoración propia y ajena. En esta etapa la capacidad de autocrítica adquiere una dimensión primordial para determinar si el resultado obtenido responde al problema o necesidad que lo originó. Se puede asimilar una secuencia didáctica a algo que ocurre en otra dimensión de la vida humana como lo personal, comunitario, artístico o ecológico entre otros.

Particularmente las cátedras de ALGA y AMI han presentado en el CIBEM 2017, un trabajo en el cual se hace uso del recurso Geogebra para la resolución de un problema que podía ser común a ambas asignaturas [4].

La propuesta que aquí se presenta trata sobre el empleo de una estrategia de enseñanza para resolver una situación problemática como la de encontrar la ecuación de la recta tangente a una parábola en un punto perteneciente a la misma y mediante el empleo de dos herramientas distintas como lo son la regla del desdoblamiento en ALGA y la derivada en AMI.

De esta manera se busca que el alumno descubra que un mismo problema puede ser resuelto mediante dos recursos adquiridos en su formación académica, que los relacione y que evalúe las ventajas y desventajas de usar uno u otro según la conveniencia.

El docente universitario debe trabajar sobre estrategias de enseñanza que posibiliten la integración de habilidades y competencias que abarcan desde herramientas para la resolución de problemas prácticos relacionados con la profesión, hasta el empleo de funciones superiores del intelecto como las habilidades cognitivas y lingüísticas. Esto enmarca cual es el rol del docente en el acto educativo y cuál es el impacto de su actividad en el aprendizaje significativo.

También debe propiciar una formación crítica y reflexiva mediante la curiosidad y la capacidad para cuestionar las situaciones y su propio accionar.

El tema a trabajar ha sido escogido en función de su aplicación en la vida profesional ya que en muchos problemas de ingeniería se linealiza una curva mediante la recta tangente. Además se trata de un tema común a ALGA y AMI en el cual los alumnos emplean herramientas diferentes (la regla del desdoblamiento y el concepto de derivada). Por último, se particulariza para el caso de una parábola vertical teniendo en cuenta su simplicidad y la claridad para su interpretación.

## **Metodología**

Para el desarrollo de la propuesta se realizará una reunión-taller con alumnos que deseen participar de manera voluntaria y que cursan ambas asignaturas.

Se dividirá a los participantes en dos grupos:

Uno de ellos llamado LOS ALGEBRAICOS trabajará la situación problemática utilizando solo herramientas permitidas en ALGA.

El otro grupo, llamado LOS ANALISTAS, sólo podrá utilizar herramientas que aprendió en el cursado de AMI.

### Situación problemática

Un cable de suspensión de un puente está sostenido por dos pilares (soportes) cuya altura es de 20 metros y están a 40 metros entre ellos. Se considera que tiene una forma parabólica, con su punto más bajo de 4 metros

por debajo de los puntos de suspensión. Hallar el ángulo entre el cable y el pilar para los puntos del cable que se encuentran a 2, 10, 20 y 35 metros de la base del poste izquierdo.

Las actividades se llevarán a cabo en 3 etapas, en todas ellas los docentes actúan como moderadores y/o mediadores para facilitar la asimilación del nuevo contenido.

En la primera etapa, cuya duración total es de 45 minutos, se debe trabajar primero de manera genérica y utilizando únicamente ecuaciones y herramientas permitidas para cada grupo. Luego una vez obtenida la respuesta genérica se emplearán los datos proporcionados para responder a la consigna particular planteada.

Durante esta etapa no se permite interactuar con el otro grupo.

En la segunda etapa (30 minutos) cada grupo debe exponer su trabajo a consideración del otro grupo (en forma oral) permitiendo un espacio para preguntas, aclarar dudas y justificar su procedimiento.

En la última etapa (15 minutos) ambos grupos trabajan juntos para verificar que los resultados obtenidos son correctos.

Al inicio de la reunión, y una vez definidos los grupos, se repartirá a cada grupo una guía de actividades para trabajar con la metodología de taller aclarando que en la primera etapa no puede haber interacción entre los grupos.

Las guías de actividades son las siguientes:

#### Grupo 1: LOS ALGEBRAICOS

##### Primera etapa

- Representar gráficamente la situación planteada.
- Trabajar la problemática de manera genérica y utilizando únicamente ecuaciones y herramientas vistas en ALGA.



Para determinar la recta tangente a la parábola en el punto  $P_0 = (x_0, y_0)$  perteneciente a la misma a partir de la recta secante y considerar a la recta tangente como la secante cuando  $P_1$  se aproxima a  $P_0$ .

- Expresar la relación analítica entre la parábola y la recta tangente.
- ¿Qué debe hacer y cómo utiliza lo que sabe para obtener la ecuación de la recta tangente? Escribir la ecuación.
- ¿Cuál es la relación que existe entre la ecuación de partida y la ecuación obtenida?
- Aplicar lo obtenido a la situación particular planteada y responder a la consigna.

##### Segunda etapa

- Preparar una exposición oral descriptiva de lo trabajado.
- Verificar con Geogebra que los valores obtenidos son correctos.

#### Grupo 2: LOS ANALISTAS

##### Primera etapa

- Representar gráficamente la situación planteada.
- Trabajar la problemática de manera genérica y utilizando únicamente ecuaciones y herramientas vistas en AMI.



Para determinar la recta tangente a la parábola en el punto  $P_0 = (x_0, y_0)$  perteneciente a la misma emplear el concepto de derivada de una función en un punto y su interpretación geométrica.

- Indicar la ecuación de la recta tangente.
- Aplicar lo obtenido a la situación particular planteada y responder a la consigna.

##### Segunda etapa

- Preparar una exposición oral descriptiva de lo trabajado.

Una vez completadas las dos primeras etapas se dará inicio a la tercera etapa en la cual se integran los dos grupos para responder a la consigna de verificar analíticamente y con Geogebra que las ecuaciones y los valores obtenidos son correctos.

## Discusión

Una idea que se trabaja en las clases teórico-prácticas de ALGA, relacionada a la temática de cambio de base de una transformación lineal, es que para adquirir una mejor comprensión mejor un objeto o un problema, es conveniente tener diferentes observaciones del mismo.

Esta actitud frente a una situación problemática permitirá luego, al futuro ingeniero, tomar una decisión más acertada sobre qué herramienta utilizar, entre las que están al alcance, para transformarlo, resolverlo o si es necesario crear una nueva.

Los trabajos presentados hasta el momento son algunos de los que se pueden realizar para contribuir a la articulación horizontal entre las cátedras de ALGA y AMI y el aprendizaje centrado en el estudiante (ACE).

Los conceptos trabajados aquí son aplicables aún en el caso que la parábola se encuentre rotada y en la ecuación general contenga un término llamado rectangular o cruzado.

### **Conclusión**

La concreción de la propuesta aquí presentada y la realización de la experiencia de clase-taller con un grupo de alumnos que cursan ambas asignaturas, puede ser de utilidad para obtener información útil sobre si los alumnos relacionan contenidos de diferentes asignaturas del mismo nivel y la forma en que lo hacen. A su vez contribuye a la articulación de contenidos y simbologías entre cátedras y continua y/o amplía de esta manera el propósito del proyecto del CIUNSa mencionado anteriormente.

### **REFERENCIAS**

1. CONFEDI, “Libro Rojo de CONFEDI: Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina”, 2018, p. 20.
2. Musso, Graciela: “Plataforma Moodle como facilitadora de la articulación entre asignaturas del área básica de Ingeniería”. Proyecto CIUNSa tipo A N° 2351/0.
3. López Díaz, Rodolfo. “Estrategias de enseñanza creativa : investigaciones sobre la creatividad en el aula”. CLACSO. 2017.  
<http://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/fce-unisalle/20180225093550/estrategiasen.pdf>, p. 17-21
4. C. Berejnoi, F. Alurralde y J.V. Giliberti, “Uso del Geogebra en un problema de geometría en primer año de la Universidad”; Congreso Iberoamericano de Educación Matemática, 2017, España. Madrid.

## **CIENCIAS DE LA TIERRA**

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**DISEÑO DE PROTECCIONES SEMIFLEXIBLES PARA EL CONTROL DE EROSIÓN  
EN DRENAJES VIALES LONGITUDINALES. APLICACIONES EN EL NOA**

**Farias, Hector Daniel <sup>(1)</sup>, Prieto Villarroya, Jorge<sup>(1,2)</sup>**

<sup>(1)</sup>*Instituto de Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías. Universidad Nacional de Santiago del Estero. IRHi FCEyT-UNSE. Santiago del Estero. Argentina.*

<sup>(2)</sup>*Instituto de Estudios Ambientales y Desarrollo Rural de la Llanura Chaqueña.. Universidad Nacional de Santiago del Estero. IRHi FCEyT-UNSE. Santiago del Estero. Argentina.*

[irhi.fceyt.unse@gmail.com](mailto:irhi.fceyt.unse@gmail.com)

**RESUMEN**

*El diseño del drenaje de obras viales exige en múltiples ocasiones el dimensionamiento de estructuras de disipación y control de erosión para salvar desniveles considerables en la conducción de flujos de escorrentía. En el caso de caminos con pendientes longitudinales razonablemente importantes (del orden de 3 por mil, o mayores), cuando se conduce el flujo a lo largo de las cunetas, el mismo habitualmente se acelera y adquiere velocidades (y tensiones de corte) importantes y mayores a las máximas admisibles. Como consecuencia, se produce la aparición de procesos erosivos que condicionan la funcionalidad del drenaje e indirectamente de la infraestructura vial. En esos casos, es importante limitar el tránsito longitudinal del flujo, a través de una segmentación escalonada del tramo, en el que se desagrega al mismo en segmentos de pendiente menor a la generadora de velocidades erosivas, y se conecta un segmento a otro a través de saltos para salvar el desnivel producido.*

*El objetivo del presente trabajo es proveer algunos elementos a tener en cuenta para el diseño de obras de descarga en drenajes longitudinales viales afectados por esta clase de procesos erosivos.*

*En el trabajo se analizan lineamientos generales que se considera conveniente aplicar para el diseño de estos dispositivos de protección. Como resultados se muestra la ejemplificación, mediante esquemas y fotografías, de las experiencias obtenidas en obras ya construida en Rutas Nacionales (9 y 34) en la Región NOA (Argentina).*

**ABSTRACT**

*The drainage design of road works requires the sizing of dissipation and erosion control structures along runoff flows pathways. In the case of roads with steep longitudinal slopes (of the order of 3 per thousand, or greater), the flow conveyed along the ditches usually accelerates and acquires significant velocities (and shear stresses) usually greater than the maximum allowable. Thus, erosive processes appears and affect the functionality of the road infrastructure. In these cases, it is important to limit the longitudinal transit of the flow, through a staggered segmentation of the section, in which it is disaggregated into segments with mild slopes, connected through of weirs to save the falls.*

*The objective of the present work is to provide some elements to take into account for the design of discharge works in longitudinal road drainages affected by this kind of erosive processes.*

*In the work, the general guidelines that are considered convenient to apply for the design of these protection devices are presented. As a result, a series of examples are shown through diagrams and photographs, of the experiences obtained in roadworks along national highways at the NOA region.*

**PALABRAS CLAVE:** Erosión, Drenaje, Estructuras Semiflexibles, Obras Hidráulicas.

## INTRODUCCIÓN

La región Noroeste de Argentina (NOA) exhibe problemas severos de erosión en obras viales, como consecuencia de sus características particulares, en especial, el régimen hidrológico marcadamente estacional, que produce eventos de precipitaciones intensas en la temporada estival. Como consecuencia de ello y las pendientes longitudinales de algunos sectores, el flujo de escorrentía superficial conducido por cunetas de drenaje adquiere velocidades elevadas que conllevan la aparición de fenómenos erosivos incompatibles con una adecuada operación y mantenimiento de las estructuras de drenaje.

El objetivo del presente trabajo es el de proveer algunos elementos a tener en cuenta para el diseño de obras de descarga en drenajes longitudinales viales afectados por esta clase de procesos erosivos. Para ello, se presenta un resumen del procedimiento metodológico de diseño aplicado y se muestran algunos resultados obtenidos, mediante casos exitosos, luego de un prolongado periodo de operación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el marco del presente trabajo, se denominarán protecciones semiflexibles al conjunto de elementos o estructuras que tienen la posibilidad de trabajar como sistemas de control de erosión, experimentando deformaciones y movimientos admisibles sin mostrar daños apreciables, y a su vez se integran al paisaje como una actuación ingenieril ambientalmente amigable, permitiendo el crecimiento de la vegetación. Una de tales estructuras la constituyen los "arreglos" combinados de gaviones y colchonetas [2]

En el diseño de protecciones para el control de erosión en cunetas longitudinales en las descargas del flujo de drenaje sobre sectores de menor cota, y también para aquellos sitios en los que se hayan formado micro-cárcavas sobre las cunetas (por efecto de pendientes locales mayores a las críticas) se sugiere la construcción de saltos revestidos o "torreteras" para control de la erosión. El cálculo de la profundidad máxima de socavación que es función de la geometría de la estructura, de la altura de caída del chorro de agua, es decir, de la diferencia entre el nivel de aguas máximas y el del remanso al pie de la obra, del flujo (del gasto unitario, del tirante al pie de la estructura y el nivel del remanso) y del tipo de material (suelo compacto, o no cohesivo, o rocoso fracturado), permite definir la pertinencia de construir la platea. La profundidad máxima de socavación se puede estimar con la fórmula de Schoklitsch [4]:

$$y_s = 4.75 q^{0.57} H_0^{0.2} d_{90}^{-0.32} \quad (1)$$

donde:  $y_s$ : profundidad del cono de socavación, en m;  $H_0$ : distancia entre el nivel de aguas máximas y el del remanso al pie de la estructura, en m;  $q$ : gasto unitario, en  $m^3/s/m$ ;  $d_{90}$ : diámetro de la partícula por debajo del cual queda el 90 por ciento de la muestra de suelo en peso, en mm.

Se consideraron dos tipologías en función de la altura de los saltos: una para desniveles de 1.5 metros y otra para alturas de caída de 2 metros o mayores. Se trata de diques escalonados, cuyas partes y componentes pueden observarse en el esquema inferior (Fig.1). Las mismas constan de los componentes: vertedero de pared gruesa y escotadura rectangular, cuenco disipador con diente o contradique, y solera revestida en colchonetas tipo Reno, con espesores de 17, 23 o 30 cm, de acuerdo a los cálculos.

El esquema que se presenta en la Figura 2 constituye el caso más elemental de un salto tipo de 2 metros de altura con muros laterales verticales, alas de embocadura verticales y vertedero de escotadura rectangular. Sin embargo, para alturas diferentes, se puede modular el diseño e introducir variantes constructivas, tales como muros laterales escalonados y también la escotadura del vertedor. Para proteger el fondo de la cárcava inmediatamente aguas abajo de la estructura contra los efectos erosivos producidos por la caída de agua que pasa sobre el vertedor, se dispone de un cuenco amortiguador, con el fondo conformado en colchonetas tipo Reno, cuyo espesor se dimensiona para resistir los esfuerzos cortantes inducidos por la turbulencia del flujo. Como criterio de base para el dimensionamiento de las colchonetas, se aplicó la fórmula de Maynard [3], la cual se expresa como:

$$d_r/h = C_E [\tan \beta]^{0.5} (Fr/k_{\beta}^{0.5}) J^{2.5} \quad (2)$$

donde  $C_E$  es el denominado "coeficiente de estabilidad" de Maynard para colchonetas y  $k_{\beta}$  es el coeficiente de talud, que depende de la cotangente del ángulo  $\beta$  que forma el plano del talud con la horizontal [ $m = \cotg(\beta)$ ], igual a la unidad para colchonetas horizontales].  $Fr = V/(gh)^{0.5}$  es el número de Froude del flujo, siendo  $V$  la velocidad media y  $h$  el tirante. El coeficiente  $C_E$  puede a su vez calcularse a partir de la siguiente expresión [1]  $C_E = C_{E0} C_V k_{FS}$ , (3)

donde  $C_{E0}$  es el coeficiente de estabilidad básico,  $C_V$  es un coeficiente de corrección por distribución de velocidades y  $k_{FS}$  es el factor de seguridad. Los detalles de las formulaciones de cálculo han sido detallados por el primer autor (Farias, 2006), y para facilitar el cómputo y los análisis de sensibilidad necesarios para definir el diseño final, se desarrolló una hoja de cálculo en MS/Excel® (Figura 1). En la Figura 2 se presentan los esquemas de diseño propuestos y aplicados. No es objeto de este trabajo desarrollar toda la metodología [1], sino mostrar los resultados de una serie de aplicaciones en el NOA.

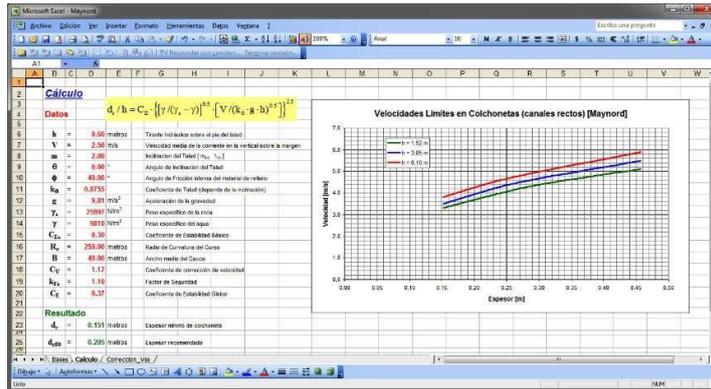


Figura 1.- Hoja de cálculo en MS-Excel® para calcular los espesores de colchonetas

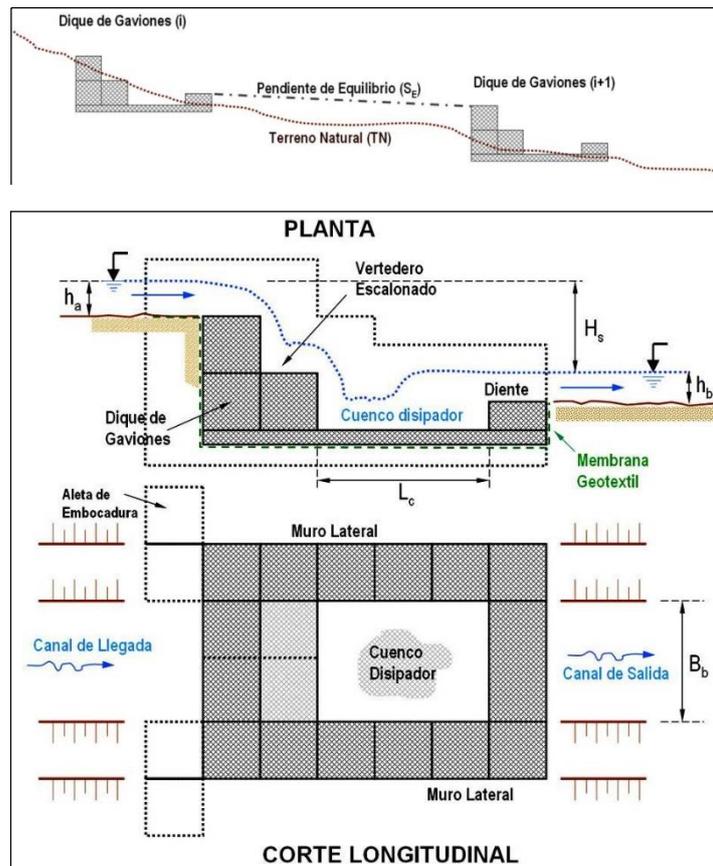


Figura 2.- Esquema conceptual de salto escalonado con contradique y cuenco amortiguador con solera decolchonetas. Detalle constructivo de los elementos que conforman la obra típica de dique de gaviones.

## RESULTADOS

Los procedimientos y metodologías desarrollados en el apartado anterior fueron desarrollados en las obras de drenaje en varios sectores de la región NOA (e.g., RN 9 en Termas de Río Hondo y RN34 en Yatasto, Salta). En las fotografías siguientes se muestran los resultados del diseño optimizado en relación al esquema básico. Como puede observarse en las capturas fotográficas de la Figura 3, los resultados indican un comportamiento satisfactorio de las obras luego de un período de operación de más de 10 años, sin patologías significativas observadas, lo cual indica que los diseños propuestos resultaron adecuados para las condiciones observadas en los sitios de implantación de las obras.



Figura 3- Fotografías de saltos construidos: (a) RN9, La Aguada, Termas de Río Hondo, Santiago del Estero; (b) RN34, cerca de Yatasto, Salta. En ambos casos, se muestra el estado luego de un periodo de operación

Ello implica que los esquemas de diseño propuestos y los criterios de cálculos y dimensionamiento formulados por Maynard [3] y Farias [1] resultaron adecuados para las condiciones imperantes en la geografía regional, y podrían ser replicados a nuevos tramos de obras viales que exhiban la aparición de procesos erosivos longitudinales dentro de la zona de camino.

## CONCLUSIONES

Las experiencias realizadas demostraron que las tipologías de estructuras de protección flexible propuestas por los autores demostraron ser eficaces para el control de procesos erosivos en cunetas y canales de drenaje de obras viales, prolongando la vida útil y minimizando el mantenimiento de las obras en las que se implantaron estas estructuras de protección semi-flexibles.

El conjunto propuesto, conformado por diques escalonados, con muros laterales de gaviones, vertedero de pared gruesa y escotadura rectangular, cuenco dissipador con diente o contradique, y solera revestida en colchonetas, resultó de diseño expeditivo, construcción sencilla y comportamiento satisfactorio, en las condiciones en las que fueron aplicados, típicos de la región NOA.

Finalmente, se destaca como un aspecto esencial del éxito de estos elementos de protección en el mediano y largo plazo, que es la inspección periódica y el mantenimiento de las mismas. Se ha observado que la proliferación de la vegetación local juega un rol preponderante, ya que contribuye a fortalecer la resistencia a la erosión, a la vez de proveer una solución ambientalmente amigable.

## REFERENCIAS

1. Farias, H.D. "Diseño de Protecciones de Márgenes de Ríos con Rip-Rap y Cubiertas Flexibles: Teoría y Aplicaciones". Tercer Congreso Iberoamericano sobre el Control de la Erosión y los Sedimentos. CICES 2006. International Erosion Control Association (IECA). Buenos Aires, Argentina.
2. Maccaferri América Latina. "Manuales de Gaviones", 2022. Brasil. Documentos online (Web: <https://www.maccaferri.com/br/es/documentos/manuales/>).
3. Maynard, S.T. "Gabion-Mattress Channel-Protection Design". Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 121, No. 7, July 1995, pp. 519-522.
4. Schoklitsch, A. Handbuch des Wasserbaues. 1932. Springer. Vienna. Austria

## SOLUCIONES DEL TIPO S-LUMBE DE LA COMPENSACION DE UNA RED GEODESICA LIBRE DE TRILATERACION 2D

José Luis Vacaflor <sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geodesia y Topografía, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Avenida Independencia 1800, Tucumán, Argentina.

\*joseluisvacaflor@gmail.com

### RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo, es caracterizar la solución general denominada  $\hat{\xi}$  hom S-LUMBE (homogeneous Linear Uniformly Minimum Bias Estimation) de  $\xi$  (Grafarend, E., 2006, p.90) en el modelo lineal consistente de Gauss-Markov de efectos fijos en la compensación de una red libre de trilateración 2D. Un Sistema de Referencia Geodésico (GRS) consiste en los modelos matemáticos y físicos necesarios para describir las posiciones físicas y la gravedad en un ambiente espacio-tiempo. Un Marco de Referencia Geodésico (GRF) es la realización de un GRS mediante puntos físicos con coordenadas determinadas. La definición del datum geodésico es el conjunto de convenciones, algoritmos y constantes necesarias para definir y realizar el origen, orientación, escala y evolución en el tiempo de un GRS de coordenadas, de tal manera que estos atributos sean accesibles a los usuarios mediante ocupación, observación directa o indirecta (Vacaflor, J.L., 2010, 2014, 2021). Tratamos la compensación de una red libre de trilateración 2D constituida por  $k$  puntos físicos, y  $n$  distancias observadas. Se utiliza el modelo lineal consistente de Gauss-Markov:  $\{y = A\xi / A \in \mathbb{R}^{n \times m}, rk A = n, n < m\}$ ,  $\xi = E\{y\}$ ,  $D\{y\} \in \mathbb{R}^{n \times n}$ , positiva-definida,  $rk D\{y\} = n$ ,  $m := 2k$ ,  $\xi$  vector de incógnitas no estocástico ("fijo") con valores reales,  $y \in \mathbb{R}^n$ , vector de las observaciones, estocástico, con valores reales. Las posiciones de los puntos de la red son definidas en un GRS de coordenadas cartesianas  $(x, y): GRS(x, y)$ . El origen y orientación del GRS  $(x, y)$  no está definido, por lo tanto, el número de defectos de datum  $d = 3$ . Entre las principales conclusiones, se muestra que diferentes soluciones  $\hat{\xi}$  S-LUMBE pueden ser alcanzadas de acuerdo con las definiciones de datum seleccionadas mediante la matriz  $S_{m \times m}$  de la solución general: S-LUMBE  $\hat{\xi} = SA^T(ASA^T)^{-1}y$ , dispersión  $D\{\hat{\xi}\} = SA^T(ASA^T)^{-1}D\{y\}(ASA^T)AS$ , y sesgo  $\beta := E\{\hat{\xi}\} - \xi = -[I_m - SA^T(ASA^T)^{-1}A]\xi, \forall \xi \in \mathbb{R}^m$ . Para  $S = I_{m \times m} :=$  Matriz identidad de orden  $m \times m$ , la red compensada satisface las condiciones de traslación y rotación neta nula. Se muestra un ejemplo numérico de la compensación de una red libre de trilateración de seis puntos.

### ABSTRACT

The main goal of this work, is to characterized the general solution called  $\hat{\xi}$  hom S-LUMBE (homogeneous Linear Uniformly Minimum Bias Estimation) of  $\xi$  (Grafarend, E., 2006, p.90) in the consistent linear Gauss-Markov model of fixed effects in the adjustment of the 2D free trilateration network. A Geodetic Reference System (GRS) are the mathematical and physical models necessary to describe physical positions and gravity in a space-time environment. A Geodetic Reference Frame (GRF) is the realization of a GRS, made through the physical points coordinates. The geodetic datum definition is the set of all conventions, algorithms and constants necessities to define and realize the origin, orientation, scale and the time evolution of a GRS of coordinates, in such a way that these attributes be accessible to the users through occupation, direct or indirect observation (Vacaflor, J.L., 2010, 2014, 2021). We deal with the adjustment of a 2D free trilateration network constituted by  $k$  physical points and  $n$  distances observed. It is use here the consistent linear Gauss-Markov model:  $\{y = A\xi / A \in \mathbb{R}^{n \times m}, rk A = n, n < m\}$ ,  $A\xi = E\{y\}$ ,  $D\{y\} \in \mathbb{R}^{n \times n}$ , positive-definite,  $rk D\{y\} = n$ ,  $m := 2k$ ,  $\xi$  is a non-stochastic ("fixed"), real valued vector of unknowns,  $y \in \mathbb{R}^n$ , stochastic, real valued

vector of observations. The network point positions are defined in a GRS of Cartesian Coordinate  $(x, y) : GRS(x, y)$ . The origin and orientation of the GRS  $(x, y)$  is not defined and therefore the number of datum defect  $d = 3$ . Among the principal conclusions, it is shown that different solutions  $\hat{\xi}$  S-LUMBE can be achieved according to the datum definition selected by means of the matrix  $S_{m \times m}$  of the general solution: S-LUMBE  $\hat{\xi} = SA^T(ASA^T)^{-1}y$ , dispersion matrix  $D\{\hat{\xi}\} = SA^T(ASA^T)^{-1}D\{y\}(ASA^T)AS$  and bias vector  $\beta := E\{\hat{\xi}\} - \xi = -[I_m - SA^T(ASA^T)^{-1}A]\xi$ , for all  $\xi \in \mathbb{R}^m$ . For  $S = I_{m \times m}$ , with,  $I_{m \times m} :=$  Identity matrix of order  $m \times m$ , the adjusted network fulfill the conditions no net translation and no net rotation. It is shown a numerical example of the adjustment of a free trilateration network of six points.

*Palabras clave: Compensación. Soluciones S-LUMBE. Red geodésica. Trilateración 2D. Optimización.*

**Introducción:** La compensación de redes geodésicas libres de trilateración planimétricas (2D) es una actividad fundamental en trabajos de Ingeniería, Agrimensura y Geodesia tales como: el control de deformaciones en obras civiles (presas de embalse, puentes, etc.), catastro y análisis del movimiento de la corteza terrestre.

**Objetivo:** Caracterizar la solución general denominada  $\hat{\xi}$  hom S-LUMBE (homogeneous Linear Uniformly Minimum Bias Estimation) de  $\xi$  (Grafarend, E., 2006, p.90) en el modelo lineal consistente de Gauss-Markov de efectos fijos en la compensación de una red libre de trilateración 2D.

**Materiales y Métodos:** Nos ocupamos de la compensación de una red libre de trilateración 2D constituida por  $k$  puntos físicos,  $n$  distancias observadas  $s_{ij}^{obs}$ ,  $i < j$ ,  $i = 1 \dots k$ ,  $j = 1 \dots k$ ; Las posiciones de puntos de una red fueron definidas en un Sistema de Referencia Geodésico de Coordenadas Cartesianas  $(x, y)$ : GRS  $(x, y)$ . El GRS  $(x, y)$  fue caracterizado por: a) convención de la “regla de la mano derecho” para los ejes; b) Origen “o” punto **P** no especificado de la Tierra; c) Ejes positivos **ox** y **oy** sin orientaciones especificadas; d) Escala o longitud, para los vectores unitarios de **ox** y **oy**, igual al metro (SI), y con las distancias observadas en la red de trilateración.

$$y_{n \times 1} = [y_{ij}] = [(s_{12}^{obs} - s_{12}^0), (s_{13}^{obs} - s_{13}^0), \dots, (s_{ij}^{obs} - s_{ij}^0), \dots, (s_{k-1,k}^{obs} - s_{k-1,k}^0)]^T; \text{ vector de observaciones}$$

$$s_{ij}^0 = \sqrt{(\Delta x_{ij}^0)^2 + (\Delta y_{ij}^0)^2}, \quad i = 1 \dots k, \quad j = 1 \dots k, \quad i < j, \quad \Delta x_{ij}^0 = x_j^0 - x_i^0, \quad \Delta y_{ij}^0 = y_j^0 - y_i^0;$$

$$A_{n \times m} = [\alpha_{12} \quad \dots \quad \alpha_{ij} \quad \dots \quad \alpha_{k-1,k}]^T; \quad \alpha_{ij} = [0, \dots, \Delta x_{ij}^0, -\Delta y_{ij}^0, \dots, \Delta x_{ij}^0, \Delta y_{ij}^0, \dots, 0] \cdot (1/s_{ij}^0); \text{ Matriz de diseño}$$

Vector de parámetros incógnitas (incrementos de coordenadas);  $\xi_{m \times 1} = X_{m \times 1} - X_{m \times 1}^0$

$X_{m \times 1}$  = Vector de coordenadas incógnitas  $(x_i, y_i)$  de los puntos  $P_i$  del Marco Geodésico de Referencia

: GRF  $(x, y)$ , expresado en el GRS  $(x, y)$ ;  $X_{m \times 1} = [x_1, y_1, \dots, x_k, y_k]^T$ ;  $X_{m \times 1}^0$  = Vector de coordenadas

conocido  $(x_i^0, y_i^0)$  de  $P_i$  “a priori” ó “aproximado” GRF  $(x_0, y_0)$ , expresado en el GRS  $(x_0, y_0)$ ;

$$X_{m \times 1}^0 = [x_1^0, y_1^0, \dots, x_k^0, y_k^0]^T; \quad \xi_{m \times 1} = [dx_1 \quad dy_1 \quad \dots \quad dx_k \quad dy_k]^T; \quad dx_i = x_i - x_i^0; \quad dy_i = y_i - y_i^0, \quad i = 1 \dots k, \quad m = 2k.$$

La falta de definición del origen y orientación del GRS  $(x, y)$  causa un defecto de datum y una deficiencia de rango  $m - q = 3$  en la matriz de diseño  $A_{n \times m}$  con  $d = m - q = 3$ ,  $d$  = número de defectos de datum. Se utiliza el modelo lineal consistente de Gauss-Markov:  $\{y = A\xi / A \in \mathbb{R}^{n \times m}, \text{rk } A = n, n < m\}$ ,  $\xi = E\{y\}$ ,  $D\{y\} \in \mathbb{R}^{n \times n}$ , positiva-definida,  $\text{rk } D\{y\} = n$ ,  $m := 2k$ ,  $\xi$  vector de incógnitas no estocástico (“fijo”) con valores en los reales,  $y \in \mathbb{R}^n$ , vector de las observaciones, estocástico, con

valores en los reales. Para caracterizar la solución general  $\hat{\xi}$  S-LUMBE, se analizan soluciones particulares de acuerdo con las definiciones de datum seleccionadas mediante la matriz  $S_{m \times m}$  de la solución general: S-LUMBE  $\hat{\xi} = SA^T(ASA^T)^{-1}y$  (1) dispersión  $D\{\hat{\xi}\} = SA^T(ASA^T)^{-1}D\{y\}(ASA^T)AS$  (2) y sesgo  $\beta := E\{\hat{\xi}\} - \xi = -[I_m - SA^T(ASA^T)^{-1}A]\xi, \forall \xi \in \mathbb{R}^m$ , (3). (Grafarend, E., 2006, p.90). En este sentido, para determinar la posición y orientación del  $GRS(x, y)$  respecto del  $GRS(x_0, y_0)$ , realizada por el  $GRF(x, y)$  de  $P_i$  puntos de la red con coordenadas  $(x_i, y_i)$  dadas por la solución  $\hat{\xi}$ , designado como:  $GRF(\hat{\xi})$ ,  $i=1 \dots k$  se considera como modelo general de transformación de las coordenadas de un punto  $P_i$  del  $GRS(x_0, y_0)$  al  $GRS(x, y)$ , a una transformación Euclideana de semejanza de tres parámetros o Modelo de transformación plana de Helmert (se adopta la convención “regla de la mano derecha” para los ejes) se tiene entonces, para  $(x_i, y_i), (x_i^0, y_i^0)$ ,  $i=1 \dots k$ :

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_i^0 \\ y_i^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -d\delta \\ d\delta & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i^0 \\ y_i^0 \end{bmatrix} \quad (4) \Rightarrow \begin{bmatrix} dx_i \\ dy_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -y_i^0 \\ 0 & 1 & x_i^0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ d\delta \end{bmatrix} \quad (5).$$

Siendo las dos traslaciones  $t_x$  y  $t_y$  y una rotación diferencial  $d\delta$ , tres parámetros de transformación, que se presentan agrupados en el vector  $PT_{3 \times 1} = [t_x \ t_y \ d\delta]^T$   $\therefore$  Para los “ $k$ ” puntos de la red:  $\xi_{m \times 1} = E_{m \times 3}^T PT_{3 \times 1}$  (6) con :

$$E_{3 \times m} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 1 \\ -y_1^0 & x_1^0 & \dots & -y_k^0 & x_k^0 \end{bmatrix} \quad (7).$$

La matriz  $E_{3 \times m}$  expande el espacio nulo de  $A$  con:  $AE^T = 0$ ,

$$o(E) = dxm = 3xm, \quad r(E) = d = 3. \quad \text{Los valores de } PT_{3 \times 1} \quad PT_{3 \times 1} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ d\delta \end{bmatrix} = (EE^T)^{-1} E \xi_{m \times 1} \quad (8).$$

Definen la posición y orientación del  $GRS(x, y)$  respecto del  $GRS(x_0, y_0)$  Por lo tanto, la posición y orientación definida del  $GRS(x, y)$  respecto del  $GRS(x_0, y_0)$  y realizada por el  $GRF(\hat{\xi})$  están dados mediante los valores de los parámetros de transformación

$$PT_{\hat{\xi}} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ d\delta \end{bmatrix}_{\hat{\xi}} = (EE^T)^{-1} E \hat{\xi} \quad (9) \quad \text{Para } S := I_{m \times m} \quad (10) \Rightarrow (1) \text{ se transforma en : } \hat{\xi} = A^T (AA^T)^{-1} y \quad (11);$$

$$\Rightarrow PT_{\hat{\xi}} = (EE^T)^{-1} E \hat{\xi} = (EE^T)^{-1} EA^T (AA^T)^{-1} y = 0_{3 \times 1}, \text{ ya que } AE^T = 0 \quad (12)$$

$$\Rightarrow PT_{\hat{\xi}} = 0_{3 \times 1}, \Rightarrow \text{posición y orientación del } GRS(x, y) \text{ igual a la del } GRS(x_0, y_0) \quad (13)$$

$$\Rightarrow E \hat{\xi} = EE^T PT_{\hat{\xi}} = 0_{3 \times 1} \quad (14)$$

$$E := \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix}, \quad E_{1_{2 \times m}} := [I_{2 \times 2} \dots I_{2 \times 2}]; \quad E_{2_{1 \times m}} := [-y_1^0 \ x_1^0 \ -y_2^0 \ x_2^0 \ \dots \ -y_k^0 \ x_k^0] \quad (15)$$

$$\Rightarrow E_1 \hat{\xi} = 0_{2 \times 1}, \text{ Traslación Neta Nula (NNT)}, \quad (16), \quad E_2 \hat{\xi} = 0_{1 \times 1}, \text{ Rotación Neta Nula (NNR)}, \quad (17)$$

Es decir, la definición del datum de la solución  $\hat{\xi}$ , para  $S = I_{m \times m}$  se caracteriza por mantener el centro de gravedad y la orientación media de la red respectivamente como son definidos por las coordenadas aproximadas.

**Resultados:** Consideremos una red libre de trilateración constituida por “ $k=6$ ” puntos  $P_i$  con coordenadas  $(x_i, y_i)$ ,  $i=1 \dots 6$  en el  $GRS(x, y)$ , y los puntos relacionados mediante “ $n=9$ ” distancias observadas  $s_{ij}^{obs}$  (entre  $P_i$  y  $P_j$ , ver Tabla 1), y no estando definida la posición y orientación del  $GRS(x, y)$ .

Consideremos disponibles las coordenadas  $(x_i^0, y_i^0)$ ,  $i=1...6$  “a priori” or “aproximadas” del marco de referencia :  $GRF(x_0, y_0)$  (ver Tabla 2). Los resultados compensados son presentados en la Tabla 3.

$S_{ij}^{obs}$	Distancia (m)	$S_{ij}^{obs}$	Distancia (m)
$S_{12}$	3899.4269	$S_{34}$	3298.1854
$S_{15}$	3805.8666	$S_{45}$	2813.9446
$S_{16}$	4891.0000	$S_{46}$	4203.1897
$S_{23}$	3107.9294	$S_{56}$	4113.1502
$S_{25}$	2079.9391		

Tabla 1: Distancias observadas en una trilateración bidimensional con seis puntos

Pto.	$x^0(m)$	$y^0(m)$
1	0	0
2	275	3900
3	2250	6300
4	4800	4200
5	2200	3100
6	4900	0

Tabla 2: Coordenadas of  $P_i$  de una trilateración bidimensional del  $GRF(x_0, y_0)$

$y_{9,x1} (m)$	*	** resultado	***resultado
-10.256591025839953	3.553707877305110	1.0e-11 *	1.0e-15 *
4.551038250357124	3.466907137597377	0	0.083266726846887
-9.000000000000000	1.933346556264987	-0.000244249065418	-0.846545056276682
-0.225197184638091	-6.700894207183196	-0.454747350886464	0.000013552527156
-4.677171643296788	-0.602270243036023		
-5.221931831786151	-4.905937743052538		
-9.174242698621129	-2.883659281328759		
1.999392479999187	0.538169805424454		
2.189241781106830	3.445167213489571		
	9.124559390369821		
	-5.446292122694887		
	-1.522804383155921		

Tabla 3: Resultados de la compensación de una red de trilateración 2D, con seis puntos. La red compensada satisface las condiciones de traslación y rotación neta nula :  $E\hat{\xi} = 0$

Nota: \* $\hat{\xi}$  hom S-LUMBE,  $\hat{\xi} = A^T(AA^T)^{-1}y$ , para  $S = I_{12 \times 12}$  (m); \*\*  $E := \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix}$ ;  $E1_{2 \times 12} := [I_{2 \times 2} \dots I_{2 \times 2}]$ ;

$$E2_{1 \times 12} := [-y_1^0 \quad x_1^0 \quad -y_2^0 \quad x_2^0 \quad \dots \quad -y_6^0 \quad x_6^0]; E\hat{\xi} = 0; *** PT_{\hat{\xi}} = (EE^T)^{-1} E\hat{\xi} = 0$$

## Conclusiones

Entre las principales conclusiones, se muestra que diferentes soluciones  $\hat{\xi}$  S-LUMBE pueden ser alcanzadas de acuerdo con las definiciones de datum seleccionadas mediante la matriz  $S_{m \times m}$  de la solución general: S-LUMBE  $\hat{\xi} = SA^T(ASA^T)^{-1}y$ , dispersión  $D\{\hat{\xi}\} = SA^T(ASA^T)^{-1}D\{y\}(ASA^T)AS$  y sesgo  $\beta := E\{\hat{\xi}\} - \xi = -[I_m - SA^T(ASA^T)^{-1}A]\xi, \forall \xi \in \mathbb{R}^m$ . Para  $S = I_{m \times m} :=$  Matriz identidad de orden  $m \times m$ . La red compensada satisface las condiciones de traslación y rotación neta nula.

## Referencias

1. W.E. Grafarend, W.E., “Linear and Nonlinear models. Fixed effects, Random Effects, and Mixed Models”. 2006. Walter de Gruyter. ISBN-13:978-3-11-016216-5.
2. J.L.Vacaflor, “Geodetic datum and No Net Translation (NNT), No Net Rotation (NNR) conditions from transformation parameters, a reference frame and a selection matrix”. Mecánica Computacional, Vol. XXIX, (2010), p. 2647-2653.
3. J.L.Vacaflor, “Datum definition in I-MINOS of a no stochastic linear model for the adjustment of a trilateration network”, Actas de la XXVII Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas (AAGG), 2014, p.282-283.
4. J.L.Vacaflor, “Datum selection in the minimum norm solution with respect to the R-SEMINORM (R-MINOS) for the adjustment of a free trilateration network”. Actas de la XXIX Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas (AAGG), 2021, p.84-85.

## SECTORES VULNERABLES DE INUNDABILIDAD FLUVIAL EN EL TRAMO INFERIOR DEL RÍO EL TALA - ONGOLÍ (CATAMARCA)

Cisternas M. <sup>(1)\*</sup>, Eremchuk J. <sup>(1)</sup>, Vergara T <sup>(1)</sup> y Musuruana A. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geología de la Facultad de Cs. Apl. UNCA

<sup>(2)</sup> Dirección Provincial de Gestión Minera Ambiental

\*Correo Electrónico (autor de contacto): unlar07@gmail.com

### RESUMEN

*El presente manuscrito zonifica los principales sectores susceptibles de ser afectados por inundaciones del río El Tala – Ongolí, en su tramo inferior. Este curso de agua drena los terrenos pedemontanos sobre los que se asienta la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, capital de la provincia homónima, Argentina. La trama urbana hacia el sector sur de esta ciudad, tiende a extenderse sobre las riberas de la margen derecha de este curso de agua; sin embargo, las avenidas costaneras, construidas en los últimos años, han funcionado como una barrera de contención o mitigación a posibles desbordes del mencionado curso de agua. De igual manera, la sobre explotación de áridos sobre el lecho del río ha generado una socavación vertical que imposibilita sus desbordes.*

*Por otro lado, se han detectado algunos problemas de inundabilidad sobre los terrenos ribereños ubicados sobre la margen izquierda, en el tramo del río El Tala - Ongoli, entre Loma Cortada y el Camping Municipal. Idéntica situación de riesgo evidencian algunos sectores localizados inmediatamente al oeste de la Av. Centenario, donde se encuentra el denominado Loteo Sur.*

*Es recomendable, en la zona de Valle Chico trabajar con una adecuada planificación, sobre la extracción de áridos y considerar que ciertos arroyos, debido a su magnitud, deben ser considerados de “dominios públicos”, según lo establecido por el nuevo Código Civil y Comercial.*

### ABSTRACT

*This manuscript zones the main sectors likely to be affected by floods of the El Tala - Ongolí river.*

*The advance of the urban fabric towards the southern sector of the city of San Fernando de Catamarca tends to extend over the banks of the right bank of this watercourse; however, the coastal avenues, built in recent years, have functioned as a containment or mitigation barrier to possible overflows of the aforementioned water course. Similarly, the over-exploitation of aggregates on the riverbed has generated vertical undermining that makes it impossible to overflow.*

*On the other hand, some flooding problems have been detected on the riparian lands located on the left bank, in the section of the El Tala - Ongoli river, between Loma Cortada and the Municipal Camping. The same risk situation is evidenced by some sectors located immediately to the west of Av. Centenario, where the so-called South Lottery is located.*

*It is recommended, in the Valle Chico area, to work with adequate planning, on the extraction of aggregates and to consider that certain streams, due to their magnitude, should be considered "public domains" according to the new Civil and Commercial Code.*

**Palabras Claves** Vulnerabilidad, inundabilidad, zonificación, río El Tala-Ongoli

### Introducción

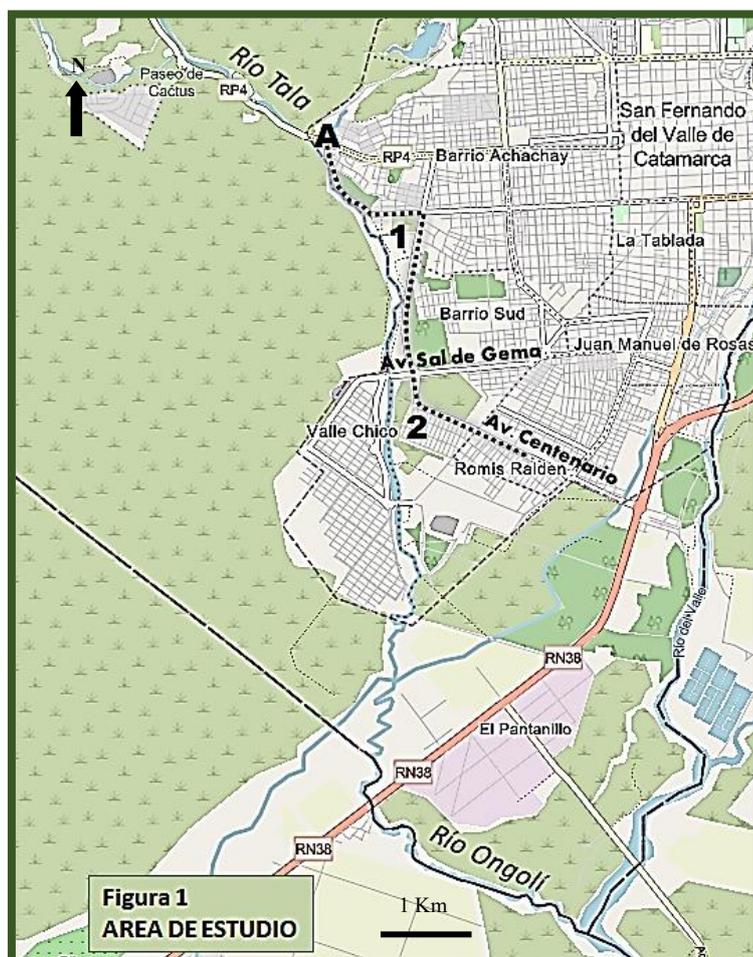
El área de estudio se encuentra al sur de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca y en el sector sudoeste del departamento Capital, provincia de Catamarca, Argentina.

El tramo inferior de la cuenca del río El Tala y arroyo El Potrero, corresponde al sector entre el paraje conocido como Loma Cortada, Camping Municipal y la desembocadura del curso de agua sobre el Río del

Valle; gran parte de este tramo se lo conoce como río El Tala – Ongolí, el cual transcurre erosionando el lóbulo semi activo de la Formación Coneta, constituida por materiales fanglomerádicos de escasa consolidación y edad Holocena.

La descarga sólida es acarreada periódicamente por la corriente de agua en los periodos húmedos y es transportada, hasta la zona de canteras de áridos húmedas, donde se explotan materiales destinados a la industria de la construcción. Aguas abajo de esta zona, solo pasa el material fino y los flujos de agua que terminan en el nivel de base, representado por el río del Valle, el más importante del Valle Central de Catamarca.

El presente trabajo analiza los sectores vulnerables factibles de ser afectados por el aumento de los caudales del río Tala – Ongolí dentro de la zona de estudio (Figura 1)



**Figura 1**  
**AREA DE ESTUDIO**

## Materiales y Métodos

Las tareas desarrolladas consistieron en la revisión de la información pública disponible sobre los riesgos hídricos y sobre las actividades extractivas de los recursos pétreos para la construcción, más el análisis de la expansión urbana, complementadas con la interpretación, digital, diacrónica de imágenes satelitales de alta resolución espacial obtenidas del sitio web Google earth y verificaciones en el terreno para darle validez a lo observado y al manuscrito elaborado.

## Resultados

Se describen las condiciones de la zona de estudio a partir de los datos existentes y la interpretación realizada por los autores del presente manuscrito.

De las canteras de áridos se extrae material pétreo para la construcción.

Según la normativa de la Dirección Provincial de Minería de la provincia de Catamarca, pueden ubicarse en terrenos privados o sectores de dominio público, como los cauces de los ríos (canteras húmedas).

Segura [2017] relevó 10 canteras húmedas, consistentes en una serie de cavas dentro del lecho del río El Tala - Ongolí, desde la cantera “Municipal” (la primera, ubicada aguas arriba) hasta la última cantera denominada “Circunvalación”. La verificación en el terreno y en las escenas satelitales con fechas del presente año demuestran que solo siguen activas, aquellas que yacen al sur de la Av. Sal de Gema, la cual conecta la ciudad con Valle Chico. Esta fuerte actividad extractiva a lo largo del eje del río, que alcanza una longitud de 2560 m, ha generado una socavación extraordinaria, ya mencionada por Segura [2017], modificando el perfil longitudinal de equilibrio del curso de agua e incluyendo en su explotación a la franja de terrenos ribereños del lecho mayor del río, la cual es de “dominio privado”, según lo establecido en el nuevo Código Civil y Comercial.

Sobre esta base, se puede indicar que: i) la actual situación del río Ongolí en este tramo ha sido modificado sustancialmente en sus condiciones naturales, tanto en el ancho como en su profundidad, la cual alcanza más de 50 m en el sector central del tramo, generando que todo el material sólido que transporta la cuenca del río El Tala – Ongolí quede atrapado en este sector y sirva de material de recarga para dar continuidad a la extracción de áridos para la industria de la construcción de la trama urbana del Gran Catamarca y ii) los caudales ordinarios y extraordinarios que transporta el río El Tala – Ongolí, quedan contenidos dentro de este espacio originado por las canteras, no existiendo posibilidad de desborde sobre los interfluvios de la margen derecha o izquierda, situación que se mantendrá mientras la explotación tenga continuidad.

En el tramo entre Loma Cortada y el Camping Municipal, la situación es crítica cada vez que el río El Tala supera las márgenes de las máximas crecientes ordinarias, produce inundaciones en el lecho mayor, generando zozobra a las personas ubicadas en dicho sector, en la que los flujos extraordinarios no son importantes, excepto un caso en el 2019 (diarios locales) que alcanzó la terraza inferior en el meandro de Loma Cortada, cubriendo el patio de la construcción existente.

En lo referente al uso del suelo urbano, se detecta en las escenas satelitales una creciente expansión de la trama urbana hacia el sur en forma continua, a partir de los inicios del año 2000, especialmente con la construcción del barrio Valle Chico, allende del río Ongolí. Con mucho criterio, en el año 2017 comenzó a construirse la avenida costanera, la cual protege o mitiga los posibles desbordes del curso de agua sobre la ribera derecha (occidental).

Sobre la margen izquierda (oriental) y el sector entre la entrada a la quebrada del Tala y el puente de acceso a Valle Chico (Av. Sal de Gema), se identifica otra avenida costanera, que es la continuación de la Av. Centenario, que llega hasta la Av. Ocampo (ápice del cono aluvial de Catamarca). Esta obra constituye una defensa natural importante o de mitigación de desbordes del Ongolí que podría afectar a la población. Sin embargo, del análisis diacrónico de las imágenes satelitales se detecta que los sectores identificados como 1 y 2 en la Figura 1, son terrenos susceptibles de ser inundados por posibles desbordes del río Ongolí, especialmente loteo del Parque Sur.

Barbeito et al., [2018] mencionan que son posibles los desbordes del río El Tala - Ongolí sobre su margen derecha que afectarían las viviendas de Valle Chico.

Se observa que el avance de la construcción de este barrio, no está adecuadamente planificada Plaza [2107]. Se puede concluir que i) el material de préstamo o de áridos se extrae de cualquier sector, a pesar que luego se intenta restaurar el terreno, pero se lo hace imprevisiblemente y sin consentimiento de las autoridades de aplicación y ii) no se respeta adecuadamente los arroyos, especialmente los de mayor magnitud, no se tiene en cuenta su correcto diámetro hidráulico y no se considera que son de “dominio público”, de acuerdo a lo fijado por el nuevo Código Civil y Comercial.

## **Discusión**

El análisis realizado y las evidencias válidas y confiables de imágenes satelitales de diferentes épocas muestran en el tramo inferior del río Ongolí, una zonificación bastante aceptable, con la construcción de las avenidas costaneras, las cuales ofrecen una mitigación ante posibles desbordes del curso de agua. La sobre explotación de áridos ha generado una socavación vertical importante que limita posibles avulsiones sobre su margen derecha, lo que invalida los resultados obtenidos por Barbeito et al. [2018] para dicho sector.

Se reconocen los problemas de susceptibilidad de inundación existente entre Loma Cortada y el Camping del río El Tala, señalado por el autor antes citado.

## **Conclusiones**

A modo de corolario, es importante destacar que se deberán crear las condiciones necesarias para mitigar y/o resguardar a los barrios que se extienden sobre la margen izquierda del río Ongolí, especialmente el loteo del Parque Sur, señalado como 1 y 2 en la Figura 1.

Asimismo, se deben dar soluciones al tramo del río El Tala - Ongolí en el sector entre Loma Cortada y el Camping Municipal, dada las evidencias de las crecientes de los últimos años y los indicios señalados en el documento del Barbeito et al., oportunamente citado.

Por último, se sugiere que, en el avance de la construcción de las viviendas en Valle Chico, se respete la legislación vigente referida a extracción de áridos o material de préstamo y aquellos arroyos considerados de dominio público por el Código Civil y Comercial.

## **REFERENCIAS**

1. O. Barbeito. S. Ambrosino. A. Ryzewski. Estudio hidrogeomorfológico, cuencas del río Tala - Ongolí, Catamarca. Centro de Estudios y Tecnología del Agua. 2018.
2. L. Segura. La explotación de áridos en la cuenca baja del río El Tala - Ongolí y su influencia en la modificación del Paisaje. Revista Vientos del Norte. ISSN: 2591-3247. Volumen I, N° 5. p.45- 56. 2017.
3. J. Plaza. Evaluación preliminar de la amenaza hídrica en el complejo habitacional de Valle Chico. Trabajo Final. Dpto. de Geología. Universidad Nacional de Catamarca. 2017.

**MAPEO DE LA LOCALIDAD DE LOS PIRPINTOS, SANTIAGO DEL ESTERO,  
UTILIZANDO AEROFOTOGRAMETRIA CON VANT.**

**J. Duro**<sup>(1)\*</sup>, **M. Llanos**<sup>(2)</sup>, **C. Infante**<sup>(1)</sup>, **L. Galván**<sup>(1)</sup>, **M. Alaniz**<sup>(1)</sup>, **I. Bernasconi**<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Avenida Belgrano Sur 1912, Santiago del Estero.*

<sup>(2)</sup> *Dirección General de Catastro, Provincia de Santiago del Estero, Calle Urquiza 228, Sgo. del Estero.  
\*Correo Electrónico (autor de contacto): javaduro@gmail.com*

**RESUMEN**

*El constante desarrollo tecnológico promueve el avance en varios sectores de la Ingeniería y la Geomática. Dentro de ellas, las técnicas de levantamiento y mapeo Fotogramétrico, nos brindan hoy nuevos métodos e instrumental que permiten realizar mediciones de forma directa e indirecta de la superficie terrestre, de una manera más rápida y eficiente que la convencional. Logrando obtener información cada vez más precisa y confiable; necesaria para la toma de decisiones en la planificación de diversos tipos de proyectos.*

*En este trabajo, se eligió una zona específica de la provincia de Santiago del Estero, la localidad de Los Pirpintos, Departamento Copo, realizando el mapeo de la misma, utilizando la tecnología VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado), realizando el levantamiento fotogramétrico aéreo, el procesamiento de los datos obtenidos y analizando los resultados alcanzados. El proyecto fotogramétrico se ejecutó un VANT del tipo ala fija, e-Bee Plus RTK, realizando el procesamiento de los datos con el software PIX4D Mapper (versión de prueba) para la adquisición de productos fotogramétricos. También se incluye información resultante de las experiencias adquiridas durante la ejecución del proyecto fotogramétrico.*

**ABSTRACT**

*The constant technological development promotes progress in various sectors of Engineering and Geomatics. Within them, Photogrammetric surveying and mapping techniques today provide us with new methods and instruments that allow direct and indirect measurements of the earth's surface, in a faster and more efficient way than the conventional one. Achieving increasingly accurate and reliable information; necessary for making decisions in the planning of various types of projects.*

*In this work, a specific area of the province of Santiago del Estero, the town of Los Pirpintos, Copo Department, was chosen, mapping it using UAV (Unmanned Aerial Vehicle) technology, performing aerial photogrammetric survey, processing the data obtained and analyzing the results achieved. The photogrammetric project was carried out on a fixed-wing type UAV, e-Bee Plus RTK, processing the data with the PIX4D Mapper software (test version) for the acquisition of photogrammetric products. Information resulting from the experiences acquired during the execution of the photogrammetric project is also included.*

*Palabras claves: (VANT - Geomática - Fotogrametría – Ortomosaico).*

*Keywords: (UAV - Geomatics – Photogrammetry - Orthomosaic).*

**1. Introducción.**

En la actualidad los campos de acción que abarca la Geomática y la Agrimensura, como lo son la topografía y el mapeo cartográfico, han tenido grandes avances, con técnicas e instrumentos que permiten realizar mediciones de la superficie terrestre, de una manera más rápida y obteniendo resultados cada vez más precisos

y confiables, lo que permite obtener información necesaria para la toma de decisiones en la planificación de diversos tipos de proyectos. El empleo de equipos topográficos como la estación total laser y los receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) son cada vez más comunes en la ejecución de los levantamientos; sin embargo; la aplicación de técnicas y equipos más avanzados como lo es la tecnología VANT resultan de uso novedoso a la fecha.

El estudio de esta temática pretende mostrar una experiencia del uso de la tecnología VANT en cuanto a mapeo de una localidad determinada de la provincia.

## 2. Materiales y métodos.

### 2.1- Zona de trabajo – Condiciones climáticas.

El área de trabajo comprende una superficie de unas 100 hectáreas, sobre la localidad de Los Pirpintos, Departamento Copo, en la provincia de Santiago del Estero. Esta localidad se encuentra sobre la Ruta Nacional N° 16, al noreste de la provincia (coordenadas geográficas aproximadas: 26°07'58" de latitud sur y 62°03'55" de longitud oeste). Presenta una topografía plana; y una población aproximada de 2.000 habitantes. Las condiciones climáticas que se presentaron fueron las ideales, viento leve de entre 2 y 5 m/s sin ráfagas, cielo despejado y temperatura media 30°C aproximadamente. El horario de ejecución del vuelo fue durante el transcurso del mediodía, previendo tener el menor porcentaje de sombras en las fotografías; ya que la zona sobrevolada al ser urbana está conformada por edificaciones y las sombras de estas entorpecerían la etapa de mapeo y vectorización.

Figura 1: Imagen satelital – Zona de trabajo



Figura 2: VANT ala fija eBeePlus RTK/PPK.



2.2- VANT utilizado – Sensor: Se utilizó un VANT e-Bee Plus RTK/PPK de ala fija; fabricado por Sensefly, compuesto por alas rígidas desmontables y propulsado por una hélice eléctrica, de despegue no vertical y lanzamiento manual, con una envergadura de 110 cm y un peso de 1.100 Kg incluyendo la batería y el sensor, una velocidad máxima de vuelo 25 m/s, resistencia al viento de hasta 12.5 m/s, una autonomía máx. de vuelo 60 minutos aproximadamente. Cuenta con autopiloto para navegación completamente autónoma incluyendo despegue y aterrizaje, y control automático de cámara. El sistema cuenta con una función que Sensefly llama HPoD (High Precision on Demand), lo que significa que la aeronave incluye una ruta de actualización incorporada para agregar la funcionalidad RTK (Real Time Kinematic) y PPK (Kinematic postprocessing), lográndose una precisión esperable absoluta horizontal de 3 cm y vertical de 5 cm, en condiciones normales. El sensor montado se trata de una cámara RGB Sensefly S.O.D.A. (Sensor optimised for drone applications), diseñada para el mapeo fotogramétrico, de una resolución de 20 Megapixel. También se utilizó el respectivo software de control, planificación, simulación y monitoreo de la trayectoria del vuelo. Como el VANT tiene un GNSS de tipo diferencial, se comunica vía radioenlace con la antena base Hiper V Topcon.

2.3- Planificación de vuelo: Con el software de planificación se hicieron cálculos previos para determinar los parámetros correspondientes, tendientes a conseguir un GSD (Ground Sampling Distance) del proyecto en un valor máximo de 4 cm que permitiera tener un detalle del área, con una resolución espacial pretendida de 15 cm.

Figura 3: Equipo GNSS Hiper V.

Figura 4: Ejecución del vuelo.



Tabla 1. Principales parámetros con que quedo dimensionado el proyecto de vuelo.

Área (Ha)	Altura de vuelo (m)	Tiempo de vuelo (min)	Superp. (%)		Dist. Entre pasadas (m)	Dist. entre exp. (m)	Nº de fotos	Cobertura de una foto (m)
			Long.	Transv.				
104.8	120.0	32:07	70	60	66	33 m	627	164x109

2.4- Apoyo terrestre – Ejecución del vuelo: Se denomina apoyo terrestre a la toma de datos y procesamiento del sistema puntos de apoyo fotogramétricos (PAF), que se utilizan como referencia para vincular el terreno con las fotografías durante la etapa de restitución. La obtención de las coordenadas de los puntos de apoyo sobre el terreno, necesarios para realizar la aerotriangulación, se realizó mediante el método de medición GNSS - RTK. Las marcas/señales se distribuyeron sobre la zona de trabajo tratando que su distribución sea homogénea (Ver Figura 5). Resultando de la fase de apoyo terrestre el levantamiento de 7 puntos de apoyo, en coordenadas geodésicas, marco de referencia geodésico nacional POSGAR 2007.

Posteriormente se ejecutó el vuelo, que comprende: preparación del equipo, movilización a la zona de despegue y aterrizaje, procedimientos de seguridad necesarios para ejecutar el vuelo, procesos de calibración y ajustes básicos de la cámara. A partir de aquí no se requiere ningún control manual, solo se debe procurar que no se pierda la conexión inalámbrica con la aeronave, ni el contacto visual de ser posible. La serie de pasos descritos anteriormente resultaron de la combinación de conocimientos fotogramétricos para la adquisición de aerofotografías tradicionales, óptimas para el mapeo, e instrucciones y recomendaciones dadas por el fabricante del VANT, que otorgan seguridad a la ejecución del vuelo.

2.5- Procesamiento de los fotogramas obtenidos en el vuelo: De la ejecución del proyecto fotogramétrico resulta un conjunto de información aérea (fotografías con información geográfica) y terrestre o puntos de apoyo que permite proceder a la etapa de procesamiento de datos. La restitución de las imágenes digitales aéreas obtenidas de la ejecución del proyecto, se realizó utilizando el software Pix4D Mapper (versión de prueba); software especializado en fotogrametría que permite convertir imágenes digitales para la obtención del ortomosaico georreferenciado con el fin de generar la cartografía requerida de la zona de levantamiento.

### 3. Resultados.

3.1- Ortofoto: El procesamiento dio como resultado un mosaico de ortofotos (teselas) de la zona de estudio, siendo cada tesela una imagen procesada con escala constante y propiedades de una proyección ortogonal, georreferenciada, que nos permite medir y vectorizar los distintos elementos que en ella se encuentran. Con un GSD final de 3,46 cm (dentro de los parámetros esperados) y un Error Medio Cuadrático de 3,2 cm en la posición, luego de corregir el ingreso de la posición de los PAF de apoyo terrestre. (En la Figura 6 se muestra una fracción de tesela de la ortoimagen con la una manzana del área de trabajo). Además, también pudo obtenerse con el mismo procesamiento, un Modelo Digital de Elevación (MDE) de la zona de trabajo, la cual no fue necesario utilizar para los fines de la vectorización.

3.2- Vectorización: La vectorización es el proceso de digitalización del contenido visual resultante del procesamiento de las fotografías aéreas. En nuestro caso, la resolución espacial alcanzada de 13,84 cm (Tomando la Res. Espacial = GSD final x 4), permite el mapeo de elementos del territorio en estudio, como superficie cubierta, trazas de caminos, líneas de manzanas, zonas de vegetación, etcétera. Esto se realizó con software de Sistema de Información Geográfica libre (QGIS), el cual permite manejar las teselas de la ortofoto

en formato GeoTIFF que es un estándar de metadatos de dominio público que permite que información georreferenciada sea encajada en un archivo de imagen de formato TIFF (Tagged Image File Format).

Figura 5:

Distribución espacial de los PAF en el área de trabajo.



Figura 6: Tesela de la ortofoto obtenida con la vectorización de línea de manzana es este caso.



#### 4. Conclusiones.

El uso de los VANT permite la obtención de fotografías aéreas de gran resolución, en áreas relativamente pequeñas, reduciendo el tiempo de ejecución de vuelo y su costo; permitiendo obtener resultados confiables, con todos los beneficios posibles del uso de la fotogrametría, como por ejemplo la vectorización de los elementos de interés. Para obtener productos de buena calidad el punto clave está en la buena planificación del proyecto de vuelo fotogramétrico, considerando la orografía del terreno y las características de elementos presentes en el mismo (vegetación densa, cuerpos de agua, campos de agricultura, etc.), así como también el tipo de aeronave a utilizar. La cantidad y distribución adecuada de los PAF a utilizarse en un proyecto permite obtener productos fotogramétricos más preciso y con mejores resultados en la georreferenciación del proyecto, permitiendo escalarlo y trasladarlo a su verdadera posición en el espacio reduciendo el error de la geolocalización de las imágenes.

#### 5. Agradecimientos.

Al Consejo de Investigación de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (CICYT-UNSE). A la Dirección General de Catastro de la Provincia de Santiago del Estero.

#### 6. Referencias.

1. <https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/Fotogrametria/VuelosFotogrametricos>, 2020.
2. Llanos, L.M., Trabajo Final de Graduación La Tecnología VANT en el Campo de la Fotogrametría y sus Aplicaciones Topográficas y Cartográficas, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina, 2019.
3. DJI, Manual de Usuario Phantom IV, 2016.
4. Quispe, E. O., Análisis de GSD para la generación de cartografía utilizando la tecnología drone, Huaca de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 2015.

## ANÁLISIS DE LA NORMATIVA DEL AGUA Y EL AMBIENTE PARA EL MANEJO Y PROTECCIÓN EN LA CUENCA INTERJURISDICCIONAL SALI-DULCE

E. Terribile<sup>(1)</sup>, A. Storniolo<sup>(2)</sup>, W. Trejo<sup>(3)</sup>, C. Falcón<sup>(4)</sup>, M. Vera<sup>(5)</sup>, C. Carrizo<sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento Académico de Geología y Geotecnia, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (s) 1912, Santiago del Estero, Argentina.

\* Correo Electrónico<sup>1,2,3,4,5,6</sup>: [aguasubterranea2021@gmail.com](mailto:aguasubterranea2021@gmail.com)

### RESUMEN

*En la gestión de los recursos hídricos, la conciencia ambiental adquiere sobre todo en las últimas décadas una marcada relevancia desde los actores y usuarios de los servicios ambientales que una cuenca brinda.*

*La cuenca Salí-Dulce se extiende sobre cinco provincias de la República Argentina: Salta, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero y Córdoba, tiene 812 km de longitud y una superficie de 89.936 km<sup>2</sup>.*

*Al tratarse de una cuenca de amplia extensión territorial requiere de una gestión apoyada sobre normativas y acuerdos entre actores y gestores participantes de las distintas provincias que integran dicha cuenca, que reflejen estrategias destinadas a reforzar la integración de los diferentes ámbitos jurisdiccionales y/o institucionales en un marco de cooperación, colaboración y acciones conjuntas, amigables con el medio-ambiente.*

*En el presente trabajo se analiza la normativa de carácter Nacional, Provincial, etc. que rigen para la gestión, conservación y sustentabilidad de las actividades que involucran el recurso hídrico en la Cuenca Salí- Dulce, para detectar bondades e inconvenientes derivados de aplicabilidad en la gestión y manejo de la cuenca interjurisdiccional de la normativa que la regula.*

*Mediante la identificación de actividades antrópicas que impactan en la cuenca, estudios relacionados a la posible degradación ambiental de los cuerpos de agua, y los diversos acuerdos que fueron surgiendo a través del tiempo y que estaban disponibles, se hizo un diagnóstico de la situación actual. A partir de lo sucedido en el tiempo, con vistas a una proyección que permita aportar al mejoramiento de un monitoreo futuro de la cuenca, que nos brinde más y mejor información sobre los impactos en la calidad de agua, en base a una gestión integrada de la Cuenca Salí- Dulce.*

### ABSTRACT

*In the management of water resources, environmental awareness has acquired, especially in recent decades, a marked relevance from the actors and users of the environmental services that a basin provides.*

*The Salí-Dulce basin extends over five provinces of the Argentine Republic: Salta, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero and Córdoba, it is 812km long and has an area of 89,936km<sup>2</sup>.*

*As it is a basin with a wide territorial extension, it requires management supported by regulations and agreements between participating actors and managers from the different provinces that make up said basin, which reflect strategies aimed at reinforcing the integration of the different jurisdictional and/or institutional spheres in a framework of cooperation, collaboration and joint actions, friendly to the environment.*

*In the present, the regulations of a National, Provincial, etc. character are analyzed. that govern for the management, conservation and sustainability of the activities that involve the water resource in the Salí-Dulce Basin, to detect benefits and inconveniences derived from the applicability in the management and management of the interjurisdictional basin of the regulations that regulate it.*

*Through the identification of anthropic activities that impact the basin, studies related to the possible environmental degradation of water bodies, and the various agreements that have emerged over time and that were available, a diagnosis of the current situation was made. Based on what happened over time, with a view to a projection that allows us to contribute to the improvement of future monitoring of the basin, which provides*

us with more and better information on the impacts on water quality, based on an integrated management of Salí-Dulce Basin.

## ANÁLISIS DE LA NORMATIVA DEL AGUA Y EL AMBIENTE PARA EL MANEJO Y PROTECCIÓN EN LA CUENCA INTERJURISDICCIONAL SALI-DULCE

Palabras claves: gestión, cuenca, normativa, interjurisdiccional

### Introducción

La cuenca de los ríos Salí-Dulce se extiende sobre cinco provincias de la República Argentina: Salta, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero y Córdoba. Ocupa una superficie aproximada de 57.000 km<sup>2</sup> y una extensión de 800 Km de largo, donde viven más de 2 millones de personas. Se la clasifica como una cuenca endorreica, pues sus aguas finalizan su recorrido en la Laguna Mar Chiquita, en la provincia de Córdoba.

En el área de influencia del río Salí (Tucumán), las principales actividades económicas son la producción de cítricos y caña de azúcar, a lo que se suma un ingente desarrollo industrial de ingenios azucareros, destilerías de alcohol y frigoríficos.

El río Dulce, por su parte, se encuentra en una situación diferente. Santiago del Estero es una provincia con menor desarrollo industrial y su estructura productiva agrícola-ganadera, depende fuertemente del riego artificial, aprovechando a tal efecto tanto las aguas de los ríos como las del embalse de Río Hondo; este último se encuentra en territorio santiaguense y constituye una obra de infraestructura que beneficia a la provincia en diversos aspectos, tales como disminución de inundaciones, atenuación de potenciales crecidas, favorece el suministro de riego y agua potable, generación de hidroelectricidad y desarrollo ictícola y turístico de la región. La actividad productiva diversa, es consecuencia de una amplia extensión territorial, gran variedad de climas y suelos. Por esta razón, requieren de una normativa y de acuerdos entre actores y gestores participantes, que reflejen estrategias, destinadas a reforzar la integración de los diferentes ámbitos jurisdiccionales y/o institucionales en un marco de cooperación, colaboración y acciones conjuntas, amigables con el ambiente.

Si bien existieron distintos programas destinados a abordar la degradación ambiental del río y sus afluentes, entre las que se destacan algunas iniciativas en los años noventa; la conciencia y preocupación colectiva se nutrieron con “el activismo judicial de organizaciones ciudadanas”, como actores públicos y privados, constituidos en guardianes ambientales, atentos al impacto de las actividades antrópicas sobre la cuenca.

El objetivo de este trabajo, es realizar análisis físico químicos en la cuenca, en distintas épocas del año conforme a la actividad industrial (principalmente azucarera) para evaluar la aplicabilidad de la normativa del agua y el ambiente en el manejo y protección del Recurso Hídrico Interjurisdiccional.

### Materiales y Métodos

En las campañas de monitoreo en la cuenca Salí-Dulce, se determinaron 26 puntos de muestreo, georreferenciados, y que se detallan en la Tabla 1: Puntos de muestreo de las campañas 2019 y 2022, y en la Figura 1: Ubicación con los puntos de muestreo.

NOMBRE	COORD GEOGRAFICAS		OBSERVAC
	LATITUD	LONGITUD	
RIO MARAPA	27°39'25.07"S	65°14'39.73"O	MUESTRA 1
RIO CHILENO	27°37'52.18"S	65°14'56.91"O	MUESTRA 2
RIO MATAZAMBI	27°33'33.67"S	65°16'6.37"O	MUESTRA 3
RIO CHICO	27°31'16.45"S	65°16'1.70"O	MUESTRA 4
CANAL MONTEAGUDO	27°27'50.45"S	65°15'49.30"O	MUESTRA 5 -
RIO MEANDRRIFORME	27°27'40.59"S	65°15'51.73"O	MUESTRA 6
RIO GASTONA	27°25'58.05"S	65°16'17.13"O	MUESTRA 7
Km 1180 Ruta Nac. 157 Tucuman	s/d	s/d	MUESTRA 8
Km 1192 Ruta Nac. 157 Tucuman	s/d	s/d	MUESTRA 9
RIO SECO	27°20'10.18"S	65°19'2.72"O	MUESTRA 10
RIO DEL ESTERO	27°16'57.91"S	65°20'41.48"O	MUESTRA 11
ARROYO PEREZ	s/d	s/d	MUESTRA12
RIO ROMANO O LOS SOSA	27°10'49.86"S	65°21'25.70"O	MUESTRA 13
RIO COLORADO	27°10'20.26"S	65°21'22.79"O	MUESTRA 14
RIO FAMAILLA	27° 7'24.14"S	65°20'30.32"O	MUESTRA 15
RIO SALI	27° 7'59.20"S	65°18'56.37"O	MUESTRA 16
CANAL LEALES 1	27° 08'34.28"S	65°13'04.84"O	MUESTRA 17
CANAL LEALES 2	27° 9'12.28"S	65°9'39.29"O	MUESTRA 18
RIO MIXTA	27°11'7.17"S	65° 6'39.36"O	MUESTRA 19
CANAL DP2	27°18'35.17"S	64°59'27.64"O	MUESTRA 20
LA CASCADA TERMAS RH	27°29'46.63"S	64°50'22.81"O	MUESTRA 21
DIQUE LOS QUIROGA	27°39'7.76"S	64°21'57.91"O	MUESTRA 22
PTE LA DORMIDA R DULCE	28°19'45.00"S	64° 0'25.97"O	MUESTRA 23
PASO DE LOS OSCARES	29°15'42.16"S	63°12'8.34"O	MUESTRA 24
RIO PRIMERO O SUQUIA	30°55'0.92"S	62°55'6.41"O	MUESTRA 25
RIO 2do / XANAES/PLUJUNTA	31° 0'37.37"S	62°47'17.37"O	MUESTRA 26

Tabla 1: Puntos de muestreo en la Cuenca Salí Dulce de la campaña 2019 y 2022.

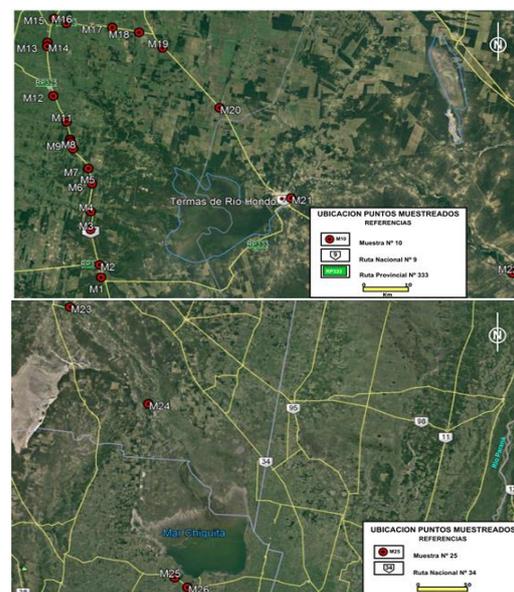


Figura 1: Ubicación de los Puntos de muestreo en la Cuenca

Los puntos de muestreo, para que sean representativos, fueron determinados en: canales, derivaciones y el propio cauce del río Salí-Dulce en las provincias de Tucumán, Santiago del Estero y Córdoba.

Las muestras de agua fueron almacenadas en recipientes herméticos de PVC de 500 ml, perfectamente identificadas y conservadas, y se enviaron a los Laboratorios de la Dirección Provincial de Obras Sanitarias de Santiago del Estero (DIOSSE) y del Ministerio de Salud de la provincia de Santiago del Estero para las determinaciones de iones mayoritarios y minoritarios. Los métodos de análisis utilizados son los tradicionales y se midieron: cloruros Cl<sup>-</sup>, fluoruros F<sup>-</sup>, sulfatos SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, bicarbonatos CO<sub>3</sub>H<sup>-</sup>, carbonatos CO<sub>3</sub><sup>=</sup>, sodio Na<sup>+</sup>, potasio K<sup>+</sup>, calcio Ca<sup>++</sup>, magnesio Mg<sup>++</sup>, arsénico As, Relación de Absorción de Sodio (SAR), dureza, entre otros. También, durante las tomas de muestras se determinaron in situ Oxígeno Disuelto (OD), Temperatura, Conductividad Eléctrica (CE) y pH.

El instrumental utilizado para las mediciones de campo se detalla en la Tabla 2: Instrumental de Campo y la Figura 2: Equipos para mediciones de parámetros in-situ.

Equipos de campaña utilizados en las mediciones	
Parámetros	Equipos HACH
Oxígeno Disuelto	HQ30d Medidor portátil para diversos parámetros en agua equipado con sonda IntelliCAL para OD.
Conductividad	SensION 5 Medidor de precisión de Conductividad y Salinidad.
pH y Temperatura	SensION 2 pHmetro para investigación y aplicación ISE in situ.

Tabla 2: Instrumental de Campo



Figura 2: Equipos para mediciones de parámetros in-situ

Los resultados informados por ambos laboratorios, fueron comparados a modo de referencia, con los valores estándares establecidos por las reglamentaciones que se detallan a continuación y que sugieren valores límites para su consideración como contaminantes:

- Resolución N° 030 (SEMA), de Expediente N° 018/621–DFA (2008), Anexo I A-B, y I C5 niveles de calidad de los efluentes industriales y cloacales de la Provincia de Tucumán.
- Código Alimentario Argentino (CAA) Art 982 “Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario”, Resolución Conjunta 34/2019 - RESFC-2019-34-APN-SRYGS#MSYDS (Secretaría de Regulación y Gestión Sanitaria y Secretaría de Alimentos y Bioeconomía).
- Reglamentación de Estándares y Normas Sobre Vertidos Para La Preservación Del Recurso Hídrico Provincial (Poder Ejecutivo de Córdoba).

## Resultados

Los resultados de laboratorio, se analizaron con la normativa de carácter nacional, provincial y algunos acuerdos interjurisdiccionales. Si bien no existe una única normativa, en función de la autonomía de las provincias que integran la cuenca, se optó por las ya enunciadas en el ítem anterior, dado a que las mismas están reglamentadas, permitiendo de este modo su comparación, obteniéndose los siguientes resultados: Tabla 3: Resultados de los análisis físico-químicos de los puntos de muestreo (Campaña 2019) y Tabla 4: Resultados de los análisis físico-químicos de los puntos de muestreo (Campaña 2022), en las que se observan algunos límites, por encima de la normativa.

MUESTRA	Anexo I A-B Niveles de Calidad Efluentes Industriales y Cloacales - Tucumán					Anexo I C5 Abastecimiento Doméstico, Urbano y Potable Industrial - Tucumán					Agua Potable de Suministro Público y Agua Potable de Uso Domiciliario (CAA)					Reglamentación de Estándares y Normas sobre Vertidos para la Preservación del Recurso Hídrico - Córdoba										
	pH	OD (mg/l)	CE (uS/cm)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	SAR	As (mg/l)	OD (mg/l)	Dureza (mg/l)	As (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	F (mg/l)	TSD (mg/l)	Color (UC)	Olor	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza (mg/l)	TSD (mg/l)	As (mg/l)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	pH	As (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	
Río Marapa															59					0.022						
Río Chileno															5					0.015						
Río Matazambi															12	3.39				0.014			3.39			
Río Chicó															12					0.036						
Río meandriforme															8					0.014						
Río Gastona																										
Río Pampa Mayo																										
Río Seco															5					0.012						
Río Del Estero															5					0.012						
Arroyo Pérez															5					0.012						
Río Romano o Los Sosa															4					0.014						
Río Colorado	1320					1320									11	pútrido				0.014						
Río Salí	1520					1520									12					0.014						
Canal Leales 1															12					0.014						
Río Mixta		2540		12.19				1.2							4			1626	1.2	358			1.2			
Canal DP2		3130	886	11.21	1200	2700		55	886					17	pútrido	60	420	2003	0.055		886				886	
La Cascada de TRH																				0.014						
Dique Los Guiroga																				0.014						
Pte. La Dormida R. Dulce															5					0.016						
Paso de Los Ocares		9420		23.27			1001			3101					10	1001	6029		3101							
Río Primero o Suguia															7					0.012						
Río Segundo o Xanares				8.52											10					0.03						
Mar Chiquita																										

Tabla 3: Resultados de los análisis físico-químicos de los puntos de muestreo. Campaña 2019

MUESTRA	Anexo I A-B Niveles de Calidad Efluentes Industriales y Cloacales - Tucumán					Anexo I C5 Abastecimiento Doméstico, Urbano y Potable Industrial - Tucumán								Agua Potable de Suministro Público y Agua Pótale de Uso Domiciliario (CAA)								Reglamentación de Estándares y Normas sobre Vertidos para la Preservación del Recurso Hídrico - Córdoba				
	pH	OD (mg/l)	CE (vS/cm)	SO4 (mg/l)	SAR	As (mg/l)	OD (mg/l)	pH	Dureza (mg/l)	As (mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	F (mg/l)	TSD (mg/l)	Color (UC)	Olor	Turbiedad (NTU)	pH	Dureza (mg/l)	As (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	TSD (mg/l)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)	SO4 (mg/l)
Rio Marapa																										
Rio Chileno			1400		21,82															0,018						386
Rio Matazambi																				0,028						
Rio Chico																				0,0247						
Rio meandriforme					6,73															0,031						
Rio Gastón																				0,0169						
Rio Pampa Mayo																										
Rio Seco																										
Rio Del Estero																										
Arroyo Perez																				0,0246						
Rio Romano o Los Sosa																										
Rio Colorado																				0,011						
Rio Salí																										
Canal Leales 1		1648			6,06															0,03						
Rio Mixta		2530	564	14,99					0,135	564				2018					0,135		564	2018		546	564	
Canal DP2		3530	1085	17,59					0,112	1085				2633					0,112		1085	2633		735	1085	
La Cascada de TRH																				0,0127						
Dique Los Quiroga																				0,011						
Pte. La Dormida R. Dulce																				0,015						
Paso de Los Ocares		14290	1114	61,11				749		1114	4669		9425					749	0,0155	4669	1114	9425		3230	1114	
Rio Primero o Suguila																										
Rio Segundo o Yaneses					6,21																					
Mar Chiquita		92800	12452	149,64				5733		12452	35196	2,10	76512					5738	0,013	35196	12452	76512	2,1	26185	12452	

Tabla 4: Resultados de los análisis físico-químicos de los puntos de muestreo. Campaña 2022

## Discusión

Se debe destacar, importantes avances en relación al monitoreo ambiental y a la gestión de la Cuenca Salí-Dulce. En el tratamiento de la normativa aplicable a la misma, el Comité Interjurisdiccional, creado por un acuerdo interprovincial, se enmarca en los Principios Rectores, pero plantea serios problemas de articulación tanto entre la Nación y las provincias, como entre las provincias que conforman el Comité de Cuenca.

Cada una de las normativas de referencia analizadas establece valores estándares diferentes, como por ejemplo la Resolución N° 030 (SEMA), en sus Anexos: I A-B y I C-5 establece como valor límite admisible para los Sulfatos 400 mg/l, en cambio la Reglamentación de Estándares y Normas Sobre Vertidos Para La Preservación Del Recurso Hídrico Provincial de Córdoba, fija un límite de 500 mg/l.

A modo de reflexión, alguno de los interrogantes a responder serían: ¿qué valores se tomarían como referencia para el monitoreo de una cuenca interjurisdiccional?, o ¿quién es el encargado de velar por el cumplimiento de los monitores? ¿es un organismo provincial o interjurisdiccional?

## Conclusiones

La cuenca como unidad administrativa es compleja al valorar los impactos producto de las actividades antrópicas, sostenidas en el tiempo. A pesar de los esfuerzos, el nivel de implementación aún es insuficiente en términos de sustentabilidad ambiental.

Para una gestión más eficiente en la cuenca sería importante establecer un programa de monitoreo, que permita realizar un seguimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua superficial (59 elementos de la tabla periódica), de los ríos que aportan a la cuenca, como una manera de comprender adecuadamente la compleja dinámica, que genera impactos en el medioambiente, mediante una normativa única y consensuada por las provincias que forman parte de Cuencas Interjurisdiccionales.

## Agradecimientos

Agradecemos a la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad y de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, a los profesionales y técnicos de otras disciplinas, que gentilmente brindaron su aporte en temas referidos a leyes y normas, a los docentes del Departamento de Geología y Geotecnia que trabajaron en este proyecto y a los que compartieron sus conocimientos e inquietudes impulsándonos en la concreción del proyecto.

## Referencias

1. Anexo Único. Reglamentación de Estándares y Normas Sobre Vertidos para la Preservación del Recurso Hídrico Provincial. Decreto 847 Poder Ejecutivo de Córdoba, p. 15-17 (2016).  
<http://boletinoficial.cba.gov.ar/wp-content/4p96humuzp/2016/07/847-dec.pdf>
2. Control de la Calidad de Cauces Hídricos y Efluentes Industriales en épocas de pandemia. Secretaria de Estado de Medio Ambiente de Tucumán. Resolución N° 030 (SEMA) Exp. N° 018/621-DFA-2008. P. 5-9 (2009).  
[http://www.sematicucuman.gov.ar/archivos\\_publicados/descarga/anio\\_carga\\_2021/iddocumento\\_445.pdf](http://www.sematicucuman.gov.ar/archivos_publicados/descarga/anio_carga_2021/iddocumento_445.pdf)
3. CAPÍTULO XII Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificada. AGUA POTABLE. Artículo 982 - (SECRETARÍA DE REGULACIÓN Y GESTIÓN SANITARIA Y SECRETARÍA DE ALIMENTOS Y BIOECONOMÍA. Resolución Conjunta 34/2019 RESFC-2019-34-APN-SRYGS#MSYDS (2019)  
<https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/222045/20191127>
4. Ley 25.675: POLITICA AMBIENTAL NACIONAL. Ley General del Ambiente, Decreto 2413/2002  
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25675-79980/texto>

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**ANTROPOGÉNESIS: MODIFICACIÓN DEL RELIEVE POR CARCAVAMIENTOS**

**Nolasco, Lucas<sup>(1,)\*</sup>, Visich, María<sup>(2)</sup>, Quispe, Carmen<sup>(3)</sup>**

<sup>(1,2)</sup> Cátedra de Geomorfología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Avenida Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup> Cátedra de Topografía I y II, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Avenida Bolivia 5150, Salta, Argentina.  
[lucs.151288@gmail.com.ar](mailto:lucs.151288@gmail.com.ar)

**RESUMEN**

*La antropogénesis hace referencia a las modificaciones que la acción del hombre provoca en el relieve. Estas alteraciones forman parte de lo que se conoce como Geomorfología Dinámica, disciplina de la Geomorfología, que trata los efectos que los procesos elementales de meteorización y remoción en masa y, la acción de diferentes agentes de erosión, transporte y sedimentación ocasionan en un determinado paisaje o lugar.*

*En la zona analizada el agente erosivo encargado de producir las alteraciones o antropogénesis, es el agua de escurrimiento pluvial. Estas corrientes se generaron como consecuencia de la construcción de una importante obra de infraestructura, el puente de Avenida Ingenieros, que cruza transversalmente el río Arenales, lo que generó modificaciones en el escurrimiento natural, por lo que las aguas procedentes desde el oeste y las de los relieves del este de la zona escurren por los laterales del puente hasta un sector bajo, donde confluyen originando una cárcava cuya evolución fue incrementándose en el tiempo, desde unos pocos centímetros de profundidad y ancho en 2016 a 5 metros de profundidad y 1,50 metros de ancho en el presente. Entre el 2015 y el 2018 para un tramo de 8 m se determinó que la pérdida de material por erosión fue de 13 m<sup>3</sup> y la acumulación de sedimentos de 0,50 m<sup>3</sup> [Quispe et al. 2020]. Para la sección superior de la cárcava se obtuvo en 2019 un volumen total de material perdido por erosión de aproximadamente 64 m<sup>3</sup>.*

**ABSTRACT**

*Anthropogenesis refers to the modifications that the action of man causes in the relief. These alterations are part of what is known as Dynamic Geomorphology, a discipline of Geomorphology, which deals with the effects that the elementary processes of weathering and mass removal and the action of different agents of erosion, transport and sedimentation cause in a given landscape or place.*

*In the analysed area, the erosive agent in charge of producing the alterations or anthropogenesis is the rainwater runoff. These currents were generated as a result of the construction of an important infrastructure work, the Avenida Ingenieros bridge, which crosses the Arenales River, which generated changes in the natural runoff, so that the waters coming from the west and those from the eastern reliefs of the area run down the sides of the bridge to a low sector, where they converge, creating a gully whose evolution has increased over time, from a few centimeters deep and wide in 2016 to 5 meters deep and 1.50 meters wide meters wide at present. Between 2015 and 2018, for a section of 8 m, it was determined that the loss of material due to erosion was 13 m<sup>3</sup> and the accumulation of sediment was 0.50 m<sup>3</sup> [Quispe et al. 2020]. For the upper section of the gully, a total volume of material lost by erosion of approximately 64 m<sup>3</sup> was obtained in 2019.*

*Palabras Claves: Escurrimiento pluvial, erosión hídrica, cárcava.*

## INTRODUCCIÓN

Una cárcava es una zanja producto de la erosión que generalmente sigue la pendiente máxima del terreno y constituye un cauce natural en donde se concentra y escurre el agua proveniente de las lluvias torrenciales. Éstas se inician cuando el suelo ha sido removido por el flujo superficial y subsuperficial formando pequeños surcos, considerado como zanjeado incipiente. A medida que aumenta el escurrimiento se forman pequeños canales que van creciendo en ancho y en profundidad. Aunque el origen y evolución temporal de las cárcavas aun no es bien conocido, son morfologías que aparecen asociadas a litologías fácilmente erosionables. La mayoría parece ser el resultado de procesos erosivos acelerados por la construcción de obras civiles, la pendiente del terreno y las precipitaciones que tienen lugar en las estaciones estivales.

El área de estudio se encuentra ubicada en el sector sureste de la ciudad de Salta, en el extremo sur de las Sierras de Mojotoro, en el piedemonte del cerro La Pedrera. El mismo se ubica en el cuadrante de coordenadas:  $24^{\circ}50'30,54''$  S -  $65^{\circ}22'25,15''$  O;  $24^{\circ}50'31,15''$  S -  $65^{\circ}22'27,76''$  O;  $24^{\circ}50'32,31''$  S;  $65^{\circ}22'27,58''$  O;  $24^{\circ}50'31,97''$  S -  $65^{\circ}22'24,77''$  O. Limita al NE con el Parque Industrial, al SE con las Sierras de Mojotoro, al SO con zonas destinadas a la ganadería y finca La Angostura, y al NO con el Inmueble Matrícula nº 1.100 (Fig. 1).

La cárcava generada entre el puente de avenida Ingenieros y el talud del ex vertedero de Finca La Angostura, es consecuencia de las discontinuidades litológicas entre los materiales que constituyen el terraplén del puente y el talud del ex vertedero, los tubos de sufusión y la erosión diferencial que genera el escurrimiento procedente de los cursos temporales provenientes desde cerro La Pedrera al este y fundamentalmente con los provenientes desde el oeste por la propia avenida. Las aguas confluyen, escurriendo por los badenes, provocando el acarcavamiento en la zona de contacto entre el ex vertedero y la subrasante de la Avenida Ingenieros.

En la margen izquierda del río, donde se encuentra el estribo este del puente y el talud del ex vertedero de Finca La Angostura, los principales factores en la evolución de la cárcava son la dinámica hídrica, la pendiente topográfica y la antropogénesis. Entre el año 2021 y 2022 en el sector en estudio se realizaron numerosas modificaciones civiles, como la anulación de uno de los badenes, la incorporación de varios tubos de desagües en el propio puente, y construcciones sobre el terreno, los cuales ocasionan un cambio en la dinámica de escurrimiento de las aguas.

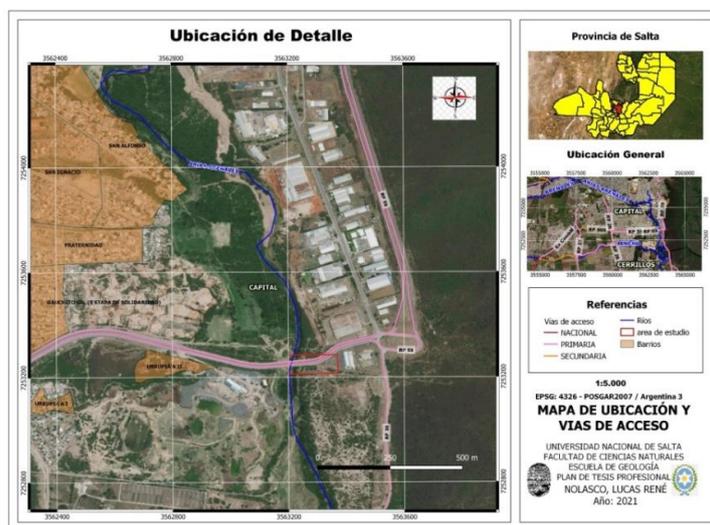


Figura 1: mapa de ubicación y vías de acceso a la zona de estudio

## MATERIALES Y MÉTODOS

En gabinete se efectuó la recopilación de la bibliografía respecto al tema y de los antecedentes en la zona de estudio. Se analizaron distintas metodologías para la medición de cárcavas, eligiendo el Método de Transecta de Cárcava. En campo se procedió a la identificación del carcavamiento y los factores que lo ocasionan y posteriormente a las mediciones. Para la toma de datos se utilizaron equipos de trabajo como nivel óptico topográfico, cinta métrica, cinta de agrimensor, GPS, mira de 4 metros, cámara fotográfica. En gabinete se realizaron los cálculos de volumen y la interpretación de las mediciones realizadas.

La cárcava a evaluar fue medida longitudinalmente y dividida en transectas dependiendo de la regularidad del lecho. Como las secciones, son bastantes irregulares se tomaron secciones cortas.

El método de Transecta de Cárcava consiste en la evaluación del cambio en la sección transversal de una cárcava por acción de la socavación de la escorrentía durante un período lluvioso. Con la metodología se cuantifica la evolución de la cárcava en sus dimensiones de ancho y profundidad lo que permite determinar la pérdida de suelo expresada en volumen.

La cárcava en estudio fue dividida en tres tramos (Fig. 2), de acuerdo a las posibilidades de medición con el instrumental y los cambios en la dinámica de erosión hídrica. El tramo superior, se extiende desde el inicio de la cárcava (punto 1) hasta una longitud de 48 metros (punto 7). El tramo medio se extiende desde el punto 7, coincidente con una zona de derrumbes, hasta el pie del estribo del puente, donde la toma de datos se vio afectada por la espesa cubierta vegetal. El tercer y último tramo, tramo inferior, se ubica en la llanura de inundación, debajo del puente, donde cambia la dinámica de erosión hídrica ya que la cárcava se vuelve serpenteante y de menor profundidad. En este trabajo se consideran las mediciones efectuadas en el tramo superior de la cárcava por su afectación al relieve original (Tabla 1).

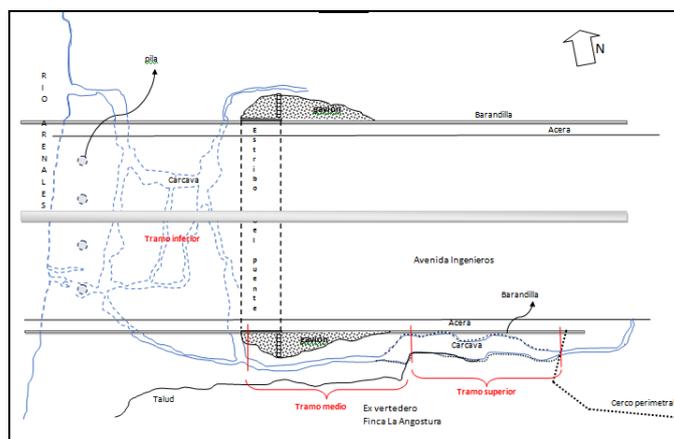


Figura 2: Croquis que muestra la cárcava analizada.

Tabla 1: Planilla de campo. PN (punto de nivelación), DP (distancia parcial), DT (distancia total), HM (hilo medio), ← (atrás), ↑ (intermedio), → (adelante), PV (plano visual), SC (sección transversal), S (superior), L (lecho), P (profundidad).

PN	DP (m)	DT (m)	HM			PV (m)	Cota (m)	SC			Observaciones
			←	↑	→			S	L	P	
1	0	0	0,91			1172,08	1171,35	0	0	0	Coordenada: 24° 50' 31,6''LS; 65° 22' 24,8''LO. Azimut de arranque: 250°. Desde el puente hasta el inicio a la cárcava hay 5, 6m con un ancho de abertura del badén de 1,7m Pendiente topográfica = 1°
2	0	10		1,08		1172,08	1171	1,68	1,04	0,35	Desde PV 1 hasta el PV 2 hay 10 m cubiertos por escombros. Pendiente de la cárcava aproximadamente 3°
3	3	13		1,26		1172,08	1170,82	1,56	0,92	0,46	
4	5,5	18,5		-		1172,08	1170	1,33	0,86	0,65	Ha = 1,5 m. El nivel se situó a los 7m desde el PV 2
5	6	24,5		2,43		1172,08	1169,65	2,41	1,63	0,86	
6	6	30,5		2,77		1172,08	1169,31	3,15	2,70	1,06	
7	7,6	38,1			3,22	1172,08	1168,86	5,20	4,73	1,34	Desde aquí en adelante las mediciones no pudieron ser realizadas por el impedimento de la cubierta vegetal y difícil acceso

## RESULTADOS

Para el cálculo del volumen se eligió el Método de la Sección Media. Este método, aplicado en dos secciones sucesivas, ya sea en corte o en relleno, se funda en la hipótesis de que el volumen entre dos perfiles transversales consecutivos es la media de ambas superficies multiplicadas por la distancia entre las mismas.

La expresión empleada para cuantificar la pérdida de suelo entre secciones determinadas a causa de las lluvias y la escorrentía que provocan una variación en amplitud y profundidad, va a depender de la forma de

la cárcava. En general, cada sección contemplada configura una forma de trapecio lo cual lleva a considerar la amplitud de la parte superior de la cárcava, la amplitud del fondo y la profundidad. Los resultados que se obtienen aplicando este procedimiento son aproximados ya que sólo se miden puntos representativos del perfil. La Figura 3, muestra la forma geométrica en dos secciones consecutivas.



Figura 3: Formas geométricas en dos secciones consecutivas.

## DISCUSIONES

Si bien existen diferentes trabajos en los que se efectuó la caracterización geológica y geomorfológica de la provincia de Salta, para la individualización de la evolución de la cárcava en el área de trabajo se tuvieron en consideración mediciones topográficas realizadas en años anteriores [Paniagua, 2016, Quispe *et al.* 2018, 2020], las que cotejadas con las efectuadas en el 2019 y 2022 permitieron efectuar comparaciones a través de un período de tiempo de seis años y determinar la progresión de los carcavamientos en un sector de la unidad del este de la ciudad de Salta, Capital, correspondiente al tramo medio de la Sierra de Mojotoro, ubicado en el pie de monte del cerro La Pedrera. Estas comparaciones permitieron determinar los volúmenes de materiales movilizadas, incrementados y relacionados con la actividad antrópica.

## CONCLUSIONES

Para la sección superior de la cárcava se obtuvo un volumen total de material perdido por erosión de aproximadamente 64,1 m<sup>3</sup>. En el año 2015, se observaron incipientes modificaciones del terreno, efectuándose las primeras mediciones plani-altimétricas de perfiles transversales y un perfil longitudinal. En el año 2018, se detectaron que las alteraciones se incrementaron, trazándose en aquél momento tres perfiles a los efectos de comparar numéricamente las variaciones en amplitud y profundidad, además de pérdida o acumulación de material. Los resultados finales, entre los años 2015 y 2018, en un tramo de aproximadamente 8 m, arrojaron 13 m<sup>3</sup> en pérdida de material y 0.50 m<sup>3</sup> de acumulación de sedimentos. Esto indica que la capacidad erosiva del escurrimiento pluvial es de mayor magnitud con respecto a la depositación de los materiales por pérdida de competencia. Para el período 2019 - 2022, las variaciones en profundidad y ancho se incrementaron afectando los taludes de las márgenes del ex vertedero y el estribo del puente.

## REFERENCIAS

1. C. Quispe, M. Visich, J. Marcuzzi, “Estudio topográfico para el análisis del riesgo en el terraplén del puente del río Arenales, acceso circunvalación Sureste, ciudad de Salta. Argentina”, 2018, VII Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Septiembre. Pág. 289.
2. C. Quispe y M. Visich, “Estudio topográfico para el análisis del riesgo en el terraplén del puente del río Arenales, acceso circunvalación sureste, ciudad de Salta. Argentina”. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. N° 44. Pág. 31 – 49. 2020. Buenos Aires.
3. M. Paniagua Ortiz, “Influencia Geoambiental del cauce del río Arenales en las laderas del Parque Industrial SE del Dpto. Capital – Salta”, 2016. Tesina de grado. Facultad de Ciencias Naturales.

**ANÁLISIS ISOSTÁTICOS A PARTIR DE MODELOS CORTICALES Y  
GEOPOTENCIALES**

**C. Infante<sup>(1)\*</sup>, L. Galván<sup>(1)</sup>, J. Duro<sup>(1)</sup>, S. Amalfi<sup>(1)</sup>, D. Gómez<sup>(1)</sup>, U. Vazzoler<sup>(1)</sup>, L. Moya<sup>(1)</sup>,  
M. Fontenla<sup>(1)</sup>, A. Cinquegrani<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Avenida Belgrano Sur 1912, Sgo. del Estero.*

*\*Correo Electrónico (autor de contacto): claudia.nfnt@gmail.com*

**RESUMEN**

*Los avances científicos y tecnológicos logrados en la infraestructura geodésica global en las últimas décadas han propiciado el desarrollo de una nueva generación de modelos geopotenciales con soluciones en términos de armónicos esféricos de alto grado y orden. En este trabajo se ha utilizado la información de las ondulaciones del geoide, representadas a partir de modelos geopotenciales modernos, para analizar las características corticales de estructuras ubicadas al sur de la provincia de Santiago del Estero. En una situación de equilibrio isostático, la ondulación residual puede ser asimilada y comparada con la ondulación isostática generada por una corteza isostáticamente compensada. Los desvíos entre la ondulación isostática y el geoide residual, muestran el apartamiento de la estructura analizada respecto del modelo isostático adoptado, una vez eliminada la componente isostática de la ondulación residual. El geoide residual fue derivado del modelo geopotencial global XGM2019e. Para el cálculo del geoide isostático, los parámetros de la corteza fueron extraídos de los modelos globales Moho-3D Earth y GEMMA 1.0. Los resultados muestran que los desvíos entre geoide residual y el geoide isostático son consistentes tanto cuando se usan los parámetros de Moho-3D Earth como GEMMA 1.0.*

**ABSTRACT**

*Scientific and technological advances made in geodetic infrastructure in recent decades have led to the development of a new generation of geopotential models with solutions of high-grade and order in terms of spherical harmonics. In this work the information of the undulations of the geoid, represented from modern geopotential models, has been used to analyze the cortical characteristics of structures located south of the province of Santiago del Estero. In an isostatic equilibrium situation, the residual undulation can be assimilated and compared to the isostatic undulation generated by an isostatically compensated crust. The deviations between the isostatic undulation and the residual geoid show the departure of the analyzed structure with respect to the adopted isostatic model, once the isostatic component of the residual undulation has been eliminated. The residual geoid was derived from the global geopotential model XGM2019e. To calculate the isostatic geoid, the crust parameters were extracted from the Moho-3D Earth and GEMMA 1.0 global models. The results show that the deviations between the residual geoid and the isostatic geoid are consistent both when using the Moho-3D Earth and GEMMA 1.0 parameters.*

*Palabras clave: geoide isostático – XGM2019e – GEMMA – Moho 3D Earth*

*Keywords: isostatic geoid - XGM2019e – GEMMA – Moho 3D Earth*

## **Introducción.**

Las misiones de satélites tales como CHAMP (CHALLENGING Mini-satellite Payload), GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment), GOCE (Gravity Field and Steady State Ocean Circulation Explorer) y GRACE-FO (GRACE-Follow On), proporcionan cobertura homogénea, global y continua de datos de gravedad, que permiten evaluar los cambios en la distribución de masas que se producen en el sistema Tierra, modificando su campo de gravedad, desde una perspectiva global. Estas misiones satelitales gravimétricas han propiciado el desarrollo de una nueva generación de modelos geopotenciales con soluciones en términos de armónicos esféricos de alto grado y orden, y errores de comisión bajos. En consecuencia, se disponen de modelos geopotenciales de mayor resolución espacial y mejor precisión.

Los modelos geopotenciales brindan información del campo gravitacional terrestre global y pueden representarse como una descomposición espectral en longitudes de onda que permite analizar anomalías de masa a diferentes profundidades. La presencia de masas anómalas perturba y ondula la superficie equipotencial del geoide. Es posible detectar estructuras geológicas en la corteza mediante el filtrado de la ondulación del geoide, eliminando la componente de larga longitud de onda.

Las características corticales de estructuras geológicas en equilibrio isostático pueden ser inferidas a partir de la interpretación de desviaciones del geoide respecto del elipsoide de referencia (Haxby y Turcotte, 1978). La información contenida en las ondulaciones de un geoide residual representadas a partir de modelos geopotenciales modernos, se utilizan para analizar las características corticales de estructuras.

Asimismo, se disponen de modelos globales de corteza tales como GEMMA (GOCE Exploitation for Moho Modeling and Applications) y Moho del proyecto 3D-Earth que proporcionan parámetros de corteza globales que facilitan evaluaciones del estado de compensación de estructuras geológicas cuando no se disponen de datos locales.

## **Materiales y métodos.**

El área de trabajo comprende las Sierras de Sumampa y Ambargasta ubicadas en el sector sur de la provincia de Santiago del Estero, Argentina. El análisis se realizó sobre un perfil que secciona la estructura con una longitud de 100 km y en sentido Noroeste a Sureste (Figura 1).

### **2.1. El modelo geopotencial XGM2019e**

XGM2019e (Zingerle et al. 2020) es un modelo combinado del campo de gravedad global representado por armónicos esféricos hasta el grado y orden (d/o) 2190, correspondiente a una resolución espacial de 5' (aproximadamente 10 km en el Ecuador). Como fuentes de datos, incluye el modelo de satélite GOCO06s en el rango de longitud de onda más largo hasta d/o 300 combinado con una cuadrícula de gravedad terrestre que también cubre las longitudes de onda más cortas. La validación del modelo por contrastación con datos GNSS/nivelación indica que el rendimiento de XGM2019e puede considerarse globalmente más coherente e independiente de los modelos globales de alta resolución existentes (Zingerle et al. 2020).

### **2.2. Modelo GEMMA**

El proyecto GEMMA (GOCE Exploitation for Moho Modeling and Applications), tiene como objetivo principal estimar el límite entre la corteza terrestre y el manto (Moho) a partir de datos de GOCE, proponiendo una solución basada en un modelo simple de dos capas en la aproximación esférica. Este modelo tiene una resolución de  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  y describen la geometría y la densidad de los océanos, las capas de hielo, los sedimentos superiores, medios y bajos, la corteza cristalina y el manto superior (Sampietro et al, 2013).

### **2.3. Moho del proyecto 3D-Earth**

Moho 3D-Earth (Szwilius et al., 2019) es un modelo de corteza que utiliza datos del Catálogo Sísmico Global (GSC) del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) empleando datos tales como, ondas superficiales de período corto, tomografía de ruido ambiental y funciones receptoras. El modelo fue desarrollado en base a interpolación geostatística aplicando kriging no estacionario.

Para inferir las características corticales de la estructura geológica que se asume en equilibrio isostático, se compara el geoide observado por el modelo geopotencial y debidamente filtrado con el correspondiente a un modelo cortical perfectamente compensado. Previamente, es necesario filtrar la ondulación del geoide observado y retener las señales vinculadas a la estructura estudiada. Este geoide residual se compara con el obtenido a partir de un modelo isostáticamente balanceado. Las diferencias entre ambos representarán el grado de ajuste del modelo de referencia adoptado con el real.

Figura 1: Ubicación Perfil analizado.

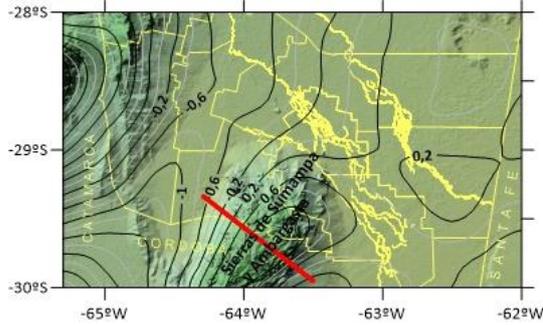
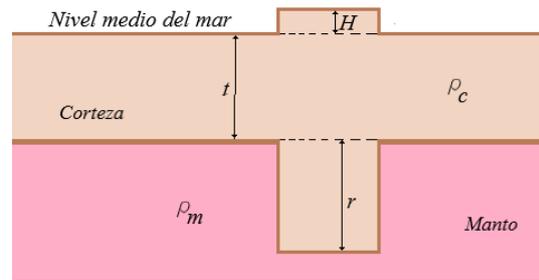


Figura 2: Modelo isostático de Airy.



La ondulación del geode observada  $N_{obs}$ , se toma de los modelos geopotenciales globales, que puede escribirse como la suma de una componente regional  $N_{reg}$  que refleja el comportamiento predominante de la zona y otra residual  $N_{res}$  ligada a las particularidades de la estructura analizada.  $N_{obs}$  se estima a través del modelo geopotencial al que designamos  $N_{mod}$  y puede expresarse como:

$$N_{res} = N_{mod} - N_{reg} - v_n \quad [1]$$

donde  $v_n$  representa los errores del modelo geopotencial. Si estas particularidades son atribuidas a las discrepancias entre la corteza real y la corteza regularizada, es posible asimilar la ondulación residual a la isostática, determinada mediante la ecuación [2]:

$$N_{isost} = \frac{\pi G \rho_c H}{\gamma} \left[ 2t + \frac{\rho_m}{\rho_m - \rho_c} H \right] \quad [2]$$

Siendo  $G$  es la constante de Gravitación Universal igual a  $6.67 \times 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ seg}^{-2}$ ,  $\rho_c$  y  $\rho_m$  son las densidades de la corteza y manto superior respectivamente,  $t$  el espesor de la corteza de referencia,  $H$  la altura de la estructura y  $\gamma$  la gravedad normal en el punto de cálculo. En una situación de equilibrio isostático se verifica que:

$$v_l = N_{res} + v_N - N_{isost} \quad [3]$$

donde  $v_l$  representa los desvíos del modelo isostático y los errores en la evaluación del mismo. Una vez eliminada la componente isostática de la ondulación residual, de acuerdo a [3], los valores muestran el eventual apartamiento de la estructura analizada del modelo isostático adoptado.

## Resultados.

El geode isostático se calculó mediante la ecuación 2, usando parámetros corticales determinados a partir de los modelos globales GEMMA y Moho 3d-Earth. El resumen estadístico se muestra en la Tabla. 1.

Tabla 1.- Resumen estadístico de la ondulación geode isostático.

	$N_{isost-GEMMA}$	$N_{isost-3D Earth}$
Máximo [m]	2.61	3.29
Mínimo [m]	0.24	0.80
Promedio [m]	1.62	2.41
Desv. estándar [m]	$\pm 0.78$	$\pm 0.68$

El geode residual  $N_{res}$  se obtuvo de la ondulación del geode del modelo geopotencial completo XGM2019e ( $N_{mod}$ ) al que se le resta la ondulación del geode regional  $N_{reg}$  resultante del truncamiento de sus desarrollos en armónicos esféricos hasta el grado 100 (longitud de onda asociada de 400 km y resolución 200 km) para retener las particularidades de la estructura. Al restarle a la señal completa la contribución de la larga longitud de onda, solo retenemos la información relativa a las sierras en estudio. La Figura 1 muestra el geode residual del modelo XGM2019e que pone en evidencia la estructura de las sierras de Sumampa y Ambargasta.

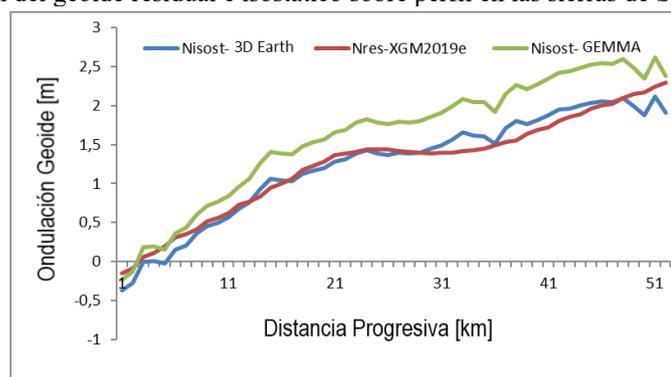
El geode isostático se determinó usando parámetros corticales obtenidos de los modelos GEMMA y Moho 3D-Earth. Las curvas del geode isostático calculado sobre el perfil se muestran en la Figura 3. La ondulación

isostática muestra el efecto de las masas topográficas y de compensación, por lo que refleja la topografía de la sierra.

Se determinaron los desvíos (ecuación 3) que muestran el apartamiento de la estructura analizada del modelo isostático adoptado. El promedio de los desvíos tiene valores próximos a -1.9 m y -2.0 m cuando se toman valores de GEMMA y Moho 3D-Earth, respectivamente, con el geode residual de XGM2019e. La desviación estándar de los residuos es de  $\pm 0.20$  m y  $\pm 0.13$  m con respecto a los modelos de corteza GEMMA y 3D Earth, lo que muestra la consistencia de ambos modelos.

Estos resultados muestran un mejor ajuste con los parámetros proporcionados por 3D Earth. Asimismo, ponen en evidencia que los valores usados para el modelo teórico de corteza en la estructura de las Sumampa y Ambargasta son apropiados, corroborando además que la estructura presenta un estado que tiende al equilibrio isostático.

Figura 3: Ondulación del geode residual e isostático sobre perfil en las sierras de Sumampa y Ambargasta.



## Conclusiones.

Analizando la estructura de las Sierras de Sumampa y Ambargasta en el sistema de Airy, se obtuvo un geode isostático correspondiente a un modelo compensado, el que fue comparado con valores observados representados por modelos geopotenciales modernos debidamente filtrados.

Los resultados obtenidos permiten corroborar que la estructura presenta un estado que tiende al equilibrio isostático y que los parámetros usados para el modelo teórico de corteza son apropiados.

En consecuencia, este procedimiento, pone en evidencia que la ondulación isostática del geode podría ser apropiada para validar modelos de corteza, siempre que las estructuras analizadas tengan evidencias de estar isostáticamente equilibradas.

La utilización de modelos geopotenciales y modelos de corteza cada vez más precisos, permite proyectar estudios de fenómenos geofísicos apoyados en la infraestructura de datos geodésicos.

## Agradecimientos.

Al Consejo de Investigación de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (CICYT-UNSE). Al Instituto Geográfico Nacional por la disponibilidad de datos de Puntos Fijos Altimétricos.

## Referencias.

1. Haxby W. and Turcotte D. On isostatic geoid anomalies. *Journal Geophysical Journal* Vol. 94. (B4)3876-3890. 1978.
2. Sampietro, D and Reguzzoni, M. Global Moho from the combination of the CRUST2.0 model and GOCE data. Submitted to *Geophysical Journal International*. 2013.
3. Szwillus W., J.C. Afonso, J.Ebbing, W.D. Mooney. Global Crustal Thickness and Velocity Structure From Geostatistical Analysis of Seismic Data. *JGR Solid Earth*. <https://doi.org/10.1029/2018JB016593>. 2019.
4. Zingerle, P.; Pail, R.; Gruber, T. and Oikonomidou, X. The combined global gravity field model XGM2019e. *Journal of Geodesy* (2020) Original Article. Springer. 94:66 <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01398-0>. 2020.

## IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA EXPERIMENTAL DE VELOCIMETRÍA POR IMÁGENES DE PARTÍCULA PARA AFORAR CAUDALES SOBRE EL RÍO EL TALA, PROVINCIA DE CATAMARCA.

**Lobo A. Patricia**<sup>(1,2)</sup>, **Schneider L. Miguel**<sup>(2)</sup>, **Ramos R. Julio**<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Dirección de Hidrología y Evaluación de Recursos Hídricos, Secretaría de Recursos Hídricos. Avda. Belgrano S/N, CAPE, Catamarca Capital.

<sup>(2)</sup> Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 88, Catamarca, Capital.  
Correo Electrónico: adapatri@yahoo.com.ar

### RESUMEN

Uno de los problemas más angustiantes de las ciudades en los últimos años, con relación al agua, lo constituyen las inundaciones locales y ribereñas. La Gestión Integrada de Crecidas (GIC) se sustenta en primer lugar por el conocimiento y análisis de la peligrosidad del evento natural. Esta peligrosidad estará dada en función de la probabilidad de ocurrencia del evento y la magnitud del mismo expresada en variables hidráulicas como la altura de agua en el curso y la velocidad de escurrimiento donde el dato de la magnitud de caudal toma un rol protagónico. La cuenca del río El Tala de aproximadamente 218 km<sup>2</sup> nace al sur del cordón montañoso del Ambato y del cerro el Manchado. El mismo corre con rumbo este hasta el Km. 22 con respecto a la capital de Catamarca, para luego torcer hacia el sud-este flanqueando en su margen oeste la cumbre de Los Ángeles y por el lado este la cumbre de Los Colorados, hasta cerca de la ciudad capital en el paraje llamado Las Rejas donde cambia el nombre por el de río Ongolí atravesando una zona densamente poblada hacia el oeste de la ciudad capital. El objetivo de este trabajo es aplicar la Técnica Experimental de Velocimetría por Imágenes de Partícula a Gran Escala (LSPIV) como metodología para la cuantificación de caudales de crecidas en el río de El Tala, utilizando para su validación la técnica convencional de aforo por molinete. Con la validación de LSPIV se espera poder contar con una metodología experimental nueva en el estado del arte que permita estimar valores de caudales en condiciones de flujo de crecidas permitiendo así la obtención de los mismos en eventos de magnitudes considerables.

### ABSTRACT

One of the most distressing problems of cities in recent years, with regard to water, is local and riverine flooding. Integrated Flood Management (ICM) is based primarily on the knowledge and analysis of natural events danger. This hazard will be given in function of the probability of occurrence of the event and the magnitude of the same expressed in hydraulic variables such as the height of watercourse and the rate of runoff where the data of the magnitude of flow takes a leading role. The basin of the El Tala River of approximately 218 km<sup>2</sup> originate to the south of Ambato mountain range and the hill the Manchado. It runs east to Km. 22 with respect to Catamarca city, then turn towards the south-east flanking on its west bank the summit of Los Angeles and on the east side the summit of Los Colorados, until near the capital city in the place called Las Rejas where it changes its name by the river Ongolí crossing a densely populated area to the west of the capital city. The objective of this work is to apply the Experimental Technique of Velocimetry by Large-Scale Particle Imaging (LSPIV) as a methodology for quantifying flood flows in the El Tala River, using for its validation the conventional technique of capacity per windlass. With the validation of LSPIV it

*is expected to be able to have a new experimental methodology in the state of the art that allows to estimate values of flows in conditions of flood flow allowing to obtain the same in events of considerable quantities.*

## **Palabra Claves**

*Caudales, LSPIV, El Tala, Catamarca*

## **Introducción**

La provincia de Catamarca se encuentra dividida en 8 cuencas hídricas con una distribución espacial de precipitaciones totales que varían entre 150 y 1000 mm anuales, dependiendo de la región en la que se encuentre. San Fernando del Valle de Catamarca, se emplaza sobre un abanico aluvial generado por el río El Tala que, desde el punto de vista geomorfológico, presenta una alta inestabilidad ante crecientes extremas, ya que el cauce principal, por efecto de avulsión, sufre difluencias ramificando los caudales que discurren por él en más de un canal principal. Desde el año 1996 a la actualidad la ciudad capital ha presentado un proceso de expansión urbana que se desarrolla sobre paleocanales de abanico y que llega hasta la ribera del río El Tala acrecentando la necesidad de contar con información hidrológica de partida para hacer frente a probables situaciones conflictivas derivadas de eventos extremos en la zona urbanizada.

Actualmente existe un déficit de información hidrológica, principalmente en períodos de crecidas, debido a la dificultad de la implementación de las técnicas convencionales de aforo para esa condición de flujo. Actualmente la Dirección de Hidrología de la provincia en conjunto con la Facultad de Tecnología está evaluando la factibilidad de la implementación de técnicas experimentales avanzadas disponibles en el estado del arte que hagan posible, con un buen grado de precisión, la cuantificación de caudales de crecidas en los ríos de la Provincia

Las técnicas de velocimetría por imágenes son técnicas no intrusivas, permiten realizar mediciones sin perturbar el flujo calculando la velocidad del mismo en forma simultánea en una gran cantidad de puntos. En su forma más sencilla, la técnica de velocimetría por imágenes de partícula en adelante PIV, obtiene una estimación de dos de las tres componentes del campo instantáneo de velocidades, en una región de un fluido que puede aproximarse por un plano. Para calcular dicha estimación, se requiere contar con dos imágenes de partículas trazadoras, en una región (el plano de medición) del fluido, que presenta niveles de iluminación mucho mayores que el resto del fluido. Utilizando algún método de interrogación sobre las imágenes, se obtiene una medida del desplazamiento de las partículas, que puede relacionarse a la velocidad instantánea si se conoce el tiempo transcurrido entre las imágenes [Patalano, 2017]. A su vez, si se conoce la batimetría de la sección se puede calcular el caudal que escurre a través de la misma. LSPIV (velocimetría por imágenes de partículas a gran escala) trabaja sobre la hipótesis que, si visualmente se puede distinguir patrones en la superficie durante las crecidas se pueden utilizar las ondulaciones visibles (debidas a la eclosión de las estructuras coherentes), que se desplazan a la misma velocidad que la superficie como partículas trazadoras y encontrar a través de ellas el campo superficial de velocidad. Esta técnica de Velocimetría implementada a gran escala es recomendada para su implementación en condiciones de aguas medias y altas en cursos fluviales y resulta sumamente útil en las determinaciones de caudales, en crecidas de magnitudes considerables y que por los métodos convencionales sería sumamente dificultoso. El objetivo de este trabajo es presentar la implementación de la técnica experimental, LSPIV en la cuantificación de caudales en el río El Tala y comparar el resultado con el obtenido mediante la técnica de aforo con Molinete.

## **Materiales y Métodos**

El sitio donde se realizó la medición con LSPIV que se reporta en este trabajo es una sección del río El Tala que se encuentra ubicada en el departamento Capital en un paraje llamado Loma Cortada aproximadamente a 6 km de la ciudad capital.

En el tramo seleccionado existe un puente carretero de aproximadamente 4 metros de altura donde se podrían realizar las filmaciones en caso de no contar con un vehículo aéreo no tripulado. La captura de las imágenes fue efectuada mediante la filmación de un video de aproximadamente 30 seg. desde un vehículo aéreo no tripulado (VANT).

El lugar de la filmación se eligió con el criterio de visualizar toda la sección transversal del río y poder identificar 4 puntos fijos de referencia para su posterior rectificación. Si bien la filmación se efectuó en forma perpendicular al plano de la superficie libre, fue necesario corregir la dispersión que pudiera ser originada por una posible oblicuidad de la cámara. Por ello, los resultados obtenidos con LSPIV se corrigieron para rectificar las coordenadas de la imagen a una proyección ortogonal.

Para el proceso de orto-rectificación y post-procesamiento de resultados, se seleccionaron 4 puntos de control cuya distancia entre ellos y sus diagonales fueron medidas. Para la elección de los puntos de control se tuvo en cuenta que los mismos se identificaran con claridad en el video y no se encontraran alineados en un mismo plano. Para el caso de estudio, la sección transversal del cauce fue determinada mediante un relevamiento topográfico con una estación total. Se determinaron 3 perfiles transversales ubicados en el área de filmación eligiéndose el perfil 1 como representativo de la batimetría de la sección transversal. (Figura 1).



Figura 1: ubicación de puntos de control y perfil batimétrico

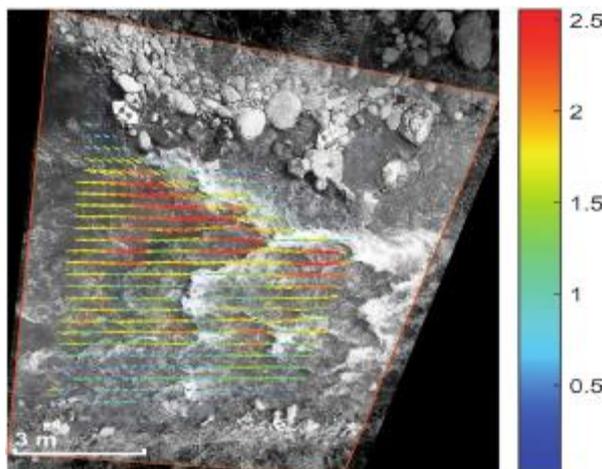


Figura 2: vectores de velocidad superficial promediados y rectificados

Se registró un video de 30 seg de duración extrayendo en escala de grises para su correlación 30 imágenes por segundo (fps). La secuencia metodológica desarrollada en la implementación de LSPIV se detalla a continuación: a) Pre-procesamiento de imagen: transforma las imágenes en escala de grises, sustrae de las imágenes el fondo y detecta cada una de las ondulaciones; b) Procesamiento de las coordenadas de las ondulaciones detectadas debido a las ondulaciones visibles y extracción de la velocidad del flujo en tiempo y espacio, por correlación cruzada [Brevis et al. 2011]; c) Post-Procesamiento que consiste en rectificar los resultados a una vista ortogonal y los calibra para transformar las velocidades en [pixel/intervalo de imagen] a [m/s]. La figura 2 muestra los vectores promedios de velocidad superficial rectificados. El pre procesamiento de las imágenes ha sido realizado con la herramienta PIVlab desarrollada en Matlab [Thielicke y Stamhuis, 2014], mientras que para la orto rectificación y post procesamiento de los resultados se utilizó la herramienta River de aplicación gratuita desarrollada en Matlab [Patalano et al., 2016]. Los caudales se obtuvieron integrando el producto de la velocidad del flujo (en una primera aproximación, se utiliza la velocidad superficial medida con LSPIV) por el área de escurrimiento. Para poder determinar la profundidad del cauce en las progresivas donde se calculó la velocidad, fue necesario interpolar los valores de profundidad obtenidos mediante el relevamiento batimétrico de la sección transversal. Con las profundidades interpoladas, se calculó el caudal en forma parcial y para cada tramo. Finalmente, con la suma de cada caudal parcial se calculó el Caudal Total Superficial  $Q_s$ . El caudal calculado  $Q_s$  no es exactamente el caudal real ya que el mismo fue determinado utilizando el campo de velocidad de superficie. Así la descarga real será  $Q = \alpha Q_s$ .

Siendo  $\alpha$  la relación entre la velocidad promedio y la velocidad superficial. Su valor obedece a parámetros, tales como la geometría de la sección, y la rugosidad del lecho. Para la estimación del caudal a partir del campo superficial de velocidad de flujo, se realizó una comparación entre los caudales obtenidos mediante el uso de un molinete hidrométrico y los resultantes de la implementación de LSPIV con valores de  $\alpha = 0,9$ ;  $0,95$  y  $1$

## Resultados

En total se realizaron dos mediciones con fecha 12/02/2021 y 09/03/2021 y se verificaron los resultados con aforos realizados con molinetes hidrométricos. Esta verificación fue posible debido a que la avenida no presentaba una magnitud considerable lo que permitió al equipo técnico introducirse en el río para llevar adelante el aforo. La tabla 1 muestra los valores de caudales obtenidos mediante la aplicación de ambas técnicas y las diferencias porcentuales entre ambas considerando diferentes valores de  $\alpha$

Tabla 1: resultados y diferencias porcentuales entre técnicas

Fecha	Aforo con Molinete (m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Sup. LSPIV (Q <sub>s</sub> ) (m <sup>3</sup> /seg)	Caudal (LSPIV) Q = α * Q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /seg)		
			Relación entre Q <sub>superficial</sub> y Q <sub>medio</sub> (α)		
			0,9	0,95	1
12/02/2021	3,74	3,32	2,99	3,15	3,32
09/03/2021	1,67	1,51	1,36	1,43	1,51
Diferencia % (Molinete - LSPIV) Medición 12/02/2021			20	16	11
Diferencia % (Molinete - LSPIV) Medición 09/03/2021			19	14	10

De la Tabla 1 se desprende que el caudal obtenido en ambas mediciones por la técnica de aforo por molinete es superior al caudal obtenido mediante la técnica LSPIV. A su vez, se ha mencionado que la relación  $\alpha$  depende de muchos parámetros, como la sección transversal del cauce, la rugosidad del lecho, la geometría aguas arriba y aguas abajo de la sección transversal, corrientes secundarias y otros. Si bien es común adoptar valores de esta relación  $\alpha = 0,85$  existen investigaciones donde el índice de velocidad es altamente dependiente de la estructura del flujo y, cuando el flujo dominante se convierte en tridimensional, se hace posible que el índice de velocidad exceda la unidad,  $\alpha > 1$  [Gunawan et al., 2012 en Johson et al.2017]. Como se observa en la tabla anterior las diferencias porcentuales entre la técnica de aforo por molinete y LSPIV varían entre el 10 y 20 % para distintas relaciones de  $\alpha$  siendo el valor de caudal correspondiente a  $\alpha=1$  el que mejor se ajustó a los valores de caudales obtenidos mediante la técnica de aforo con molinete validando así la técnica de LSPIV bajo las condiciones de flujo medidas.

### Discusión y Conclusiones

Habiendo podido contrastar la técnica LSPIV con la técnica de aforo mediante molinete se pudo concluir que es factible la implementación de LSPIV para la estimación de caudales de crecida en cursos fluviales con características y condiciones de flujo similares.

Las diferencias porcentuales en los resultados obtenidos pueden deberse a la elección del  $\alpha$ , a la elección de los parámetros de calibración en la aplicación de LSPIV (filtros aplicados, el procedimiento de rectificación, etc.), y/o, a las imprecisiones en la implementación de la metodología de aforo usada para contrastar los resultados.

Debido a que la elección de la relación entre la velocidad superficial y la velocidad media del flujo es vital en la precisión de los resultados debería estudiarse la variación del mismo para diferentes condiciones de flujo en el tramo de la sección del río estudiada.

La aplicabilidad de LSPIV y la factibilidad de ser usada en estimaciones de caudales de crecidas donde las técnicas habituales de medición intrusivas no son factibles de ser aplicadas por el riesgo que implica para el operador su medición coloca a esta técnica en una posición de prioridad para el desarrollo y validación de la misma en distintos ríos de la provincia de Catamarca.

### Bibliografía

1. Brevis, W., Niño, Y., & Jirka, G. H. (2011). "Integrating cross-correlation and relaxation algorithms for particle tracking velocimetry". *Exp. Fluids* 135-147. doi: 10.1007/s00348-010-0907-z
2. Patalano, A. (2017). "Desarrollo e Implementación en gran escala de técnicas de velocimetría por imágenes para caracterizar flujos de agua con superficie libre". Tesis inédita de Doctorado, Facultad de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
3. Thielicke, W., & Stamhuis, E. (2014). "PIVlab – Towards User-friendly, Affordable and Accurate Digital Particle Image Velocimetry in MATLAB. Open Research Software. 2". doi:10.5334/jors.bl
4. Patalano, A., and García, C. M. (2016). "RIVeR - Towards affordable, practical and user-friendly toolbox for Large Scale PIV and PTV techniques", IAHR RiverFlow Conference, St. Louis, USA.

## TRATAMIENTO DE MAREAS EN LA EVALUACION DE MODELOS GEOPOTENCIALES GLOBALES

C. Infante<sup>(1)\*</sup>, L. Galván<sup>(1)</sup>, J. Duro<sup>(1)</sup>, S. Amalfi<sup>(1)</sup>, D. Gómez<sup>(1)</sup>, A. Cinquegrani<sup>(1)</sup>,  
M. Fontenla<sup>(1)</sup>, L. Moya<sup>(1)</sup>, U. Vazzoller<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Avenida  
Belgrano Sur 1912, Sgo. del Estero.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [claudia.nfnt@gmail.com](mailto:claudia.nfnt@gmail.com)

### RESUMEN

*El desarrollo de una nueva generación de Modelos Geopotenciales Globales con mejor resolución y precisión en términos de armónicos esféricos ha dado un nuevo impulso los desafíos de unificación de sistemas de altura como así también a la reducción de alturas geométricas en alturas físicas a partir de la ondulación del geoide. Para una correcta interpretación de la información contenida en los modelos es necesario su evaluación con datos locales. Los productos geodésicos pueden referirse a diferentes sistemas de mareas y es necesario que el tratamiento y comparación de observaciones se realice bajo un mismo sistema. En este trabajo se ha evaluado la ondulación del geoide de los modelos XGM2019e y SGG-UGM-2 en el territorio de la provincia de Santiago del Estero. Para la evaluación se utilizaron Puntos Fijos Altimétricos del IGN que cuentan con altura ortométrica y elipsoidal. La altura elipsoidal corresponde al marco nacional POSGAR07 que esta expresado en el sistema libre de mareas (TF). Para la comparación se han aplicado correcciones para expresar las alturas elipsoidales en el sistema de mareas medio (MT). El resultado de la evaluación muestra gran consistencia entre ambos modelos y los datos locales.*

### ABSTRACT

*The development of a new generation of Global Geopotential Models with better resolution and accuracy in terms of spherical harmonics has given new impetus to the challenges of unifying height systems as well as the reduction of geometric heights into physical heights from undulation of the geoid. For a correct interpretation of the information contained in the models, it is necessary to evaluate them with local data. Geodetic products can refer to different tidal systems and it is necessary that the treatment and comparison of observations be carried out under the same system. In this work, the geoid undulation of the XGM2019e and SGG-UGM-2 models have been evaluated in the territory of the province of Santiago del Estero. For the evaluation, Altimetric Fixed Points of the IGN were used, which have orthometric and ellipsoidal height. The ellipsoidal height corresponds to the POSGAR07 national framework, which is expressed in the tidal free system (TF). For comparison, corrections have been applied to express the ellipsoidal heights in the mean tidal system (MT). The result of the evaluation shows great consistency between both models and the local data.*

*Palabras clave: Modelo geopotencial – Ondulación del geoide – Mareas - XGM2019e - SGG-UGM-2.*

### 1. Introducción.

La definición y realización de un datum vertical físico y su conexión con el nivel medio del mar (MSL) han sido problemas centrales en Geodesia. El desarrollo de Modelos Geopotenciales Globales (GGM) ha abierto nuevas perspectivas sobre el problema de la unificación de datos de altura, como también reducir alturas geométricas en alturas físicas a partir de la ondulación del geoide. El desarrollo de una nueva generación de GGM con mejor resolución y precisión en términos de armónicos esféricos ha dado un nuevo impulso a estos

planteos. Para una correcta interpretación de la información contenida en los modelos es necesario su evaluación con datos locales. Los productos geodésicos pueden referirse a diferentes sistemas de mareas y es necesario que el tratamiento y comparación de observaciones se realice bajo un mismo sistema. En este trabajo se ha evaluado la ondulación del geoide de los modelos XGM2019e [Zingerle et al. 2020] y SGG-UGM-2 [Liang et al., 2020] en el territorio de la provincia de Santiago del Estero. Para la evaluación se utilizaron Puntos Fijos Altimétricos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) que cuentan con altura ortométrica y elipsoidal. La altura elipsoidal corresponde al marco nacional POSGAR07 que esta expresado en el sistema libre de mareas (TF). Para la comparación se han aplicado correcciones para expresar las alturas elipsoidales en el sistema de mareas medio (MT).

## 2. Materiales y métodos.

2.1. Datos terrestres: El marco de referencia vertical argentino está materializado por puntos fijos altimétricos (PFA) pertenecientes a la red altimétrica nacional medida por el IGN. En el año 2016 el IGN oficializo el nuevo Sistema de Referencia Vertical Nacional (SRVN-16) a partir del ajuste de la red de Alta Precisión en función de números geopotenciales, la determinación de alturas ortométricas mediante el método propuesto por Mader (1954), mientras que la posición horizontal de los PFA está definida en el marco POSGAR07.

2.2. GGM XGM2019e [Zingerle et al. 2020] es un modelo combinado del campo de gravedad global representado por armónicos esferoidales hasta el grado y orden 5399, correspondiente a una resolución espacial de 2' (aproximadamente 4 km en el Ecuador). Como fuentes de datos, incluye el modelo de satélite GOCO06s en el rango de longitud de onda más largo hasta grado y orden 300 combinado con una cuadrícula de gravedad terrestre que también cubre las longitudes de onda más cortas.

2.3. GGM SGG-UGM-2 (Liang et al., 2020) es un modelo del campo gravitatorio terrestre hasta el grado 2190 y orden 2159, combinando datos GOCE, ecuaciones normales de GRACE (NEQ-GRACE), datos de gravedad marina derivados de datos altimétricos satelitales y datos de gravedad continental derivados de EGM2008.

### 2.4. Evaluación de los GGM

Para la evaluación de los GGM mediante la ondulación del geoide, se utilizaron los datos de doble altura (ortométrica y elipsoidal) de 212 PFA del IGN disponibles en el territorio de la provincia de Santiago del Estero. Previo a la evaluación es necesario homogenizar el sistema de mareas usado en la determinación de cada sistema de altura. Se aplicaron correcciones para expresar en el sistema de mareas MT (Mean Tide), las alturas elipsoidales correspondientes al marco POSAR07, determinadas originalmente en el sistema TF (Tide Free) con la ecuación (Sánchez and Sideris, 2017):

$$h_{MT} = h_{TF} + 0.0602 - 0.1790 \text{sen}^2\varphi - 0.0018 \text{sen}^4\varphi, \quad [1]$$

donde  $h_{MT}$  es la altura elipsoidal en el sistema de mareas MT,  $h_{TF}$  es la altura elipsoidal en el marco POSGAR07 (sistema de mareas TF) y  $\varphi$  es la latitud geodésica.

La ondulación del geoide N es la distancia vertical entre el elipsoide y el geoide, que se puede estimar mediante la diferencia entre la altura elipsoidal h y la altura ortométrica H, despreciando el efecto de la curvatura de la plomada, por la expresión:

$$N = h - H \quad [2]$$

Mediante la ecuación [2] se calcularon las ondulaciones N para los 212 PFA que se usaron en la evaluación de los GGM.

La ondulación del geoide para cada modelo seleccionado, se determinó desde el calculador del Centro Internacional de Modelos Globales Terrestres (ICGEM, por sus siglas en inglés) en grillas de 5'x5', y en el sistema de mareas MT (Mean Tide), de acuerdo a las recomendaciones de la Asociación internacional de Geodesia (IAG) en su Resolución N°1 de 2015.

La evaluación se realizó mediante el análisis de los residuos  $Res_N$  de las ondulaciones del geoide entre el GGM y los PFA, con la siguiente expresión:

$$Res_N = N_{GGM} - N_{IGN} [3]$$

donde  $Res_N$  representa las diferencias o residuos entre N del modelo y las determinadas en los PFA,  $N_{GGM}$  son los valores de ondulación del geoide del EGM y  $N_{IGN}$  son ondulaciones del geoide calculadas en los PFA del IGN de acuerdo a la ecuación [2].

### 3. Resultados.

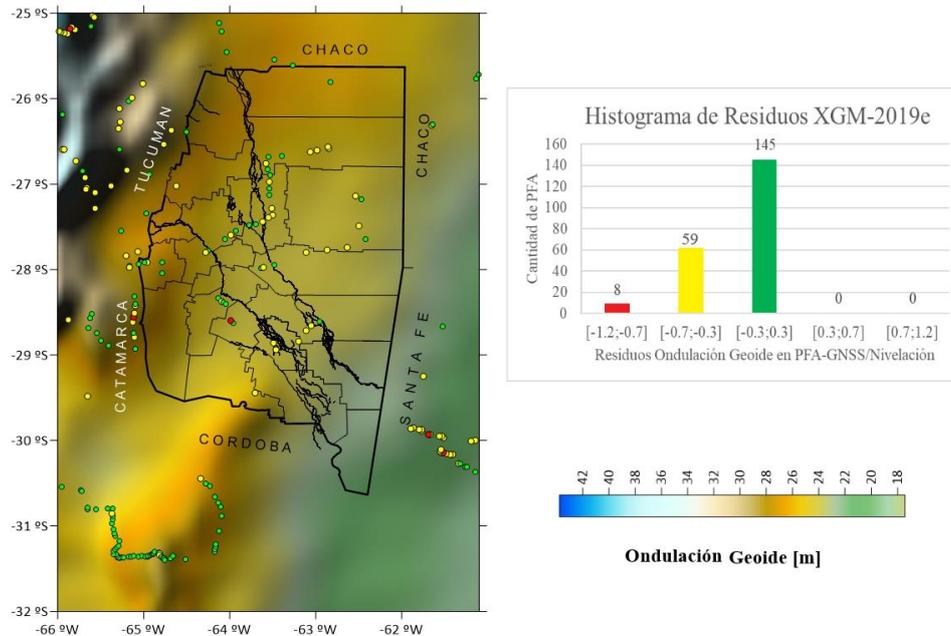
Se determinaron los residuos de los GGM en los 212 PFA de acuerdo a [3]. El resumen estadístico de las diferencias se muestra en la Tabla 1. El promedio de los residuos es de -0.27 m para XGM 2019e y -0.28 m para SGG-UGM-2, mientras que sus desviaciones estándar resulto de  $\pm 0.18$  m en ambos casos, lo que muestra un comportamiento similar entre ambos modelos.

Tabla 1. Resultados estadísticos de la evaluación de  $Res_N$  en 212 PFA IGN. Unidades: m.

Modelo	Máximo	Mínimo	Rango	Promedio	Desv. Est.
XGM 2019e	0.18	-1.03	1.21	-0.27	$\pm 0.18$
SGG-UGM-2	0.20	-1.15	1.35	-0.28	$\pm 0.18$

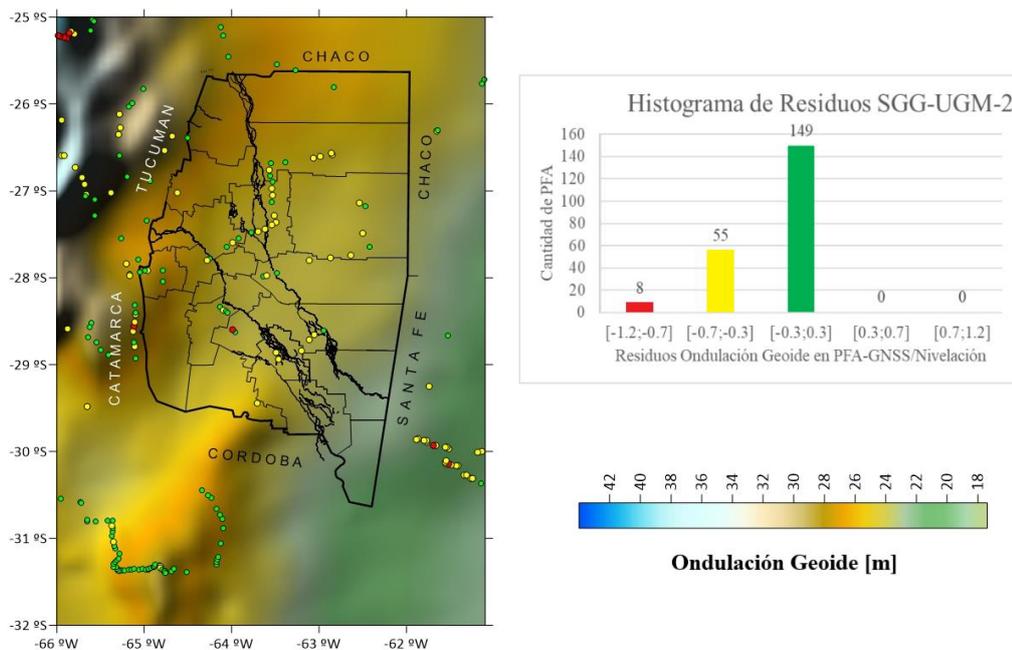
Para visualizar la estructura espacial de los residuos, en la Figura 1 se muestran las ondulaciones del geode de XGM2019e y los puntos representan los PFA donde se estimaron las diferencias. Del histograma de frecuencias se advierte que el 68.4 % de los PFA tienen residuos entre  $\pm 0.30$  m (puntos verdes), mientras que el 27.8 % de los PFA tienen residuos entre  $\pm 0.30$  y  $\pm 0.70$  m (puntos amarillos). Asimismo, se advierte que solo el 3.8 % de los PFA tienen residuos que exceden los  $\pm 0.70$  m (puntos rojos).

Figura 1: Mapa de ondulación del geode del modelo XGM-2019e con los puntos IGN en los que se determinaron los residuos (izquierda). Histograma de los residuos (derecha). Unidades: m.



Para visualizar la variación espacial de los residuos del modelo SGG-UGM-2, se muestran en la Figura 2, los puntos que representan los PFA donde se estimaron los residuos. Del histograma de frecuencias se advierte que el 70.3 % de los PFA tienen residuos entre  $\pm 0.30$  m (puntos verdes), mientras que aproximadamente el 25.9 % de los PFA tienen residuos entre  $\pm 0.30$  y  $\pm 0.70$  m (puntos amarillos). Asimismo, se advierte que se mantiene el 3.8 % de los PFA con residuos que exceden los  $\pm 0.70$  m (puntos rojos).

Figura 2: Mapa de ondulación del geode del modelo SGG-UGM-2 con los puntos IGN en los que se determinaron los residuos (izquierda). Histograma de los residuos (derecha). Unidades: m.



#### 4. Discusiones.

El análisis se realiza homogenizando previamente el sistema de mareas empleando. Los resultados estadísticos de la evaluación muestran una gran consistencia entre ambos modelos al ser comparados con datos del IGN. Asimismo, se advierte una leve mejora en el reciente modelo SGG-UGM-2 que incorpora datos GOCE, ecuaciones normales de GRACE (NEQ-GRACE), datos de gravedad marina derivados de datos altimétricos satelitales y datos de gravedad continental derivados de EGM2008.

#### 5. Conclusiones.

Los PFA del IGN que disponen valores de doble altura (ortométrica y elipsoidal), posibilitan la validación de los modelos geopotenciales globales mediante la ondulación del geoid. Los productos geodésicos pueden referirse a diferentes sistemas de mareas y es necesario que el tratamiento y comparación de observaciones se realice bajo un mismo sistema para un análisis consistente.

La evaluación de los modelos XGM2019e y SGG-UGM-2 en la región de trabajo muestra resultados muy similares entre sí. Asimismo, se advierte una mejora en el modelo SGG-UGM-2 al presentar un mayor porcentaje de PFA con residuos en la ondulación del geoid en el entorno de  $\pm 0.30$  m.

#### 6. Agradecimientos.

Al Consejo de Investigación de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (CICYT-UNSE). Al IGN por la disponibilidad de datos de Puntos Fijos Altimétricos.

#### 7. Referencias.

- Liang, Wei; Li, J Jiancheng; Xu, Xinyu; Zhang, Shengjun y Zhao, Yongqi. "A high-resolution Earth's gravity field model SGG-UGM-2 from GOCE, GRACE, satellite altimetry, and EGM2008". *Engineering*, 6(8), 860-878. 2020.
- Sánchez, Laura y Sideris, Michael G. "Vertical datum unification for the International Height Reference System (IHRs)". *Geophys J Int* 209(2). <https://doi.org/10.1093/gji/ggx025>. pp:570–586. 2017.
- Zingerle, Philipp; Pail, R.; Gruber, T. and Oikonomidou, X. (2020) The combined global gravity field model XGM2019e. *Journal of Geodesy Original Article*. Springer. 94:66 <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01398-0>. 2020

**DETERMINACION DE LINEA DE BASE PERPENDICULAR Y LINEA DE BASE CRITICA EN SENSORES RADAR DE APERTURA SINTETICA (SAR) PARA LA CONSTRUCCION DE MODELOS TOPOGRAFICOS O MODELOS DIGITALES DE ELEVACION (DEM) A PARTIR DE LA TECNICA InSAR, CASO PARTICULAR SENSOR ENVISAT**

**Gutiérrez Carlos Alfredo<sup>(1)\*</sup>, Sandez Daniel Alberto<sup>(2)\*</sup>, Goldar José Eduardo<sup>(3)\*</sup>**

<sup>(1)</sup>Departamento de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina. [agcarlos64@gmail.com](mailto:agcarlos64@gmail.com)

<sup>(2)</sup>Departamento de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina. [ing.das.2012@gmail.com](mailto:ing.das.2012@gmail.com)

<sup>(3)</sup>Departamento de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina. [jegoldar@unse.edu.ar](mailto:jegoldar@unse.edu.ar)

**RESUMEN**

*Para la construcción de un modelo digital de elevación, mediante la técnica de interferometría SAR o InSAR, previamente, se deben calcular dos parámetros, la línea de base crítica para el sensor en cuestión y la línea de base perpendicular. La primera, se refiere a la línea que causa un cambio espectral igual al ancho de banda, es una función de la longitud de onda, del ángulo de incidencia y la pendiente topográfica. La segunda es la componente perpendicular de la separación orbital entre las dos plataformas al momento de la adquisición de las imágenes. La línea de base crítica, puede ser calculada a partir de los parámetros mencionados, que pueden ser obtenidos de los metadatos de la imagen. La línea de base perpendicular se obtiene a partir de un procedimiento en el que se apilan las imágenes desde el software SNAP. Ambos procesos de cálculo, son de tenor empírico y los valores que se obtienen por medio de ellos, son siempre, posible de ser mejorados. El presente trabajo, analiza en un set de cinco imágenes ENVISAT de una misma zona, el procedimiento para la obtención de ambas líneas y las condiciones de compromiso que debe existir entre ellas.*

**ABSTRACT**

*For the construction of a digital elevation model, using the SAR or InSAR interferometry technique, two parameters must first be calculated, the critical baseline for the sensor in question and the perpendicular baseline. The first, refers to the line that causes a spectral change equal to the bandwidth, it is a function of the wavelength, the angle of incidence and the topographic slope. The second is the perpendicular component of the orbital separation between the two platforms at the time of image acquisition. The critical baseline can be calculated from the mentioned parameters, which can be obtained from the image metadata. The perpendicular baseline is obtained from a procedure in which the images are stacked from the SNAP software. Both calculation processes are empirical and the values obtained through them are always possible to be improved. The present work analyzes, in a set of five ENVISAT images of the same area, the procedure for obtaining both lines and the compromise conditions that must exist between them.*

**Palabras Clave:** InSAR - orbital – perpendicular - SAR - interferometria.

## Introducción

InSAR es una técnica derivada, que permite a partir de dos imágenes radar, construir un modelo digital de elevación DEM. Previamente, se deben calcular dos parámetros muy importantes, la línea de base crítica  $B_{\perp\text{critica}}$  para el sensor, en este caso ENVISAT y la línea de base perpendicular  $B_{\perp}$ .

La línea de base crítica  $B_{\perp\text{critica}}$ , que causa un cambio espectral igual al ancho de banda, se calcula, a partir de la ecuación (1), en la que la longitud de onda  $\lambda$ , el ancho de banda en rango  $B_r$ , la velocidad de la luz  $C$ , el ángulo de incidencia  $\theta_{\text{incidencia}}$  y la pendiente local  $z$ , pueden ser extraídos de los metadatos y de la imagen misma.

$$B_{\perp\text{critica}} = \lambda \left( \frac{B_r}{C} \right) R_1 * \text{tang}(\theta_{\text{inci}} - \zeta) \quad (1)$$

La línea de base crítica  $B_{\perp\text{critica}}$  es función del ángulo de incidencia  $\theta_{\text{incidencia}}$  y de la pendiente local  $z$ , de manera que su valor variara en cada pixel de la imagen. Generalmente para estimar su valor, se toma como referencia el pixel central de la imagen para la consulta del ángulo de incidencia  $\theta_{\text{incidencia}}$  y se adopta como valor de pendiente local  $z$  igual a cero. De manera que la línea de base crítica obtenida de esta manera, no dejara de ser siempre, un valor aproximado.

La línea de base perpendicular  $B_{\perp}$ , que es la componente perpendicular de la separación orbital entre las dos plataformas al momento de la adquisición de las imágenes, se obtiene a partir de un proceso empírico, apilando el set de imágenes desde el software SNAP. De este set compuesto de  $n$  imágenes, se debe seleccionar un par que sea el más adecuado para la construcción del modelo digital de elevación. Se establece entonces, una relación de compromiso, entre la línea de base perpendicular y la línea de base crítica para el sensor en cuestión. Esta relación, conduce a tener que elegir un par de ese conjunto que satisfaga ciertas condiciones. La relación entre la línea de base perpendicular  $B_{\perp}$  y la línea de base crítica  $B_{\perp\text{critica}}$ , está dada por correlación por geometría  $|\gamma|_{\text{geometrica}}$  ecuación (2)

$$|\gamma|_{\text{geometrica}} = \frac{B_{\perp\text{critica}} - B_{\perp}}{B_{\perp\text{critica}}} \quad (2)$$

Si  $|B_{\perp}| \leq B_{\perp\text{crit}}$  existe correlacion

Si  $|B_{\perp}| > B_{\perp\text{crit}}$  correlacion cero

Además, existe otra condición, cuanto más larga es la línea de base perpendicular, mayor será la resolución del modelo, dado por la altura de ambigüedad  $Z$ , expresión (3)

$$Z = - \frac{\lambda R \sin \vartheta'}{4 \pi B_{\perp}} \varphi \quad (3)$$

Motiva el presente trabajo, el hecho de obtener distintos valores en la estimación de la línea de base crítica, según sea el pixel donde se obtenga el ángulo de incidencia. Por otro lado, también la variabilidad de la línea de base perpendicular, para un set de cinco imágenes.

## Materiales y Métodos

Para el presente trabajo se empleó, un set de cinco imágenes del sensor ENVISAT.

ASA\_IMS\_1PNESA20100108\_031714\_000000182085\_00447\_41082\_0000.N1  
ASA\_IMS\_1PNESA20100212\_031711\_000000182086\_00447\_41583\_0000.N1  
ASA\_IMS\_1PNESA20100319\_031712\_000000182087\_00447\_42084\_0000.N1  
ASA\_IMS\_1PNESA20100423\_031709\_000000182088\_00447\_42585\_0000.N1

Las fechas de adquisición están en negrita.

Estimación de la Línea de base crítica ( $B_{\perp\text{critica}}$ )

El primer cálculo, es obtener la línea de base crítica  $B_{\perp\text{critica}}$ , para el sensor ENVISAT. En la ecuación (1), los parámetros a obtener y reemplazar en dicha ecuación son:  $\lambda$  (longitud de onda),  $Br$  (ancho de banda en rango),  $C$  (velocidad de la luz),  $R$  (rango o distancia sensor suelo),  $\theta_{\text{incidencia}}$  (ángulo de incidencia) para un pixel central de la escena y  $z$  (pendiente local) adoptada como cero, parámetros estos obtenidos de los metadatos.

$$B_{\perp\text{crit}} = 0.057m \left( \frac{999990 \frac{1}{\text{seg}}}{299792458 \frac{m}{\text{seg}}} \right) * 620000m * \text{tang} (36.676^\circ - 0^\circ) = \mathbf{1830.23m}$$

Obtención de la Línea de base perpendicular ( $B_{\perp}$ )

Para la determinación de este parámetro, se debe primero analizar el set imágenes, cinco en este caso. Para ello desde SNAP, se apilan las imágenes a partir de una herramienta que tiene la siguiente secuencia: Radar > Interferometric > InSAR Stack Overview> Add Opened> Overview, se desplegara un cuadro como el que muestra la Figura 1.

File Name	Ref/Sec	Acquisition	Track	Orbit	Bperp [m]	Btemp [days]	Modeled Coherence	Height Ambg [m]
ASA_IMS_1PNESA20100319_031...	Reference	19Mar2010	447	42084	0.00	0.00	1.00	$\infty$
ASA_IMS_1PNESA20100108_031...	Secondary	08Jan2010	447	41082	110.07	70.00	0.84	-133.05
ASA_IMS_1PNESA20100212_031...	Secondary	12Feb2010	447	41583	-296.26	35.00	0.73	49.43
ASA_IMS_1PNESA20100423_031...	Secondary	23Apr2010	447	42585	-164.93	-35.00	0.83	88.80
ASA_IMS_1PNESA20100910_031...	Secondary	10Sep2010	447	44589	-36.64	-175.00	0.81	399.67

Figura 1

Las imágenes seleccionadas por tener la línea de base perpendicular más larga, fueron, la del 8 de enero con una línea de base perpendicular de 110.07 metros y la del 12 de febrero con una línea de base perpendicular de -296.26metros, de manera que, el valor de la componente perpendicular de la separación orbital entre las dos plataformas al momento de la adquisición de las imágenes es de **406.33** metros.

## Resultados

La tabla 1, muestra en forma comparativa los resultados de las líneas de base crítica y línea de base perpendicular, para un determinado ángulo de incidencia y pendiente local cero.

Pixel	Ang. Inci. (deci.)	Pen. Local (dec.)	Línea de Base Crit. (m)	Línea de base per. (m)
central	33.67639	0	1637.531	406.33

Tabla 1

Como se puede observar, la línea de base perpendicular  $B_{\perp} = 406.33$  metros, es menor que la línea de base crítica  $B_{\perp\text{crit}} = 1830.23$  metros, en este caso para el sensor ENVISAT.

## Discusión

Con respecto a la estimación de la Línea de base crítica ( $B_{\perp\text{crit}}$ ), generalmente se toma un pixel central de la escena, pero si tomamos cualquier otro pixel en cualquier otra zona de la imagen, los valores de la línea de base crítica, serán diferentes.

En lo que hace a la obtención de la línea de base perpendicular, la cual es elegida del set de imágenes, a partir del apilado a través del software, también es un valor que no es único, ya que puede ser reemplazado por otro que se sea mayor pero a expensas de perder coherencia modelada.

## Conclusiones

- Para la estimación de la línea de base crítica, se recomienda, tomar una serie de valores de ángulos de incidencia en diferentes zonas de la imagen, con una distribución homogénea, entre seis a diez aproximadamente y calcular la línea de base crítica para todos ellos y luego calcular un promedio.
- Para la línea de base perpendicular, el set de imágenes, debiera ser lo más numeroso posible, diez por ejemplo, para poder tener mayor cantidad de alternativas para la selección del par de imágenes.

## REFERENCIAS

1. Ramon F. Hanssen “Radar Interferometry” Data Interpretation and Error Analysis. Delft University of Technology, The Netherlands. KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS. NEW YORK, BOSTON, DORDRECHT, LONDON, MOSCOW. eBook ISBN: 0-306-47633-9. ISBN: 0-7923-6945-9. VOLUME 2 (libro)
2. Alessandro Ferretti, Claudio Prati, and Fabio Rocca; “Multibaseline InSAR DEM Reconstruction: The Wavelet Approach”; IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 37, NO. 2, MARCH 1999. (paper)
3. E. Sansosti, R. Lanari, G. Fornaro, G. Franceschetti; Digital Elevation Model Generation Using Ascending and Descending ERS-1/ ERS-2 tandem data; int. j. remote sensing, 1999, vol. 20, no. 8, 1527-1547. (paper)
4. Eugenio Sansosti, Senior Member, IEEE, Paolo Berardino, Member, IEEE, Michele Manunta, Francesco Serafino, and Gianfranco Fornaro, Member, IEEE; “Geometrical SAR Image Registration”; IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 44, NO. 10, OCTOBER 2006; (paper)

## EVALUACIÓN DEL MODELO IONOSFÉRICO SUPIM PARA PREDICCIONES DE RADIOPROPAGACIÓN UTILIZANDO IONOGRAMAS AUTOESCALADOS DE LA ESTACIÓN IONOSFÉRICA TUCUMÁN

Valentín J. Venchiarutti <sup>(1)\*</sup>, Blas de Haro Barbás <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán,  
Av. Independencia 1800, Tucumán, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [vvenchiarutti@herrera.unt.edu.ar](mailto:vvenchiarutti@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa la utilidad del modelo SUPIM [1,2] para predicciones de radiopropagación utilizando como modelo para el campo magnético terrestre, el dipolar centrado (DC), y el dipolar centrado e inclinado (DCI)[3]. Se considerará la ionosfera en baja latitud tomando como caso particular ionogramas de la estación ionosférica Tucumán [4] correspondientes al mes de enero de 2014 con valores de  $f_0F_2$  autoescalados por el software Autoescala, como así también algunos ionogramas particulares seleccionados que son contrastados con ionogramas sintéticos generados a partir de los perfiles predichos por los modelos SUPIM. Los resultados demuestran que, el modelo de campo magnético DC tiene mejor acuerdo entre las 12 - 18 hs UT, llegando a tener errores relativos de 1% con respecto a los valores medidos, y el DCI predice mejor entre las 18 - 23 hs UT, llegando al 2% de error.

### ABSTRACT

In the present work, the usefulness of the SUPIM model [1,2] for radio propagation predictions is evaluated using as a model for the terrestrial magnetic field, the centered dipole (DC), and the centered and inclined dipole (DCI) [3]. The low latitude ionosphere will be considered, taking as a particular case ionograms from the Tucumán ionospheric station [4] corresponding to the month of January 2014 with values of  $f_0F_2$  autoscaled by the Autoscale software, as well as some selected particular ionograms that are contrasted with synthetic ionograms generated from of the profiles predicted by the SUPIM models. The results show that the DC magnetic field model has a better agreement between 12 - 18 h UT, reaching relative errors of 1% with respect to the measured values, and the DCI predicts better between 18 - 23 h UT, reaching 2% error.

**Palabras clave:** ionograma, autoescala, SUPIM, dipolo centrado inclinado, dipolo axial

### INTRODUCCIÓN

Entre los pioneros de la física ionosférica cabe destacar a Breit y Tuve (1925), quienes inspirados en pruebas llevadas a cabo por Swann y Frayne desarrollaron un método experimental para determinar la altura de la ionosfera. Se valieron para ello, de la diferencia de tiempo de vuelo de un pulso emitido en una estación transmisora que arriba a un receptor ubicado a corta distancia, primero por onda de superficie y luego por onda celeste en incidencia casi vertical. Este método fue perfeccionado a lo largo del tiempo hasta llegar a la ionosonda vertical moderna en que transmisor y receptor están en el mismo sitio, una base de tiempo precisa permite determinar el tiempo de vuelo del pulso y se emplean técnicas, de compresión de pulsos e integración coherente para lograr alta resolución espacial usando baja potencia de transmisión, mediante la concentración de la energía emitida a lo largo del tiempo, en un único punto correspondiente al retardo mínimo o altura virtual del eco. El producto final de una ionosonda es un ionograma, diagrama que indica los ecos recibidos mediante puntos en un par de ejes coordinados ortogonales, altura virtual - frecuencia. En los sondadores modernos dicho ionograma es representado digitalmente por una matriz o mapa de bits cuyas

columnas corresponden a las distintas frecuencias de exploración y filas a las alturas virtuales (discretizadas), siendo cada elemento cero si no se detectó eco y distinto de cero si se detectó que incluyen ejes e información sobre las frecuencias críticas determinada por un software de interpretación automática.

SUPIM es un programa escrito en lenguaje FORTRAN y se ha desarrollado durante las últimas décadas [1]. En el modelo, las ecuaciones dependientes del tiempo de continuidad, momento y balance de energía que describen los procesos químicos y físicos de la ionosfera y plasmasfera de latitud media y baja de la Tierra se resuelven a lo largo de líneas de campo magnético de dipolo cerrado entre altitudes de alrededor de 100 km en ambos hemisferios para dar valores para las densidades, velocidades alineadas con el campo y temperaturas de los iones  $O^+$ ,  $H^+$ ,  $He^+$ ,  $N_2^+$  y  $NO^+$ , y los electrones. Los principales procesos químicos y físicos incluyen la producción de iones debido a la radiación solar EUV, la producción y pérdida de iones debido a reacciones químicas entre los iones constituyentes y con los gases neutros, difusión térmica, colisiones ión-ión e ión-neutros, vientos termosféricos, deriva electrodinámica, conducción térmica, calentamiento de fotoelectrones, calentamiento por fricción y una serie de mecanismos de calentamiento y enfriamiento locales. El modelo SUPIM, incluye dos modelos para el campo magnético terrestre, el dipolar centrado o axial (DC), y el dipolar centrado e inclinado (DCI) [3]

## MÉTODOS

La Estación Ionosférica Tucumán, con coordenadas 26,8° latitud Sur y 65,2° longitud Oeste, realiza sondajes cada 15 minutos y provee ionogramas en formato de imagen y parámetros ionosféricos estimados automáticamente por el software Autoescala (autoescalados), en este trabajo se promediaron los valores a fin de obtener valores cada una hora. En este estudio, se utilizó una muestra correspondientes al mes de enero de 2014, conformada por un conjunto de 3031 ionogramas autoescalados. Los casos en que Autoescala no pudo determinar valores para foF2, fueron desechados. En la primera etapa, se realizó un análisis estadístico de las diferencias entre los valores experimentales de foF2 y los valores predichos por el modelo SUPIM. Para esta tarea, se obtuvo la predicción del modelo SUPIM, correspondiente a cada valor de foF2 autoescalado y fueron calculadas las desviaciones absolutas de los mismos, utilizando la siguiente fórmula:

$$d = foF2_{\text{autoescala}} - foF2_{\text{SUPIM}} \quad [1]$$

## RESULTADOS

Para el análisis de los resultados, se realizó un programa escrito en lenguaje Python, en la plataforma Google Colaboratory. Las Figuras 1 y 2, presentan una visión general de los datos empleados en el estudio, durante el mes de enero de 2014. La escala vertical de la izquierda representa los días, la escala horizontal representa las horas del día, en hora universal (UT), y la escala de colores representa los valores de foF2 en MHz. Se divide en tres gráficas de foF2 correspondientes a (A) valores obtenidos por interpretación automática de ionogramas, (B) predicciones del modelo SUPIM aplicando el modelo de dipolo centrado o axial (en la figura 1) o dipolo centrado inclinado (en la figura 2), y (C) las diferencias absolutas entre mediciones y predicciones.

Los datos faltantes en los valores autoescalados se representan por pixeles blancos y corresponden a ionogramas ausentes, ionogramas con *spread F* y ionogramas en los que el software no pudo determinar el parámetro, a modo de ejemplo se puede observar un ionograma con *spread F* en la Figura 3.

## DISCUSIÓN

En la Figura 1 y Figura 2, se representan los valores de foF2 en función de la hora UT, según los determinados por Autoescala (A) y los predichos por el modelo SUPIM (B) con DC y DCI correspondientemente. El conjunto de puntos blancos, representan ionogramas ausentes por diferentes causas: desperfectos del instrumento, falla de Autoescala en determinar foF2 o *spread F*. En las Figuras (C), se comparan los valores de foF2 ionogramas autoescalados, y los predichos por el modelo SUPIM. Los pixeles coloreados de la Figura 1 (C) y Figura 2 (C), en rojo oscuro o violeta corresponden a los valores con diferencias absolutas y relativas grandes (más del 20%). Los puntos en color verdes claros, corresponden a casos donde el valor autoescalado es consistente y la predicción de SUPIM lo sobreestima y los azul también es consistente el autoescalado, pero SUPIM los subestima. Según puede verse en la Figura 1 (C), hay un mejor acuerdo entre predicción y valor medido para los rangos horarios de 12 hs a 18 hs UT, con diferencias del orden de 3 MHz, en valor absoluto y valores relativos cercanos al 1% (pixeles color cyan). Los valores alejados corresponden, salvo excepciones, a casos en que el valor autoescalado de foF2 es incorrecto.

Mientras, en la Figura 2 (C), se observa un mejor acuerdo entre las 18 hs a 23 hs UT, llegando a tener errores relativos del 2%, entre mediciones y predicciones (pixeles color cyan).

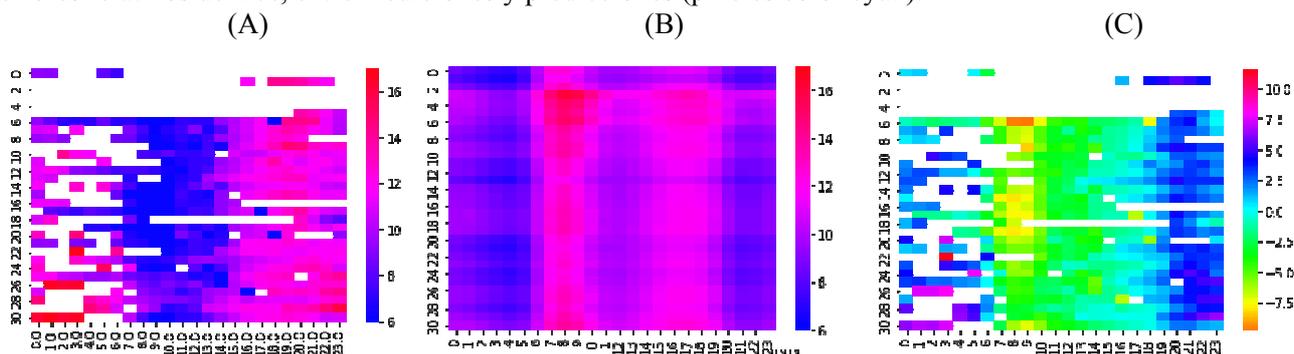


Figura 1: Gráfica de la frecuencia crítica en función de la hora UT y día para el mes de enero de 2014, en San Miguel de Tucumán. La gráfica (A) representa los valores generados por la interpretación automática de ionogramas con el programa Autoscala, los cuadros en blancos corresponden a datos faltantes. La gráfica (B) representa los valores simulados por SUPIM con DC. La gráfica (C) representa la diferencia entre las frecuencias foF2 experimentales y simuladas.

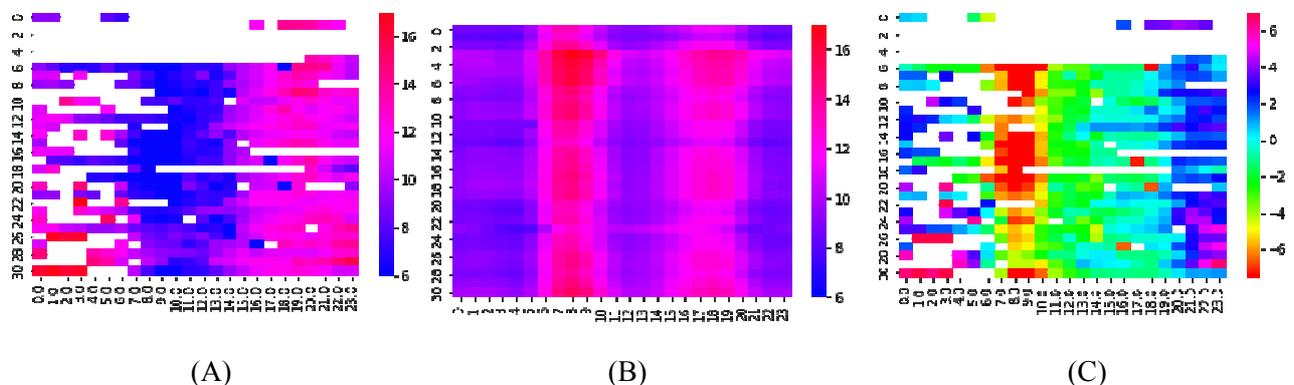


Figura 2: Gráfica de la frecuencia crítica en función de la hora UT y día para el mes de enero de 2014, en San Miguel de Tucumán. La gráfica (A) representa los valores generados por la interpretación automática de ionogramas con el programa Autoscala, los cuadros en blancos corresponden a datos faltantes. La gráfica (B) representa los valores simulados por SUPIM con DCI. La gráfica (C) representa la diferencia entre las frecuencias foF2 experimentales y simuladas.

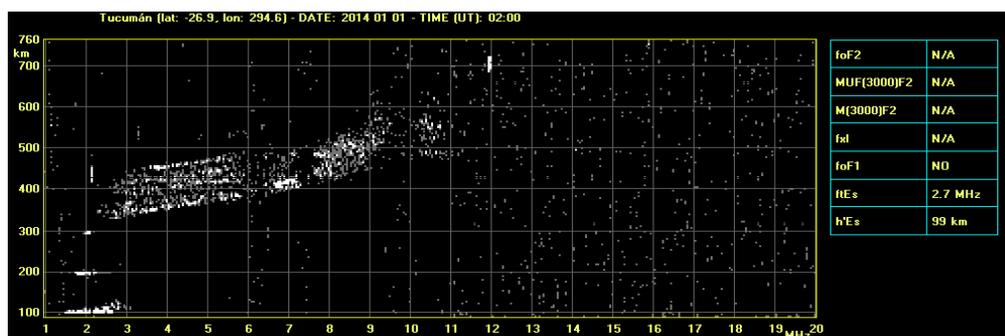


Fig. 3: Ionograma para el día 01/01/2014 a las 02:00 hs UT. Puede observarse spread F en el ionograma.

## REFERENCIAS

1. M. Pezzopane, E. Zuccheretti, C. Bianchi, C. Scotto, B. Zolesi, M. Cabrera and R. Ezquer. "The new ionospheric station of Tucumán: first results". *Annals of Geophysics*, 50(3), 483-492. doi:http://dx.doi.org/10.4401/ag-4426. (2007)
2. M. A. Bravo et al. "Equatorial Ionospheric Response to Different Estimated Disturbed Electric Field as Investigated Using Sheild University Plasmasphere ionosphere Model at INPE" *JGR*, doi 10.1002/2017JA024265; 2017.

3. Z. Koochak and A.C. Fraser-Smith, "An Update on the Centered and Eccentric Geomagnetic Dipoles and their Poles for the Years 1980-2015, American Geophysical Union", doi: 10.1002/2017EA000280; 2017.
4. J. R.Souza. "Modelagem ionosferica em baixas latitudes no Brasil". Sao Jose dos Campos, SP, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (INPE-6395-TDI/611); 1997.

## EXPERIENCIAS EN LA APLICACIÓN DE MICRO EMBALSES DE RETARDO TEMPORARIO (MRT) EN LA REGIÓN CENTRO Y NORTE ARGENTINA.

Viviana Farias <sup>(1)</sup>, David Torre <sup>(1)</sup>, Miguel Nores <sup>(1)</sup>, Daniel Farias <sup>(2)</sup>, Jorge Prieto Villarroya <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> David Torre & Asociados Consultora, Córdoba, Argentina

<sup>(2)</sup> Instituto de Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías. Universidad Nacional de Santiago del Estero. IRHi FCEyT-UNSE. Santiago del Estero. Argentina.

[vivianagfarias@gmail.com](mailto:vivianagfarias@gmail.com)

### RESUMEN

*El presente trabajo desarrolla las experiencias de diseño, dimensionamiento y modelización hidrológica de los denominados Micro Embalses de Retardo Temporario (MRT), en diferentes enclaves de la región centro y norte de Argentina (Córdoba y Santiago del Estero). En el entorno rural, es conocido y mencionado el dicho de que los MRT se llenan en pocas horas y se vacían en varios días, lo que conlleva aspectos positivos tanto desde el punto de vista de la protección, consecuencia de la laminación de crecidas, como desde el punto de vista de la producción, consecuencia del incremento de humedad en el suelo.*

*El objetivo de la construcción de los MRT, responde principalmente a la protección que se le brinda a la población e infraestructuras rurales situadas en el área de influencia aguas debajo de los mismos, ya que permiten mitigar posibles inundaciones, gracias a la sistematización de excedentes hídricos desarrollada.*

*Adicionalmente, los MRT permiten además de la laminación de crecidas, un incremento notable en la retención de la humedad en el suelo, de modo que permiten aumentar las tasas de infiltración, y por lo tanto incrementando la productividad agrícola de los suelos, al recuperar estos su esponjosidad, humedad y posibilitando la siembra cultivos que lo beneficien y con rotaciones programadas. Esta tipología de obras constituye además un claro ejemplo de sinergia público-privada que tiene resultados concretos, ya que, en la visión de trabajar las cuencas hídricas de manera integrada, se articulan acciones prediales e intra-prediales con los productores agrícolas a través de Programas de Conservación Suelos. El trabajo desarrolla las ecuaciones y métodos empleados para el dimensionamiento de este tipo de infraestructuras y muestra los resultados obtenidos mediante la aplicación de la herramienta de modelización hidrológica Hec-HMS y los respectivos hidrogramas de entrada (original) y salida (laminado)*

### ABSTRACT

*The present work develops the experiences of design, dimensioning and hydrological modeling of the so-called Temporary Delay Micro Reservoirs (MRT), in different enclaves of the central and northern region of Argentina (Córdoba and Santiago del Estero). In the rural environment, the saying that the MRTs are filled in a few hours and emptied in several days is known and mentioned, which entails positive aspects both from the point of view of protection, as a consequence of the lamination of floods, as well as from production, as a consequence of the increase in humidity in the soil. The objective of the construction of the MRTs responds mainly to the protection provided to the population and rural infrastructures located in the area of influence downstream of the same, since they allow mitigating possible floods, thanks to the systematization of water surpluses. Additionally, the MRT allow, in addition to the lamination of floods, a notable increase in the retention of moisture in the soil, so that they allow increasing the infiltration rates, and therefore increasing the agricultural productivity of the soils, by recovering these its sponginess, humidity and making it possible to plant crops that benefit it and with scheduled rotations. This type of works also constitutes a clear example of public-private synergy that has concrete results, since, in the vision of working with water basins in an integrated manner, farm and intra-farm actions are articulated with agricultural producers through*

*Programs Soil Conservation. The work develops the equations and methods used for the dimensioning of this type of infrastructure and shows the results obtained by applying the Hec-HMS hydrological modeling tool and the respective inlet (original) and outlet (laminated) hydrographs.*

**PALABRAS CLAVE:** Micro Embalses de Retardo Temporal, Laminación de Crecidas, Hec-HMS.

## INTRODUCCIÓN

Los micro embalses de retardo temporal MRT son terraplenes que atraviesan el cauce, almacenan temporariamente el agua y de este modo logran el doble objetivo de laminar el hidrograma de crecida e incrementar el almacenamiento y reserva de agua en el suelo.

Los MRT se diseñan para absorber el caudal pico y atenuarlo, de manera tal de descargar un caudal que no produzca daños substanciales aguas abajo del mismo, esto se logra reteniendo un volumen de agua representado gráficamente como el área encerrada entre los hidrogramas de entrada y salida (Figura 1).

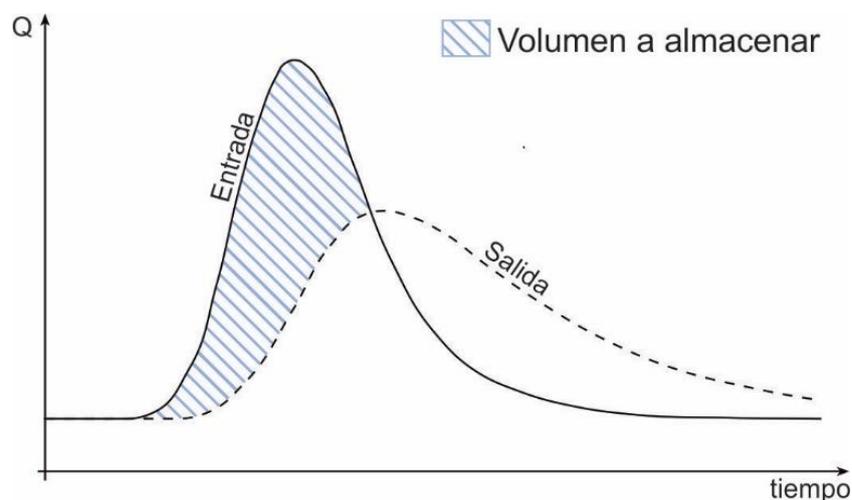


Figura 1.- Esquema conceptual del funcionamiento de un Micro Embalse de Retardo Temporal MRT

## MATERIALES Y MÉTODOS

Cuando, por el efecto de las lluvias o por cualquier otra razón, se produce una inundación, el caudal que lleva la misma se traslada por el cauce en forma de una onda de crecida que se transmite por el cauce con una velocidad determinada. La presencia de un cuerpo de agua o reservorio en un cauce produce un efecto laminador o de disminución del caudal punta en esa onda de crecida. A medida que el caudal de una crecida se transmite a través de un cauce que tiene previamente agua, se produce por un lado un efecto de transmisión (o desplazamiento) del hidrograma (o la onda de crecida) a través del cauce, y por otro lado se produce un efecto laminador sobre la onda (o de disminución del caudal de punta), es decir caudal pico y tiempo base menor.

El reservorio de detención tendrá dos salidas: Uno está más cerca del fondo y se llaman orificios o alcantarillas de regulación, del nivel inferior; y el otro está en el nivel superior, y se llaman vertederos, por donde el agua circula cuando se llena el reservorio (Figura 2).

Para poder calcular cuánto atenúan es necesario conocer características físicas de cada microembalse y las leyes hidráulicas de descarga de orificios y vertederos. El método de cálculo para la laminación del embalse parte de un hidrograma de entrada al embalse y de las características propias del embalse, tanto físicas como de operación, permitiendo obtener un hidrograma de salida del embalse. Para la estimación de la propagación de los hidrogramas de avenida en el embalse se puede utilizar el método de Puls modificado (método hidrológico). El método permite calcular la evolución del volumen en el embalse en cada intervalo de tiempo, teniendo en cuenta una relación no lineal entre el caudal de salida o vertido ( $Q_s$ ) y el almacenamiento o volumen de embalse ( $V$ ).

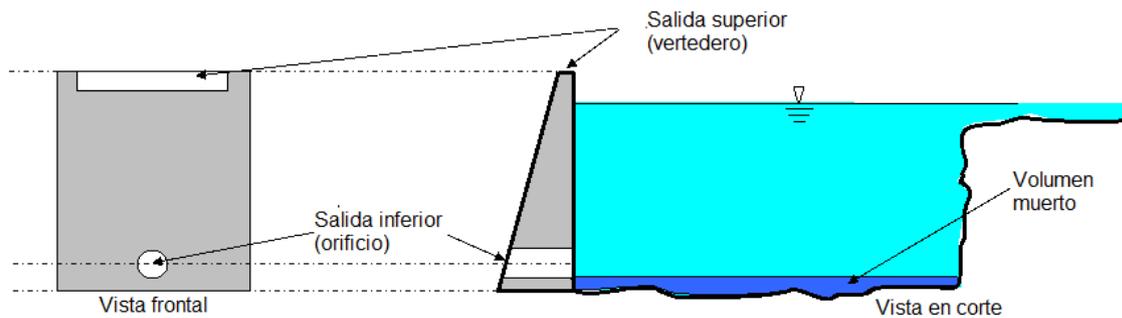


Figura 2.- Vista Frontal y en Corte lateral de un Micro Embalse de Retardo Temporal MRT

Los MRT se ubican en aquellos sectores que permitan donde permita el anegamiento temporal del terreno. Para ello, es necesario previamente obtener, mediante topografía tradicional o Modelos Digitales de Elevaciones MDE, las curvas de Elevación - Almacenamiento las cuales se obtienen en función de la topografía de los puntos de ubicación de los micro embalses de retardo y la curva de Elevación-Descarga, la cual se obtiene en función del dispositivo de regulación. En este trabajo se sugiere el uso de alcantarillas como dispositivos de regulación (Ecuación 1), con diámetros comprendidos entre los 600 y 1000 mm.

Adicionalmente, el diseño requiere establecer la cota a partir de la cual comenzarán a actuar los vertederos laterales de excedencia (Ecuación 2), de modo que pueda incrementarse la capacidad de evacuación de dichos micro embalses y evitar que el nivel del agua exceda el coronamiento de los mismos. En función de dichas curvas de altura volumen y altura descarga se puede obtener a través de la modelación hidrológica con el programa Hec-HMS (Figura 3 y 4), la capacidad de regulación de cada uno de los micro embalses.

El funcionamiento de las alcantarillas reguladoras está basado en la Curva de Elevación-Descarga de la alcantarillas, respondiendo a la siguiente ecuación:

$$Q = C_o * A_o * \sqrt{2 * g * H_o} \quad [1]$$

Donde cada término de la expresión representa:

$C_o$  = Coeficiente de descarga (de 0.4 a 0.6)

$A_o$  = Área del orificio ( $m^2$ )

$H_o$  = Carga hidráulica efectiva sobre el orificio de salida (m)

Por otro lado, a partir de la cota medida desde el fondo de la alcantarilla, se le suma a la ecuación anterior el caudal erogado por los dos vertederos laterales planteados a cada extremo de los micro embalses de regulación los cuales se rigen por la ley:

$$Q = \frac{2}{3} C_o * b * \sqrt{2 * g_o} H^{\frac{3}{2}} \quad [2]$$

Donde cada término de la expresión representa:

$C_o$  = Coeficiente de descarga

$b$  = Longitud del vertedero (m)

$H$  = Carga efectiva sobre el labio del vertedero (m)

## RESULTADOS

Como resultados de las modelizaciones realizadas pudo observarse (Figura 3) el efecto de laminación generado por los MRT, produciéndose tanto una atenuación/reducción del Pico de crecida como un desplazamiento o retardo en el tiempo pico, lo que genera una reducción en los daños aguas abajo del MRT así como un incremento en la duración del agua en el suelo, y como consecuencia de la infiltración y recarga.

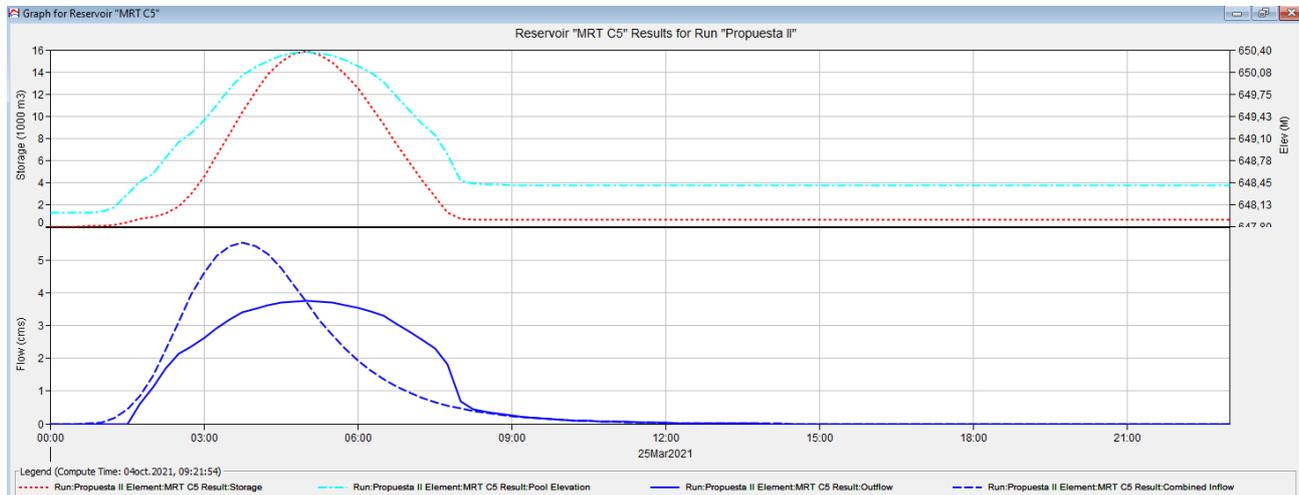


Figura 3.- Ejemplo de funcionamiento de MRT en Cuenca de Jesús María (Córdoba). Funcionamiento con Alcantarillas (superior) y funcionamiento con Alcantarillas + Vertedero (inferior)

## CONCLUSIONES

Los procedimientos y metodologías desarrollados en el apartado anterior fueron aplicados exitosamente mediante Programas de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, con un enfoque “agro-hidro-vial” en la provincia de Córdoba, estando actualmente en implementación en la Provincia de Santiago del Estero. Los resultados obtenidos: Atenuación y retraso del pico, muestran en terreno una reducción en la capacidad de daño de crecidas aguas abajo del MRT y un incremento en la productividad consecuencia del aumento de la infiltración durante el mayor tiempo de retención.



Figura 4- MRT en construido en Subcuenca Hidrográfica al Oeste de Río Pinto (2020. Min. Agricultura de Córdoba)

## REFERENCIAS

1. Chow, V; Maidment, D; Mays, L. (1988). Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company, USA.

## CRITERIOS PROSPECTIVOS EN ÁREAS SUSCEPTIBLES DE INUNDACIÓN FLUVIAL URBANA DEL GRAN CATAMARCA

Eremchuk J.<sup>(1)</sup>, Cisternas M.<sup>(1)</sup> y Vergara E.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geología - Facultad de Tecnología y Cs. Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 55. Catamarca, Argentina

\* Correo Electrónico (autor de contacto): unlar07@gmail.com

### RESUMEN

*El área de estudio es el Gran Valle de Catamarca desde La Puerta hasta Bajo Hondo, en sentido norte-sur y desde Loma Cortada hasta El Portezuelo, en sentido oeste-este. En esta área, se han venido estudiando los eventos de inundación que han afectado distintas localidades en la última década. Los cursos de aguas involucrados son los ríos Ambato, El Tala – Ongolí, El Potrero, Santa Cruz – Paclín y el Río del Valle.*

*El presente informe analiza los criterios técnicos que se deberían tener en cuenta en la expansión urbana en áreas vulnerables y/o susceptibles de inundabilidad fluvial en ambientes morfo-fluviales montanos, pedemontanos y sectores hidrográficos de baja pendiente.*

*Se muestran las diferentes situaciones morfo-fluviales donde los cursos de agua que se desplazan entre las tramas urbanas generan peligros de inundación sobre los asentamientos poblacionales.*

*La metodología empleada se basó en el análisis multitemporal de escenas satelitales, producto de Sistemas de Teledetección y fotogramas de los años 1968 y década del 90, que incluyó evaluación diacrónica y su reinterpretación digital, con las correspondientes verificaciones en el terreno.*

*En las inundaciones fluviales que han afectado a las tramas urbanas de diferentes localidades del Valle Central de Catamarca, las aguas se han movilizado dentro de su espacio natural e histórico, lecho menor y lecho mayor de los ríos. Excepcionalmente han inundado sectores de la baja terraza. Fueron de carácter “pasivas”, es decir que los cursos de agua no desbordaron fuera de sus zonas móviles y que la actividad antrópica, afectada, es la que ha avanzado sobre los espacios de movilidad fluvial de los diferentes cursos de agua. Es recomendable no avanzar sobre las zonas de movilidad fluvial natural y restringir la urbanización, al menos, 50 a 100 m tierra adentro de los taludes físicos naturales.*

**Palabras Claves:** Riesgo de inundación fluvial – análisis multitemporal- Teledetección satelital – Valle Central de Catamarca

### ABSTRACT

*The study area is the Great Valley of Catamarca from La Puerta to Bajo Hondo, in a north-south direction, and from Loma Cortada to El Portezuelo, in a west-east direction. In this area, the flood events that have affected different localities in the last decade have been studied. The watercourses involved are the Ambato, El Tala – Ongolí, El Potrero, Santa Cruz – Paclín and Río del Valle rivers.*

*This report analyzes the technical criteria that should be taken into account in urban expansion in vulnerable areas and/or susceptible to fluvial flooding in morfo-fluvial montane and foothill environments and low-slope hydrographic sectors.*

*The different morfo-fluvial situations are shown where the water courses that move between the urban fabrics generate flood dangers on the population settlements.*

*The methodology used was based on the multi-temporal analysis of satellite scenes, a product of Remote Sensing Systems and frames from the years 1968 and the 1990s, which included diachronic evaluation and its digital reinterpretation, with the corresponding verifications in the field.*

*In the fluvial floods that have affected the urban fabric of different localities of the Central Valley of Catamarca, the waters have moved within their natural and historical space (lower bed and higher bed).*

Exceptionally, they have flooded sectors of the lower terrace. They were of a "passive" nature, that is to say that the watercourses did not overflow outside their mobile zones and that the anthropic activity, affected, is the one that has advanced on the fluvial mobility spaces of the different watercourses. It is advisable not to advance on the natural fluvial mobility zones and to restrict urbanization to at least 50 to 100 m inland from the natural physical slopes.

**Keywords:** River flood risk – multi-temporal analysis - Satellite remote sensing – Central Valley of Catamarca

## Introducción

El presente informe es parte de los resultados de la investigación desarrollada en el Proyecto de Investigación Científico Tecnológica Interdisciplinaria de Impacto Provincial y Regional (PICTI – IPR) denominado “Propuesta de Herramientas de Gestión Prospectiva para problemas de Inundación Fluvial en Núcleos Urbanos del Valle Central de Catamarca – Provincia de Catamarca”.

El grupo de investigación ha venido analizado en los últimos años, la dinámica fluvial desde La Puerta hasta el Bajo Hondo, en sentido norte-sur del Valle Central y desde Loma Cortada hasta El Portezuelo, en sentido oeste-este, localidades extremas que contienen la expansión del Gran Catamarca, donde la población supera los 140.000 habitantes (Eremchuk, 2019). Los sectores de El Rodeo, Camping de El Tala, Bajo Hondo, El Portezuelo y Puente sobre Ruta 33 (tramo que une la ciudad Capital con el Aeropuerto Felipe Varela) han evidenciado serios problemas de inundación durante los últimos 8 años. El presente escrito tiene el propósito de analizar los criterios técnicos que se deberían tener en cuenta en la expansión urbana en áreas vulnerables y/o susceptibles de inundabilidad fluvial en ambientes morfo-fluviales montanos, pedemontanos y sectores hidrográficos de baja pendiente.

Se muestran las diferentes situaciones morfo-fluviales donde los cursos de agua que se desplazan entre las tramas urbanas generan peligros de inundación sobre la población (Figura 1).

El razonamiento profesional de carácter prospectivo tiende a la identificación de oportunidades para aprovechar o puntos negativos para evitar, en base a datos procedentes de análisis, los cuales justifiquen las acciones que se sugieren peligros de inundabilidad fluvial en los tramos urbanos.



Figura 1: Ubicación del área de estudio

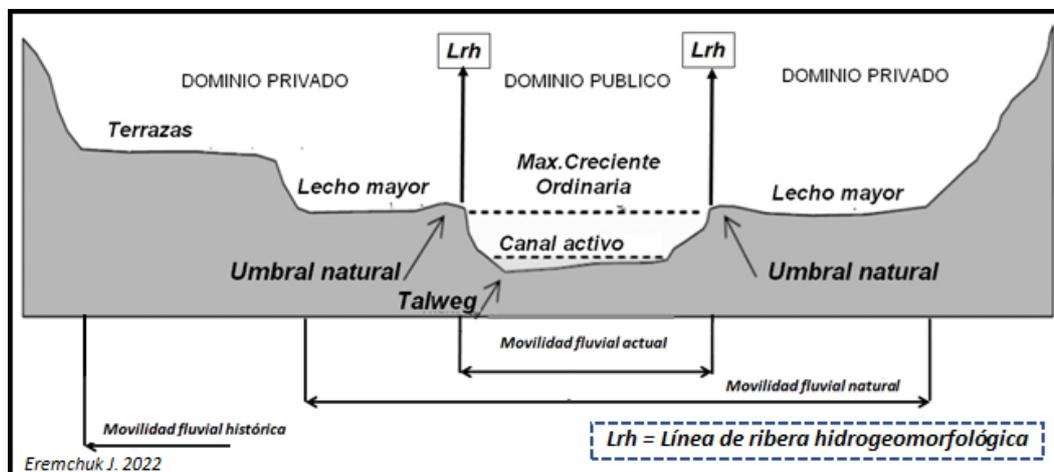
## Materiales y Métodos

Los materiales usados corresponden a la revisión de los trabajos publicados y su verificación en las escenas satelitales productos de los Sistemas de Teledetección y fotogramas de los años 1968 y década del 90. Las técnicas de validación de los documentos analizados, para la determinación de las áreas, sectores y tramos críticos susceptibles de inundabilidad fluvial, consistieron en el análisis diacrónico de las imágenes satelitales y reinterpretación digital de las mismas. A posteriori se realizaron las correspondientes verificaciones en el terreno a los fines de verificar las interpretaciones realizadas.

Las zonas delimitadas en forma prospectiva son aquellas áreas que padecieron amenazas por la movilidad fluvial de los cursos de agua del área de estudio, se clasificaron en:

- “movilidad fluvial actual”, se refiere a el espacio fluvial condicionado o no por la actividad antrópica y que ocupa normalmente el cauce o lecho menor del río.

- b. “movilidad fluvial natural” corresponde a las máximas crecidas ordinarias que ocupa el cauce o lecho menor de un curso de agua (río o arroyo),
- c. “movilidad fluvial histórica” atañe a la dinámica del río o arroyo concerniente a crecientes extraordinarias que ocupa el lecho mayor en los últimos 50 a 100 años,
- d. “movilidad fluvial deseable u óptima”, hace referencia a la dinámica del curso de agua con sin intervención antrópica, necesario para mantener una dinámica fluvial sustentable o en equilibrio.



En la Figura 2, se esquematizan los diferentes sectores de un curso de agua y las partes fundamentales que lo componen, según la morfología del terreno y la normativa expresada en el nuevo Código Civil Comercial, en cual expresa

Figura 2: Umbrales hidrogeomorfológicos en cauces fluviales

correctamente el concepto de río u arroyo. Se han delimitado preventivamente los umbrales físicos naturales, interpretados como “líneas de riberas hidrogeomorfológicas”, las cuales limitan las máximas crecientes ordinarias de las extraordinarias.

## Resultados

A continuación, se analizan las diferentes zonas afectadas por las distintas inundaciones en los últimos ocho años ocurridas en la zona de estudio del presente trabajo.

- El Portezuelo: la creciente del río Paclín o Santa Cruz, el 30 de marzo de 2017, afectó en forma parcial la localidad homónima, superó el lecho mayor, alcanzó la terraza inferior, en parte antropizada y socavó el talud de la terraza superior (Eremchuk, et al, 2017).
- Santa Cruz: aguas abajo de la localidad El Portezuelo se encuentra este asentamiento poblacional ubicado en el ápice del abanico aluvial terminal del río Santa Cruz o Paclín. Actividades antrópicas modificaron el curso de agua, canalizándolo por un antiguo paleo-cauce, para que descargue sobre el Río del Valle. Estas nuevas condiciones implicaron una modificación natural del ápice hidrológico de la geoforma, retrasándolo aguas arriba hacia la localidad de Santa Cruz produciendo una erosión retrocedente que alcanzó el puente que cruza el río Paclín en El Portezuelo, la cual generó una socavación vertical de aproximadamente 1,10 m sobre rocas del basamento metamórfico. La creciente de marzo de 2017, desbordó sobre el ápice hidrológico modificado y la escorrentía tomó los antiguos cauces ocupados parcialmente en forma antrópica y traspasó las defensas realizadas de protección para viviendas rurales y terrenos cultivados.
- Puente sobre Ruta 33, que une Catamarca con Córdoba, aguas abajo el río Santa Cruz se movilizó dentro de su lecho mayor y afectó los estribos, fundados sobre este espacio natural, especialmente los de la margen derecha.
- Río El Tala: en los diferentes crecientes genera un caudal que ocupa el lecho mayor del río generando zozobra a la altura de El Camping Municipal y Loma Cortada. El informe del INA (2015) permite identificar que la recurrencia de inundabilidad para todo el tramo supera esto límites lo que las viviendas que yacen en dicha franja son susceptibles de ser inundadas. Aguas abajo de dicho curso, cuando pasa a denominarse Ongolí, el documento del INA (2015) muestra un área de vulnerable cuyo nivel de peligrosidad es moderada, sin embargo, la sobre explotación de áridos sobre dicho curso genera un margen de seguridad que no permitiría que los caudales extraordinarios desborden hacia dicho sector.
- Río del Valle: las inundaciones sobre las márgenes de este curso de agua, que posee el dique de Pirquitas aguas arriba, tiene los antecedentes de inundabilidad de su lecho mayor y en algunos sectores de la terraza inferior; sin embargo, la actual construcción de la avenida costanera genera un margen de seguridad sobre la población que se ubica en las riberas de dicho curso (Eremchuk et al, 2017).

- **La Puerta – Banda Sur:** es un área de crecimiento constante como de segunda residencia y la ubicación de las mismas se acercan sobre el límite de la zona de movilidad fluvial natural, inclusive el Camping Municipal se asienta sobre esta unidad. Se debe tener en cuenta que dicha zona ya sufrió una inundación antes del 2003 y en la creciente del 2014 del río Ambato que afectó catastróficamente a la villa El Rodeo, en este tramo la creciente se comportó dentro de los límites de movilidad fluvial actual o máximas crecientes ordinarias. Cisternas et al. [ 2020].

Se puede afirmar que en las inundaciones fluviales que han afectado a las tramas urbanas de diferentes localidades del Valle Central de Catamarca, las aguas se han movilizadas dentro de su espacio natural e histórico, es decir por los cauces o lecho menor y lecho mayor o de inundación de los ríos. Las inundaciones fueron de carácter “pasivas”, es decir que los cursos de agua no desbordaron fuera de sus zonas móviles y que la actividad antrópica, afectada, es la que ha avanzado sobre los espacios de movilidad fluvial de los diferentes cursos de agua.

Existen excepciones relacionadas a la movilidad histórica de ríos en sus tramos urbanos; estos casos se dan en los sectores de inundación de la localidad El Portezuelo, donde las aguas sobrepasaron el lecho mayor del río, inundando la terraza inferior y socavando lateralmente la terraza superior del río Paclín. Condiciones semejantes fueron las de Bajo Hondo, sobre la margen derecha del Río del Valle, favorecido por las extracciones de áridos, aguas arriba de dicho barrio y sobre la misma margen, permitiendo la entrada del flujo de la creciente sobre el asentamiento poblacional.

## Discusión

La provincia de Catamarca no cuenta con una normativa sobre áreas de inundables, que legisle sobre la ocupación antrópica en las zonas ribereñas. El equipo de investigación elaboró el anteproyecto de ley “Línea de Ribera, Áreas Inundables y Régimen de Uso de los Bienes”, presentado a la Legislatura Provincial, en el año 2020, pero aún no ha tenido tratamiento. Esta legislación permitiría planificar la expansión urbana, con un criterio lógico sobre las márgenes de los ríos y arroyos que cruzan las tramas urbanas.

## Conclusiones

Los antecedentes sobre los problemas de inundabilidad, inclusive la catástrofe de la localidad de la villa El Rodeo, en el año 2014, muestran que las crecientes extraordinarias se movilizan por los sectores y zonas de movilidad natural e históricos, de los últimos 50 años, es decir por sus lechos mayores o de inundación y por sobre las terrazas inferiores de los cursos de agua.

Como conclusión final, se sugiere a los decisores de la planificación de expansión urbana no avanzar sobre las zonas de movilidad fluvial natural y restringir la urbanización, al menos, 50 a 100 m tierra adentro de los taludes o umbrales físicos naturales que limitan las zonas de movilidad fluvial histórica con la natural.

## REFERENCIAS

- J. Eremchuk, A. Sueiro, V. Arevalo y L. Parache “Geoamenazas hídricas de la localidad El Portezuelo (Catamarca – Argentina)”, *Revista de Tecnología y Ciencias Aplicadas*, Vol. 2 (2017), N° 1, p.12-16.
- J. Eremchuk, “Geoamenazas por inundaciones de las geoformas fluviales urbanas y rurales de los principales ríos del centro y este de la provincia de Catamarca”. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, N° 42 (2019), pág. 35-49.
- M. Cisternas, J. Eremchuk, E. Vergara, G. Morales y F. Purulla, “Hidrogeomorfología de la localidad de La Puerta- Banda Sur, Departamento Ambato, Catamarca”. *Revista Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, N° 6, (2020), p. 157-163.
- Instituto Nacional del Agua “Delimitación de áreas de riesgo hídrico ocasionadas por crecidas de los ríos El Tala y Paclín, Catamarca”, *Informe Técnico IT N°164 – CRA* (2015).

# **COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA**

## HERRAMIENTAS DE BIG DATA: CLUSTERING APLICADO A PACIENTES ONCOLÓGICOS

Mignone, M. Florencia<sup>(1)</sup>, Sfer, Ana M<sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

\*Correo Electrónico: [asfer@herrera.unt.edu.ar](mailto:asfer@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

*El término Big Data hace referencia a conjuntos de datos tan grandes y complejos, que precisan de aplicaciones informáticas no tradicionales para su adecuado procesamiento. Esta cantidad de datos es tal que supera la capacidad del software convencional para ser capturados, administrados y procesados en un tiempo razonable. Debido a que es un campo de estudio que avanza rápidamente, numerosas definiciones de Big Data se han introducido en la última década. Últimamente, el término Big Data tiende a referirse al uso de análisis predictivo, análisis del comportamiento del usuario, o a métodos avanzados de análisis de datos que extraen el valor de los mismos, y rara vez se refiere a un tamaño particular de conjunto de datos.*

*La propuesta del presente trabajo es explicar una técnica tradicional de clasificación de análisis multivariado: Clustering o Análisis de Conglomerados. Además, se realizará una aplicación con todas sus posibles variantes en un estudio genético sobre pacientes oncológicos para proponer una posible clasificación de los tipos de cánceres mediante este método. El Análisis de Clúster se clasifica en métodos jerárquicos y no jerárquicos. Dentro de los métodos jerárquicos se utilizan medidas de similitud, entre observaciones y medidas de disimilitud entre conglomerados. Las medidas de similitud pueden ser entre otras la distancia euclidiana o el coeficiente de correlación. Las medidas de disimilitud, también llamadas linkage (o enlace), pueden ser: simple, completa, promedio o de Ward. A lo largo del trabajo se explica cada una de ellas. Finalmente se aplica todas estas variantes a una base de datos, con 6830 variables genéticas, sobre 64 enfermos oncológicos, con 14 tipos de cáncer. El objetivo es determinar qué características genéticas comunes están presentes en pacientes con cada tipo de cáncer. Los resultados indican que es razonable clasificar estos tipos de cáncer en sólo 4 grupos. Sin embargo, estos grupos no son exhaustivos por tipo de cáncer.*

### ABSTRACT

*The term Big Data refers to such large and complex data sets that require non-traditional computer applications for proper processing. This amount of data is such that it exceeds the capacity of conventional software to be captured, managed and processed in a reasonable time. Because it is a rapidly advancing field of study, numerous definitions of Big Data have been introduced in the last decade. Lately, the term Big Data tends to refer to the use of predictive analytics, user behavior analytics, or advanced data analytics methods that extract value from data, and rarely refers to a particular size of data set.*

*The proposal of the present work is to explain a traditional multivariate analysis classification technique: Clustering or Conglomerate Analysis. In addition, an application will be made with all its possible variants in a genetic study on cancer patients to propose a possible classification of cancer types using this method. Cluster Methods are classified into hierarchical and non-hierarchical methods. Within the hierarchical methods, measures of similarity between observations and measures of dissimilarity between clusters are used. The similarity measures can be, among others, the Euclidean distance or the coefficient of consequences. Dissimilarity measures, also called linkage, can be: simple, complete, average or Ward.*

*Throughout the work, each of them are explained. Finally, all these variants are applied to a database, with 6830 genetic variables, on 64 cancer patients, with 14 types of cancer. The objective is to determine what common genetic characteristics are present in patients with each type of cancer. The results indicate that it is reasonable to classify these types of cancer into only 4 groups. However, these groups are not exhaustive by cancer type.*

*Palabras Claves: big data, análisis de cluster, linkage, similitud, disimilitud*

## **Introducción**

Big Data es un campo de estudio que avanza rápidamente, numerosas definiciones de Big Data se han introducido en la última década. Entre otras se pueden citar Big Data es "la capacidad de la sociedad de aprovechar la información de maneras novedosas para producir conocimientos útiles, bienes y servicios de valor significativo" y "cosas que se pueden hacer a gran escala pero que no se pueden hacer en una más pequeña, para extraer nuevas ideas o crear nuevas formas de valor"; "Big Data representa los activos de información caracterizados por un volumen, velocidad y variedad tan altos que requieren una tecnología específica y métodos analíticos para su transformación en valor" o bien "Big Data es donde se necesitan herramientas informáticas paralelas para manejar los datos". Se acepta ampliamente que el Big Data puede ser conceptualizado por las tres dimensiones siguientes (Laney, 2001): Volumen, Velocidad y Variedad. El volumen se refiere a las grandes cantidades de datos que se generan y registran, la velocidad se refiere al ritmo de transmisión de datos, es decir, la velocidad a la que los datos se generan, registran y se comunican y la variedad se refiere a la heterogeneidad de las fuentes de datos y formatos. También en la literatura se agregan dos dimensiones más: Veracidad y Valor. La veracidad se refiere a la fiabilidad de los datos y el valor se refiere a la cantidad de conocimiento útil que se puede extraer de los datos.

En Big Data se utilizan numerosas herramientas estadísticas que ayudan al análisis e interpretación de la gran información de la que se dispone. Entre ellas se pueden citar: modelos de regresión logística, análisis factorial, componentes principales y análisis de conglomerados o clustering.

Dado que el campo de estudio e investigación de Big Data es relativamente nuevo y está en constante crecimiento y desarrollo al igual que su demanda y aplicación, la propuesta del presente trabajo es introducirnos en el tema y explicar básicamente una de las herramientas estadísticas utilizadas en el área. Se propone estudiar el Clustering o Análisis de Conglomerados y luego realizar una aplicación, rescatada de la bibliografía, en una investigación genética sobre pacientes oncológicos.

## **Materiales y Métodos**

El Análisis de Conglomerados o Clustering es una técnica del análisis multivariado que permite identificar conglomerados, clústers o subgrupos de datos que son más manejables que las observaciones individuales. El análisis multivariado, en muchas ocasiones, se lleva a cabo en clusters en lugar de en observaciones individuales. El análisis de clúster es uno de los métodos estadísticos más ampliamente aplicados en big data. El análisis de clúster puede ser del tipo jerárquico o no jerárquico. Los métodos jerárquicos parten de tantos clústers como observaciones o elementos haya inicialmente. La mayoría de los elementos similares se agrupan primero y estos grupos se fusionan más, de acuerdo con características similares, hasta que finalmente todos los subgrupos se fusionan en uno solo. Una ventaja adicional de este método es la posibilidad de obtener representaciones de las observaciones, conocidas como dendogramas. La medida de similitud entre cada par de observaciones, más comúnmente empleada, es la distancia euclídea, pero existen otras como la distancia de Mahalanobis, distancia de Minkowski, etc. También se puede utilizar medidas de asociación, como la correlación. Ésta considera dos observaciones como similares, si sus características asociadas están altamente correlacionadas, incluso aunque los valores observados estén alejados en términos de distancia euclídea. Puede calcularse, más comúnmente, entre variables en lugar de entre observaciones. La elección de la medida de similitud dependerá de los datos que se analicen.

Por otro lado, se encuentra la disimilitud entre pares de grupos de observaciones, donde aparece el concepto de método de enlace o linkage, que mide la disimilitud entre grupos. Los cinco tipos, más comunes, de linkage son: Completo, distancia máxima entre clústeres; Promedio, distancia media entre clústeres; Simple, Distancia mínima entre clústeres; Centroides, distancia entre centros y Método de Ward.

Los métodos no jerárquicos producen una única solución al agrupar elementos en una colección de  $k$  clústeres, donde  $k$  es un número pre especificado. A diferencia de los algoritmos jerárquicos, los procedimientos no jerárquicos no producen una estructura de agrupamiento en forma de árbol, y no se

requieren las distancias por pares de todos los individuos en el conjunto de datos. Es por esta razón que los procedimientos de agrupamiento no jerárquicos son mucho más eficientes para grandes conjuntos de datos. Para iniciar el procedimiento de agrupamiento, se deben especificar de antemano las semillas del agrupamiento, que representan los puntos de inicio de los agrupamientos. La elección de estas semillas debe estar libre de sesgos y, por lo tanto, una forma confiable es elegir los puntos de partida al azar. El algoritmo que más se utiliza es el de k-medias propuesto por MacQueen (1967). Es un método que permite asignar a cada observación el clúster que se encuentra más próximo en términos del centroide (media). En general, la distancia empleada es la euclídea.

A modo de ejemplo y aplicación se replica un ejemplo de James, G. y otros (2013). La implementación y el procesamiento de los datos fue realizada en RStudio. Se utiliza el set de datos NCI60 de R, que contiene información de 6830 variables genéticas, sobre 64 enfermos oncológicos, con 14 tipos de cáncer. El objetivo es determinar qué características genéticas comunes están presentes en pacientes con cada tipo de cáncer. Se realiza el análisis utilizando clustering jerárquico y no jerárquico para averiguar si las observaciones pueden agruparse. La distribución original de cada tipo de cáncer en las 64 observaciones puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1: Distribución de pacientes por tipo de cáncer.

Tipos de cáncer	Mamas	CNS	Colon	K562A	K562B	Leucemia	MCF7A
Cantidad de pacientes	7	5	7	1	1	6	1
Tipos de cáncer	MCF7D	Melanoma	NSCLC	Ovarios	Próstata	Renal	Desconocido
Cantidad de pacientes	1	8	9	6	2	9	1

## Resultados

Se realiza análisis de clustering jerárquico usando enlace completo, simple y promedio y de Ward con la distancia euclídea como medida de similitud. En la Figura 1 se muestra el dendograma que resulta con enlace completo. Se elige el de enlace completo porque se obtiene un dendograma más equilibrado, en el sentido que todos los clústeres tienen aproximadamente la misma cantidad de pacientes. Además, se elige quedar con 4 clústeres. El agrupamiento queda como en la Tabla 2.

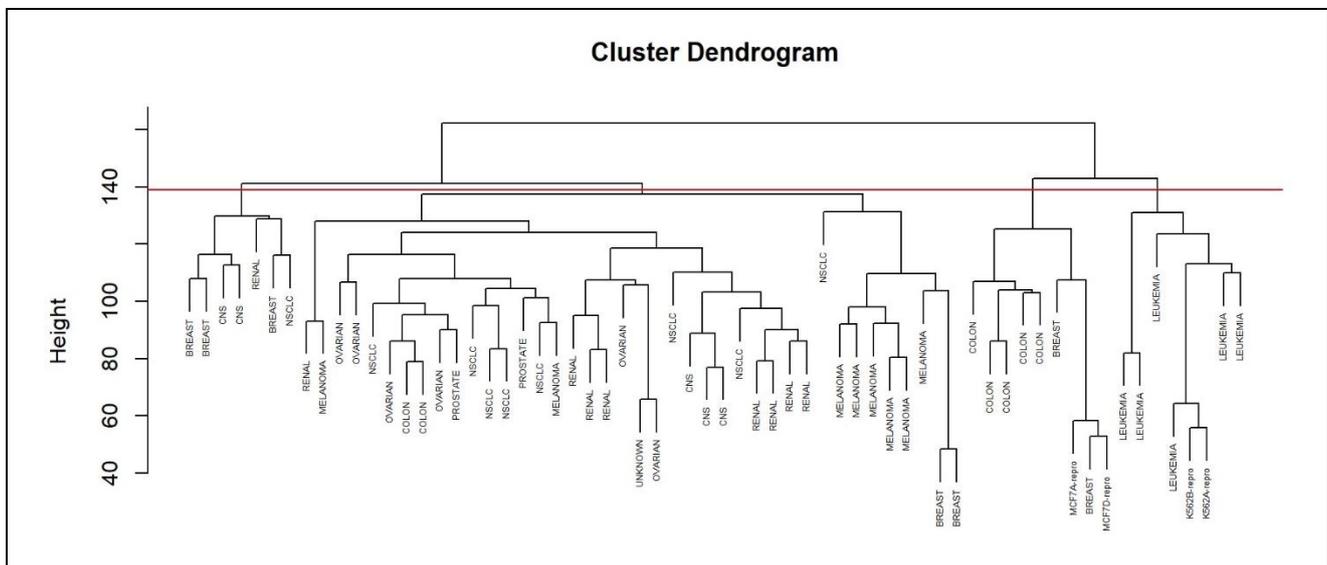


Figura 1: Dendograma de clustering jerárquico con enlace completo, corte en 4 clústeres.

Tabla 2: Clustering jerárquico con enlace completo, considerando k=4

Clúster Jerárquicos	Mamas	CNS	Colon	K562A	K562B	Leucemia	MCF7A
1	2	3	2	0	0	0	0
2	3	3	0	0	0	0	0
3	0	2	0	1	1	6	0
4	2	0	5	0	0	0	1

Clúster Jerárquicos	MCF7D	Melanoma	NSCLC	Ovarios	Próstata	Renal	Desconocido
1	0	8	8	6	2	8	1
2	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0

También se aplica clustering no jerárquico con k-means y se elige  $k=4$ . Se observa, como es esperable, que los resultados no son idénticos, pero sí similares, ver Tabla 3. Los cuatro clústeres obtenidos por ambos métodos difieren en cierta medida, excepto en un clúster. El clúster 4 de k-medias coincide con el clúster 3 de métodos jerárquicos. Los clústeres 2 de ambos procedimientos son parecidos, pero en el procedimiento k-medias tiene más elementos en él.

Tabla 3: comparación de clustering jerárquico y no jerárquico con  $k=4$

No jerárquico \ Jerárquico	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Clúster 4
Clúster 1	11	0	0	9
Clúster 2	20	7	0	0
Clúster 3	9	0	0	0
Clúster 4	0	0	8	0

## Discusión

En el clustering jerárquico, los resultados indican que es razonable clasificar estos tipos de cáncer en sólo 4 grupos. Sin embargo, estos grupos no son exhaustivos por tipo de cáncer.

En procedimientos jerárquicos, es importante observar que el tipo de linkage escogido afecta el resultado del agrupamiento, por ejemplo, las hojas de un dendograma usando linkage simple suelen unirse una a una. Claramente, las líneas celulares de un solo tipo de cáncer tienden a agruparse juntas. De la Figura 1 y de la Tabla 2, se observa por ejemplo que todas las líneas celulares de leucemia se agrupan en el clúster 3, mientras que las líneas de cáncer de mama se reparten en tres clústeres diferentes.

En clustering no jerárquico con 4 grupos, aplicando el algoritmo k-medias resultan algunos grupos similares al procedimiento jerárquico, como se observa en la Tabla 3.

## Conclusiones

El Big Data, sin duda, es el área de aplicación y desarrollo de la actualidad y es casi transversal a todas las ciencias que manejan grandes bases de datos. Es un área en pleno desarrollo y que utiliza herramientas estadísticas clásicas. Una de las más utilizadas es el clustering o análisis por conglomerados. Algunos aspectos importantes a tener en cuenta cuando se piensa en clustering son: estandarización o no de las variables, en el caso del clustering jerárquico: la elección de la medida de similitud, el tipo de enlace y la altura de corte del dendograma para obtener los clústeres y en el caso de clustering no jerárquicos, la elección del número de clústeres. Cada una de las decisiones anteriores puede tener un gran impacto en los resultados obtenidos. En la práctica, podemos probar diferentes opciones, y quedarnos con la más útil o más interpretable.

En la aplicación desarrollada en el trabajo se puede decir que, conociendo las líneas celulares de un paciente oncológico, según los valores de estas, puedo reducir del total de distintos tipos de cáncer posibles, en este caso 14, a un número menor según el clúster donde se encuentre. Esto ayuda a optimizar la clasificación de qué tipo de cáncer tendrá un paciente oncológico conociendo sus características genéticas.

## REFERENCIAS

1. James, G., Witten, D., Hastie, T., and Tibshirani, R. (2013) An Introduction to Statistical Learning with applications in R, Springer-Verlag, New York.
2. [https://rpubs.com/Cristina\\_Gil/Clustering](https://rpubs.com/Cristina_Gil/Clustering)
3. Laney, D. (2001). 3D data management: Controlling data volume, velocity, and variety. US: META Group.
4. MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability (vol. 1, pp. 281\_297). Berkeley, California: University of California Press.

## TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN ARGENTINA: CONCEPTOS Y EVIDENCIAS

Antonio A. Arciénaga Morales<sup>(1)\*</sup>, José Ignacio Tuero<sup>(1)</sup>, Cristian Martínez<sup>(2)</sup>, Miguel Ángel Salom<sup>(1)</sup> y Héctor Iván Rodríguez<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Ingeniería y Desarrollo Industrial de Salta (IIDISA), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup>Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [aaarcienaga@gmail.com](mailto:aaarcienaga@gmail.com)

### RESUMEN

*La pandemia ha actuado como un importante catalizador en la transformación digital, al punto que la centralidad en estos tiempos que corren ha pasado a ser lo digital. La transformación digital no sólo hace referencia a los aspectos tecnológicos, sino que implica sobre todo la mejora de los procesos organizacionales, la capacitación y participación de las personas, y la creación o renovación de redes de personas, procesos y artefactos, incluso a escala global. Los cambios que ya se han producido y los que vendrán muestran una gran pervasividad, afectando a todas las dimensiones de la sociedad, mostrando grandes oportunidades para la sociedad del siglo XXI, pero a la vez importantes peligros [Schwab, 2016]. El artículo se enfoca en los impactos de la transformación digital en la gestión de las organizaciones. Los nuevos modelos de gestión son intensivos en datos, y proponen nuevas formas de creación de valor mediante la analítica de datos, nuevas bases para la toma de decisiones apoyada en algoritmos inteligentes y la articulación de redes con actores internos y externos a la organización mediante Internet. Se trata de los nuevos modelos de gestión basada en la evidencia de los datos, más que en la intuición, complementados con el uso de la inteligencia artificial para el diseño de políticas y estrategias y la mejora de los procesos organizacionales.*

*Basado en un estudio previo [Arciénaga et al., 2021], se analizan viejas y nuevas experiencias vernáculas de transformación digital en empresas privadas como en organizaciones de gobierno, a fin de evaluar el estado de la transformación digital en Argentina. Dado lo incipiente de las experiencias analizadas, también se recurre metodológicamente a un análisis prospectivo de la transformación digital en nuestro país, mediante el cual identificar posibles escenarios futuros de evolución.*

### ABSTRACT

*The pandemic has been an important catalyst in digital transformation, to the point that the centrality in this moment has become digital. Digital transformation not only refers to technological aspects, but also implies improvements of organizational processes, training and participation of people, and the creation or renewal of networks of people, processes and artifacts, even on a global scale. The changes that have already occurred and those to come show great pervasiveness, affecting all dimensions of society, and showing great opportunities for society in the 21st century, but at the same time important dangers [Schwab, 2016].*

*The article focuses on the impacts of digital transformation on the management of organizations. The new management models are data-intensive, and propose new forms of value creation through data analytics, new bases for decision-making with artificial intelligence, and the articulation of networks with internal and external actors to the organization through Internet. These new management models are based on data evidence, rather than on intuition, complemented by the use of artificial intelligence for the design of policies and strategies and the improvement of organizational processes.*

*Based on a previous survey [Arciénaga et al., 2021], old and new vernacular experiences of digital transformation are analyzed in private companies as well as in government organizations, in order to assess the state of digital transformation in Argentina. Given the incipient nature of the experiences analyzed, a prospective analysis of the digital transformation in our country is also used methodologically, through which identifying possible future scenarios of evolution.*

**Palabras Clave:** transformación digital, datos, analítica de datos, evolución.

## INTRODUCCIÓN

La pandemia ha actuado como un importante catalizador en la transformación digital, al punto que la centralidad en estos tiempos que corren ha pasado a ser lo digital. La transformación digital no sólo hace referencia a los aspectos tecnológicos, sino que implica sobre todo la mejora de los procesos organizacionales, la capacitación y participación de las personas, y la creación o renovación de redes de personas, procesos y artefactos, incluso a escala global. Los cambios que ya se han producido y los que vendrán muestran una gran pervasividad, afectando a todas las dimensiones de la sociedad, mostrando grandes oportunidades para la sociedad del siglo XXI, pero a la vez importantes peligros como los señalan numerosos autores (Schwab, 2016: 14-15).

La transformación digital basada en tecnologías como Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), la robotización, *blockchain* y la analítica de *Big Data* impacta no sólo en los procesos y productos industriales, sino en las organizaciones y actividades más diversas. Estos profundos cambios en la forma de diseñar, producir, consumir, decidir e interactuar se han convertido en procesos cada vez más centrales en la sociedad argentina actual.

La principal motivación del trabajo está basada en el interés de los investigadores del IIDISA de conocer con mayor profundidad los procesos de cambio e innovación que la transformación digital trae aparejado en las organizaciones, los que presentan tanto una naturaleza tecnológica como organizacional, y que se han dado en un entorno de alta incertidumbre para las diversas empresas y organizaciones, no sólo en nuestro país sino a escala mundial.

Para contextualizar la situación problemática que se aborda en este artículo, se debe mencionar que está basado en una encuesta liderada por la Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica y de la Innovación (ALTEC), en diversos países de América Latina, con el objeto de relevar las soluciones y estrategias productivas que las empresas y organizaciones desarrollaron frente a la pandemia del COVID-19. Haciéndose eco de esta propuesta, el Instituto de Ingeniería y Desarrollo Industrial de Salta (IIDISA) y otras instituciones argentinas desarrollaron un relevamiento con un objetivo dual: por un lado, conocer las estrategias y acciones que las organizaciones llevaron a cabo para enfrentar la pandemia, y por el otro, difundir dichas acciones para estimular reflexiones y aprendizajes que puedan alumbrar otras soluciones superadoras. Las soluciones organizacionales adoptadas en un escenario de alta incertidumbre, como el generado por el COVID-19, tienen un común denominador: un acelerado proceso de transformación digital.

Continuando con la explotación de estos datos, este artículo se fundamenta en la profundización de esta encuesta de ALTEC, que tiene todavía aristas para explotar. Por ello, el presente trabajo se enfoca en los impactos de la transformación digital en la gestión de las organizaciones. Los nuevos modelos de gestión son intensivos en datos, y proponen nuevas formas de creación de valor mediante la analítica de datos, nuevas bases para la toma de decisiones apoyada en algoritmos inteligentes y la articulación de redes con actores internos y externos a la organización mediante Internet. Se trata de los nuevos modelos de gestión basados en la evidencia de los datos, más que en la intuición, complementados con el uso de la inteligencia artificial para el diseño de políticas y estrategias y la mejora de los procesos organizacionales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio está basado en un trabajo previo [Arciénaga et al., 2021], realizado en el marco del Instituto de Ingeniería y Desarrollo Industrial de Salta (IIDISA). Del mismo se tomaron los datos obtenidos mediante una encuesta nacional, para analizar viejas y nuevas experiencias vernáculas de transformación digital en empresas privadas como en organizaciones de gobierno, a fin de evaluar el estado de la transformación digital en Argentina.

Cabe estacar que la encuesta a la que se hace referencia se focalizó en una muestra estadística no probabilística, de naturaleza por conveniencia, ya que la pandemia condicionó la elección de las unidades de análisis, de acuerdo a lo que está más a mano, o sea, limitada a lo inmediato. Las 14 entidades superiores que participaron, lideradas por el IIDISA, enviaron la encuesta a sus asociados. La encuesta puso en evidencia

mediante diversas preguntas cuáles son los procesos de digitalización al interior de las organizaciones y en las cadenas de valor. La muestra no tiene representatividad estadística numérica. Sin embargo, se presenta muy sólida desde el punto de vista cualitativo (sector, tamaño, forma jurídica, etc.). La muestra de empresas y organizaciones englobó tanto grandes como Pymes, e incluso micro empresas. En términos de su comportamiento tecnológico e innovador, incluyó tanto empresas de base tecnológica como tradicionales.

Dado lo incipiente de las experiencias analizadas, también se recurre metodológicamente a un análisis prospectivo de la transformación digital en nuestro país, mediante el cual identificar posibles escenarios futuros de evolución. Se ha recurrido también a una encuesta internacional (Dell Technologies, 2020).

## RESULTADOS

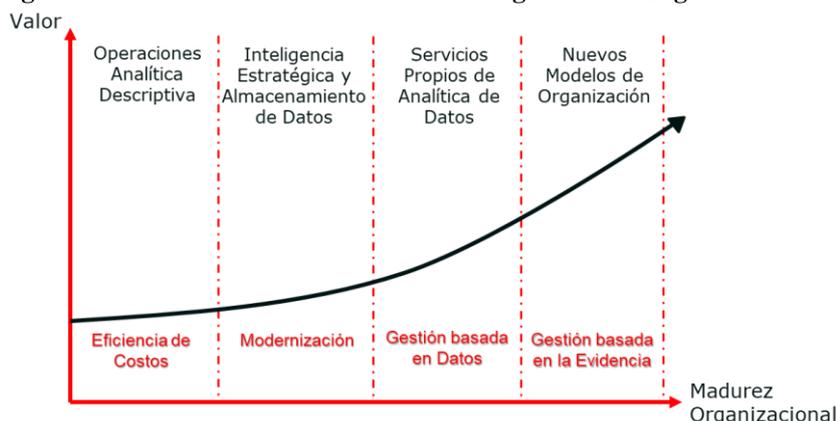
La primera observación que puede extraerse del comportamiento de las organizaciones en Argentina es que la pandemia ha sido hasta fechas recientes un poderoso catalizador de las transformaciones digitales de las organizaciones de distinto tipo en Argentina. Entre los principales resultados que surgen de la encuesta se destacan: a) múltiples acciones llevadas a cabo a partir de un plan de acción específico, se enfocan sobre procesos de digitalización, particularmente el teletrabajo que digitaliza procesos presenciales, tanto productivos como de comercialización (frecuencia observada del 50% al 55% respectivamente de la muestra); b) proyectos explícitos de digitalización (operaciones, comerciales, logísticas), acelerados por la pandemia; c) plataformas digitales como recurso informático más frecuentemente, además de software complementario con estas funciones.

Basada en una encuesta a grandes empresas a escala mundial, Dell Technologies (2020: 12) aporta también argumentos interesantes para reflejar las dificultades y barreras (mayoritariamente organizacionales) que las empresas (particularmente grandes) encuentran para avanzar en la transformación digital:

- Preocupaciones por la seguridad y la privacidad de los datos.
- Falta de presupuesto y recursos.
- Incapaz de extraer información valiosa de la sobrecarga de datos y/o información.
- Falta de crecimiento económico por la pandemia.
- Falta de los conjuntos de habilidades y experiencia internas adecuadas (análisis, tecnología y habilidades comerciales).
- Falta de reglamentaciones o vacíos legales.
- Cultura digital inmadura: falta de alineación y colaboración en toda la organización.
- Falta de las tecnologías adecuadas para trabajar a la velocidad requerida por los contribuyentes o ciudadanos.
- Falta de una estrategia y visión digital coherente.
- Gobernanza y estructura digital débiles.
- Falta de apoyo/liderazgo superior adecuado.
- Un entorno informático fragmentado o compartimentalizado en silos, en distintas partes de la organización.

Otra evidencia interesante de destacar es que las empresas emprenden un proceso de transformación digital, que es paulatino y acumulativo en el tiempo, como lo señalan Tabrizi et al. (2019), tiene un foco central en la organización y no en la tecnología digital. La Figura 1 a continuación muestra las distintas etapas evolutivas y los cambios organizacionales puestos en juego.

**Figura 1: Evolución en la Transformación Digital de las Organizaciones**



Fuente: elaboración propia.

## DISCUSIÓN

Del análisis tanto de la encuesta nacional, de la internacional, como de la revisión bibliográfica surge que la pandemia ha casi impuesto cambios digitales, que en la mayoría de los casos ha afectado a los procesos de toma de decisiones en las organizaciones. Por lo tanto, alimentar capacidades para tomar decisiones basadas en datos y evidencias, en un contexto de alta incertidumbre como el actual, puede ser una de las claves de solución que la sociedad y las empresas argentinas necesitan. También parece evidente que las organizaciones en general difícilmente vuelvan atrás con los cambios digitales efectuados, en particular los que soportan los procesos decisionales.

Las perspectivas de futuro relevadas entre distintas organizaciones argentinas e internacionales evidencian un proceso casi irreversible hacia formas y procesos organizacionales nuevos, en los que los datos juegan no sólo un papel importante en la toma de decisiones operativas y estratégicas, sino también en el agregado de valor para clientes y ciudadanos (en el caso de entidades gubernamentales). Todos los escenarios a futuro parecen tener como común denominador nuevos perfiles y estrategias de negocio, un proceso de innovación más rápido, colaboración interna y en la cadena de valor de manera más eficiente, amplio protagonismo de las plataformas digitales y entrega de más valor con menos esfuerzo al cliente. No obstante, con base en la teoría de las restricciones de Eliyahu Goldratt, se pueden distinguir en el caso argentino tres escenarios posibles para la transformación digital:

- a) Un escenario con importantes restricciones en la infraestructura de base para avanzar en la transformación digital (comunicación 5G, internet de banda ancha en todo el país, red REFEFO de fibra óptica limitada a la Pampa Húmeda);
- b) Un segundo escenario limitado en mayor medida por la producción de software adecuado a las MIPYMES para incluirlas en la transformación digital;
- c) Un tercer escenario en donde las restricciones o cuellos de botella para la transformación se encuentren esencialmente en la superación de problemas de cultura, procesos de cambio y formación adecuada de los trabajadores para la transformación digital en las organizaciones.

## CONCLUSIONES

Sobre la base de datos de campo y del relevamiento bibliográfico, la transformación digital en las organizaciones, sobre todo lo atinente a la incorporación de Big Data y la analítica avanzada de datos, y las restantes tecnologías digitales, no es un nuevo software a implementar, sino un conjunto amplio de procesos esencialmente organizacionales interrelacionados, que posibilitan nuevas formas de gestión.

Estos cambios no se reducen a la provisión en tiempo y forma de información para tomar decisiones, sino que involucran un frente amplio de transformaciones estratégicas que incluyen nuevos procesos de trabajo, rediseño de la estructura organizativa, nuevos tipos de relacionamiento entre los empleados y con los clientes, plataformas digitales como nueva herramienta de software y nuevas formas de tomar decisiones basadas en datos y evidencias. El principal motor de estos cambios son los nuevos patrones de comportamiento de los clientes y ciudadanos, que han sido profundizados y acelerados por la pandemia. Si bien las inversiones en infraestructura digital y software son importantes, lo es igualmente la planificación de cambios organizacionales.

En términos metodológicos, el complemento de los estudios de campo con un enfoque prospectivo, como el adoptado en este trabajo, es casi obligado para el estudio de la transformación digital debido a lo incipiente de las experiencias en Argentina, y la falta aún de fuentes primarias.

## REFERENCIAS

1. Arciénaga, Antonio A., Tuero, Ignacio; Salom, Miguel; Arena, Angélica; Villanueva, Bárbara; Tarcaya, Héctor R.; Rodríguez, Iván y Jakúllica, Ricardo (2021). Acciones de Digitalización Frente a la Pandemia. Anales del Seminario Internacional ALTEC 2021, 26 al 29 de Octubre, Lima. (*artículo en acta de congreso*)
2. Dell Technologies (2020). Digital Transformation Index 2020. <https://www.delltechnologies.com/asset/en-us/solutions/business-solutions/briefs-summaries/dt-index-2020-executive-summary.pdf> (*artículo web*)
3. Tabrizi, Behnam; Lam, Ed; Girard, Kirk e Irvin, Vernon (2019). Digital Transformation Is Not About Technology. *Harvard Business Review*, March 13. (*paper*)
4. Schwab, Klaus (2016). The Fourth Industrial Revolution. Geneva (Switzerland): World Economic Forum. (libro)

## UNA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE REUTILIZACIÓN DE LOS DATOS GEOESPACIALES

María Alejandra Barrera<sup>(1)\*</sup>, Luis M. Vilches Blázquez<sup>(2)</sup>, Ana M. Funes<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Informática, Facultad de Tecnología y C. A., Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 55, Catamarca, Argentina.

<sup>(2)</sup> Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, Av. Miguel Othón de Mendizabal s/n, UPALM - Zacatenco Ciudad de México, México.

<sup>(3)</sup> Departamento de Informática - Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales Universidad Nacional de San Luis - Ejército de los Andes 950 – C.P. 5700 – San Luis – Argentina.

Correo Electrónico: [mbarrera@tecno.unca.edu.ar](mailto:mbarrera@tecno.unca.edu.ar)

### RESUMEN

*Entre los conjuntos de datos disponibles en las iniciativas de datos abiertos alrededor del mundo destaca la presencia de datos con características geoespaciales, debido a que este tipo de información tiene una presencia multisectorial y se ha convertido en un bien de primera necesidad en nuestra sociedad actual. Una prueba que evidencia estas afirmaciones es la vinculación que se recoge en la literatura científica sobre la relación entre datos geoespaciales y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, dada la presencia de la componente espacial en los compromisos globales de la Agenda 2030.*

*En este sentido, el reconocimiento de la necesidad de datos abiertos geoespaciales es evidente. Sin embargo, ésta necesidad también se extiende a que los datos no solo sean abiertos, sino también sean de buena calidad y reutilizables. Ante esto, resulta necesario hacer una evaluación de los datos abiertos geoespaciales que se están publicando por las diversas iniciativas de datos abiertos e Infraestructuras de Datos Espaciales de los diferentes gobiernos de la región, con el objetivo de comprobar el grado de reutilización de los datos que se publican.*

*El presente trabajo muestra una metodología para evaluar el grado de reutilización de los conjuntos de datos abiertos geoespaciales, que permite identificar y valorar las variables que inciden en la reutilización de estos conjuntos de datos, teniendo en cuenta sus características espaciales y los requerimientos exigidos por organismos internacionales de estandarización e interoperabilidad de información geográfica y datos abiertos.*

### ABSTRACT

*The presence of data with geospatial characteristics stands out among the datasets available in open data initiatives around the world. It is associated with this type of information has a multisectoral presence and has become a basic necessity in our current society. Pieces of evidence of these affirmations are the relations between geospatial data and the Sustainable Development Goals, given the presence of the space component in the global commitments of the 2030 Agenda.*

*In this sense, recognizing the open geospatial data necessity is evident. However, this need also extends to data being available but also of good quality and reusable. Given this context, it is necessary to evaluate the open geospatial data published by the various initiatives of Open Data and Spatial Data Infrastructures initiatives from different governments of the Latin American region. In this line, we aim to verify the degree of published data reuse.*

*This work shows a methodology to evaluate the reuse degree of open geospatial datasets. This approach allows identifying and assessing the variables that affect the reuse of these datasets, taking into account their spatial characteristics and the requirements demanded by organizations related to international standardization and interoperability of geographic information and open data.*

*Palabras Claves: Datos geospaciales, Datos abiertos, reutilización, información geográfica*

## INTRODUCCIÓN

Cada vez más organismos estatales publican los datos geospaciales que producen a través de los denominados geoportales, que actúan como un punto de entrada a la información geográfica distribuida y disponible para ser compartida. Estos datos, proveniente de distintas instituciones oficiales, es publicada, en ocasiones, bajo estándares y normas, asegurando su interoperabilidad y uso, ofreciendo operaciones básicas de visualización, localización, descarga y consulta de conjuntos de datos y servicios. Esto permite que los ciudadanos puedan interactuar con estos datos (consultarlos, descargarlos o incluirlos en aplicaciones externas) abriendo nuevas posibilidades para generar valor, tanto en el ámbito social como en el económico. El impacto que representa la utilización de estos datos puede incrementarse garantizando que se permita una adecuada reutilización de los datos con el fin de obtener productos y servicios de valor añadido (*Open Data Charter, 2015*). Por tanto, debemos preguntarnos si: ¿les resulta sencillo a los usuarios localizar y tener acceso a los datos abiertos geospaciales existentes?, ¿tienen metadatos descriptivos detallados?, ¿se publican con una licencia adecuada para ser reutilizados?, ¿están disponibles conforme a formatos que propician su reutilización?, ¿se utilizan vocabularios de referencia para la representación de los datos? Estas son algunas de las preguntas que debemos plantearnos para contar con datos geospaciales reutilizables y de calidad que ayuden en los procesos de toma de decisiones. En definitiva, debemos preguntarnos cómo y en qué medida se están adoptando los principios y mejores prácticas para publicar datos en la web (*Spatial Data on the Web Best Practices, 2017*), así como los estándares de información geográfica, en el contexto de la comunidad de datos abiertos geospaciales.

Ante tales incertidumbres, resulta necesario hacer una evaluación de los datos abiertos geospaciales que se están publicando por las diversas iniciativas de datos abiertos e Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) presentes en la región, con el objetivo de comprobar el grado de reutilización de los datos que se publican. En tal sentido, este trabajo propone evaluar el nivel de reutilización de los conjuntos de datos abiertos geospaciales (CDG) definiendo una metodología conformada por una serie de variables que inciden en la reutilización de estos conjuntos de datos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Como se mencionó anteriormente, esta investigación propone la definición de una estrategia de evaluación para medir el grado de reutilización de los conjuntos de datos publicados en portales de datos geospaciales y de datos abiertos. Para ello, se tiene en cuenta las características espaciales y los requerimientos exigidos por organismos internacionales de estandarización e interoperabilidad de información geográfica, conjuntamente con los criterios de datos abiertos. Sobre este marco se valoran y definen diferentes indicadores de reutilización que conforman las dimensiones de la metodología propuesta.

Para la elaboración de la metodología, se consideraron los conceptos esenciales de naturaleza espacial, para facilitar la reutilización eficiente de la información publicada en los portales de una IDE. Además, se consideró como referencia la métrica MELODA (Abella et al., 2014), que permite analizar conjuntos de datos abiertos y evaluar el grado de reutilización de los datos públicos y el valor de la información publicada en los portales de datos abiertos. Adicionalmente, para la priorización y ponderación del valor para cada dimensión definida, se utilizó el método extendido de análisis de relación de evaluación de variables de peso por pasos, denominado SWARA (*Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis*) (Hashemkhani et al., 2018). Esta propuesta se utiliza para mejorar el proceso de asignar orden de importancia a los criterios, fundamentado en la relevancia que proporciona el conocimiento de los expertos en el área, la cual se aplica en la evaluación y cálculo de los pesos estimados.

La metodología propone 4 pasos, que consisten en: i) Evaluación general del CDG, ii) Evaluación específica del CDG, iii) Evaluación del contexto del CDG en una IDE y iv) Calificación del nivel de reutilización de un CDG, tal como se muestra en la Figura 1. Junto a estos pasos, la metodología contiene una serie de

dimensiones que se presentan en tres grupos: El primero tiene que ver con una evaluación sobre los metadatos para la descripción general del CDG; el segundo grupo se relaciona con los datos geoespaciales propiamente dichos y el tercer grupo analiza el contexto IDE en el que estos conjuntos de datos son publicados, ya que como se mencionó, se considera el hecho de que la producción de un recurso es responsabilidad de un organismo (institución pública, privada u ONG) y la administración de la IDE donde está alojado ese conjunto de datos, por lo general, está en manos de otra institución.

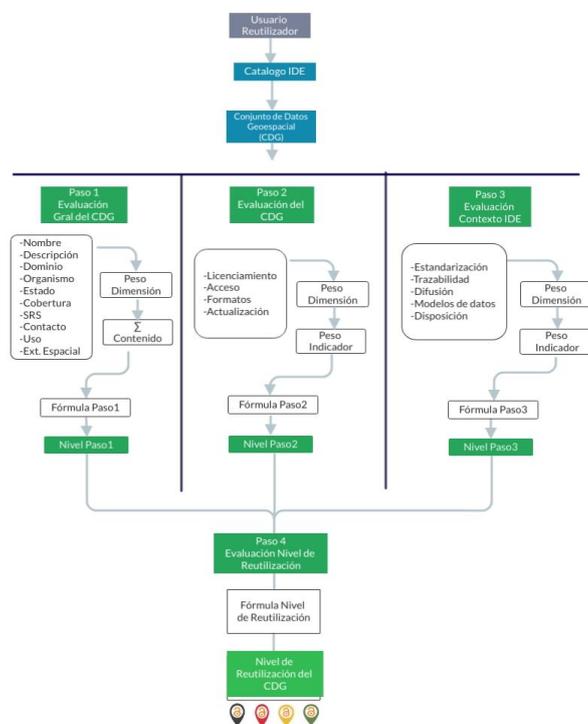


Figura 1. Proceso de evaluación de la reutilización de los CDG

La observación del conjunto de datos se centra en los indicadores de nivel de cada una de las dimensiones que ayuda a identificar el nivel de reutilización del CDG. En cada dimensión se toma el peso respectivo al indicador seleccionado. Una vez obtenidos los valores para cada una de las dimensiones, se calcula el valor de reutilización parcial del paso, como la raíz enésima del producto de las puntuaciones obtenidas en cada dimensión, multiplicada por 100. El resultado obtenido de aplicar esta fórmula será un valor numérico comprendido entre 0 y 100. Este valor se puede comparar con los niveles establecidos en la Tabla 1, lo que nos permite definir unos rangos de reutilización de los CDG y muestra de manera gráfica si el recurso es puesto a disposición del usuario en abierto y el nivel de reutilización alcanzado para el CDG que estamos analizando.

Tabla 1 Rangos de clasificación de reutilización de CDG

	0-25	25-50	50-75	75-100
<b>Calificación de reuso del CDG</b>	Reutilización espacial Deficiente	Reutilización espacial Básica	Reutilización espacial Buena	Reutilización espacial Optima
<b>Resultado</b>				

## RESULTADOS

La metodología presentada nos permite evaluar el nivel de reutilización de los CDG. Así, con esta propuesta podemos realizar un análisis del conjunto de datos geoespaciales comparando las evaluaciones parciales por pasos o un análisis particular para cada uno de los pasos de la metodología, ya que cada resultado parcial del proceso nos permite la observación de diferentes variables, dependiendo del tipo de reutilización que se requiera.

El valor parcial arrojado en cada uno de los pasos nos da la idea del grado de madurez que tienen las variables observadas en cada caso. Así, los procesos definidos en los pasos 1 y 2 le sirven al productor del CDG para determinar los puntos en los cuales debe ser mejorada la publicación del mismo y, en caso de no contar con los metadatos que brinden esa información, deberá tenerlos en cuenta para el arreglo del conjunto de datos. Al usuario reutilizador, le sirve para conocer los metadatos del recurso, saber, por ejemplo, cuáles son las restricciones de carácter técnico y legal que presenta el mismo para poder compartir y reutilizar los datos, y determinar si el grado de apertura que tiene es apto para aplicarlo en lo que requieran los diferentes tipos de usuarios.

## CONCLUSIONES

Los casos de aplicación de la metodología propuesta permiten verificar la estrategia propuesta y observar su validez. Los resultados obtenidos en pruebas realizadas nos permiten obtener el grado de reutilización efectiva en que se encuentra un conjunto de datos con características geoespaciales, que se ponen a disposición para el público en un portal IDE. Además del análisis del CDG que se esperaba lograr luego del desarrollo del trabajo, se puede agregar, estos son solo algunos de los análisis que pueden desprenderse de los resultados obtenidos, ya que la metodología pone a disposición del evaluador, en cada paso y en cada dimensión, aspectos de visualización, métodos para hacer los cálculos y cuantificación de la reutilización de los conjuntos de datos geoespaciales, de manera clara y objetiva en cada perspectiva analizada. La metodología puede ser utilizada tanto por reutilizadores, como por los mismos organismos productores, que en algunos casos necesitan reutilizar la información generada por otras instituciones gubernamentales como insumo para sus procesos.

A su vez, cada uno de los pasos de la metodología, nos permite realizar un análisis particular del estado del conjunto de datos, debido a que en cada uno de los pasos se puede considerar por separado o de forma integrada, y por dimensión, cómo el conjunto de datos cumple o no cumple con los criterios establecidos para analizar las características de reutilización de los datos. Esto puede ser de utilidad tanto al organismo productor, para el proceso de creación, revisión o mejora de los CDG, como para el usuario reutilizador en su proceso de búsqueda del mejor recurso que cumpla con sus requerimientos al momento de generar un nuevo producto o servicio derivado.

## REFERENCIAS

1. A. Abella, M. Ortiz-de-Urbina-Criado, & C. De-Pablos-Heredero, (2019). “Meloda 5: A metric to assess open data reusability”. *El profesional de la información (EPI)*, 28(6).
2. Spatial Data on the Web Best Practices, (2017). <https://www.w3.org/TR/sdw-bp/>
3. Open Data Charter. ODC (2015). Disponible en: <http://opendatacharter.net/principles-es/>
4. S. Hashemkhani Zolfani, M. Yazdani, & E. K. Zavadskas, (2018). An extended stepwise weight assessment ratio analysis (SWARA) method for improving criteria prioritization process. *Soft Computing*, 22(22), 7399-7405.

## ANÁLISIS DEL SIMULADOR ASPEN EXCHANGER DESIGN AND RATING COMO HERRAMIENTA PARA COMPARAR RESULTADOS

Juan Pablo Gutierrez<sup>(1,2,3)\*</sup>, Silvia Zamora<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Consejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI-CONICET-UNSa), Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [jgutierrez@ing.unsa.edu.ar](mailto:jgutierrez@ing.unsa.edu.ar)

### RESUMEN

Entre los contenidos de la asignatura Operaciones Unitarias II, se encuentra el diseño y verificación de intercambiadores de calor de doble tubo, multitubulares e intercambiadores de placa. La metodología clásica de cálculo del área de transferencia, coeficientes peliculares, caídas de presión y los diferentes parámetros de los equipos incluye diversos pasos que pueden sintetizarse en un único algoritmo, adaptable a cada problema en particular. Sin embargo, y como una alternativa nueva de diseño y verificación, puede emplearse una herramienta de simulación, como por ejemplo el software Aspen Exchanger Design (AEDR), que está disponible dentro del paquete de simuladores de AspenTech, cuya licencia académica permite su uso y aplicación.

En este trabajo, se realiza una comparación entre el método de diseño clásico, presentado en bibliografía específica, y el simulador AEDR. Para esto se presenta un problema de diseño de un intercambiador multitubular y se comparan los resultados obtenidos. Si bien existen diferencias entre ambos planteos puede observarse que la implementación del simulador resulta factible para la enseñanza del tema, ya que representa una herramienta con relativa facilidad de manejo y rápida obtención de resultados. En este sentido, puede ser aplicada en la asignatura para familiarizar a los estudiantes con herramientas típicas del ámbito industrial, sin omitir el sustento teórico brindado por el método clásico.

### ABSTRACT

Among the contents of the course of Unit Operations II, it can be found the design and verification of double-tube, multi-tubular and plate heat exchangers. Classic methodology for calculating the transfer area, skin coefficients, pressure drop, and the different parameters of the equipment includes various steps that can be synthesized in a single algorithm, adaptable to each particular problem. However, as a new alternative for design and verification, a simulation tool can be used, such as Aspen Exchanger Design and Rating (AEDR) software, which is available within the AspenTech simulator package, whose academic license allows its use and application.

In this work, authors carry out a comparison between the classic design method, found in specific bibliography, and the AEDR simulator. To this end, a design problem for a multitubular heat exchanger is presented and the obtained results are compared. Although there are differences between the two approaches, it can be seen that the implementation of the simulator is feasible for teaching, since it represents a tool with relative ease of use and rapid obtaining of results. In this sense, it can be applied in the subject to familiarize students with typical tools of the industrial field, without omitting the theoretical support provided by the classical method.

*Palabras clave: Enseñanza de la Ingeniería Química, Operaciones Unitarias, Diseño de Equipos, Simulación de procesos.*

## **Introducción**

Kern (1965), Ibarz (2005) y Cao (2008) proponen una metodología clásica para el diseño preliminar de equipos de intercambio de calor, entre los que se encuentran equipos de intercambio de calor de tubos concéntricos, multitubulares e intercambiadores de placas. Estos métodos de diseño y verificación proponen el ingreso y la adopción de diferentes parámetros de diseño, basados en los catálogos disponibles y correlaciones de la mecánica de fluidos.

En la asignatura Operaciones Unitarias II, se enseñan e implementan las mencionadas metodologías con el objetivo de introducir al estudiante al diseño de equipos en general. Para ello se proponen y resuelven diferentes problemas de dimensionamiento, de donde se obtienen las características geométricas de cada equipo. En el caso de los intercambiadores multitubulares, se obtienen el diámetro de carcasa, diámetro y largo de los tubos, número total de tubos, paso, número de pasos por carcasa y por tubos, tipo de arreglo, espaciamiento entre deflectores y caídas esperadas de presión. Mientras que, en caso de que el diseño propuesto no verifique todos los criterios analizados, se brindan lineamientos para modificar las diferentes variables involucradas y así llegar al diseño adecuado, desde el punto de vista de la operación bajo estudio. A pesar de que se observan buenos resultados en los diseños, la implementación de los métodos suele ser extensa y por ello pueden buscarse alternativas para resolverlos en tiempos menores.

Hoy en día existen simuladores con la versatilidad de poder trabajar sobre distintos sistemas, con una amplia base de datos de compuestos, propiedades y modelos de equipos. Estos simuladores son desarrollados por empresas con una vasta experiencia en procesos industriales (Erdmann et al., 2012). En ese sentido, se ha presentado el simulador Aspen Exchanger Design and Rating (AEDR), como una herramienta para diseñar y verificar intercambiadores de calor de diversos tipos.

En este trabajo, se presenta un problema típico de diseño de intercambiador de calor multitubular, siguiendo el método de Kern, similar a los problemas planteados en la enseñanza de la asignatura en cuestión. Por otro lado, se realiza el diseño del mismo equipo en el entorno del simulador AEDR y se comparan los principales resultados. A partir de estos, últimos se efectúa una breve discusión para analizar la factibilidad del uso de tal simulador en la currícula.

## **Metodología**

En primer lugar se resuelve el siguiente problema de diseño de intercambiador multitubular: *“Diseñe un equipo multitubular para enfriar 33,33 kg/s (132 ton/h) de metanol desde 60°C (338 K) a 30°C (303 K), utilizando agua de enfriamiento a 25°C (298K). El agua no deberá calentarse por encima de 40°C (313 K) por requerimiento del sistema de refrigeración de la planta. Se acepta una pérdida de carga de 1,5 bar para el metanol y de 1,0 bar para el agua. Considere una resistencia de ensuciamiento total de  $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ ”.*

Para resolver este problema se sigue el método propuesto por Kern, aplicando un algoritmo de cálculo con diferentes pasos, y en cada uno de ellos ecuaciones, programado en el software Mathcad 15. Posteriormente, se efectúa la carga de los datos provistos en el problema y se ejecuta una simulación en el software Aspen Exchanger Design and Rating. Es importante notar que el simulador ofrece una interfaz bastante intuitiva, como puede observarse a continuación en la Figura 1.

En el caso de la metodología clásica, todas las propiedades son estimadas usando diferentes diagramas empíricos, mientras que en el caso del simulador se utilizan las propiedades en base a los paquetes termodinámicos de AspenTech.

Por otro lado, en el simulador también existe la posibilidad de proponer y evaluar la performance de diferentes tipos de especificaciones geométricas (tipos de cabezales y de deflectores) y materiales. En el caso del problema a resolver, se seleccionó un intercambiador de tipo AEM, según codificación de normas TEMA, deflectores segmentados simples y material de acero al carbono, como se observa en la Figura 1.



Figura 1: Ingreso de las especificaciones geométricas del problema en el entorno del simulador.

## Resultados

Entre los resultados analizados, se pudieron determinar iguales pasos por la carcasa, diámetro de carcasa, diámetro y arreglos del haz de tubos. Se observa que mediante la metodología clásica se obtuvo un total de 640 tubos, mientras que el simulador arroja un número de tubos igual a 604. Por su parte, el diámetro de carcasa obtenido para la carcasa, es de 29 in, mientras que a través del simulador se obtiene un diámetro de carcasa de 26 in. El número de pasos por la carcasa en ambos casos es igual, 2, y el largo de los tubos de 20 ft. El espaciado entre deflectores es de 10 in en el primer caso y de 8,5 in con el simulador. Por su parte las caídas de presión que se obtuvieron fueron 0,75 bar y 0,5 bar con los métodos de bibliografía y 1,16 y 0,16 con el simulador, para el lado de carcasa y de los tubos, respectivamente.

## Discusión

Si bien se obtienen diseños diferentes a través del método de Kern y usando el simulador, se observa que ambos diseños cumplen con las temperaturas de entrada y salida de los fluidos caliente y frío, la resistencia de ensuciamiento total de  $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}$  y caídas de presión por debajo de los 1,5 bar para el metanol y de 1,0 bar para el agua. En consecuencia no puede especificarse cuál es la mejor configuración de diseño en términos operativos y ambos equipos satisfacen las especificaciones de dimensionamiento.

Cuando se aplica el método de Kern, la obtención de diseños diferentes para una misma operación es frecuente para los problemas de diseño de intercambiadores ya que deben adoptarse diferentes características que no se tienen disponibles. Entre ellas se encuentran: el coeficiente global de transferencia de calor, el diámetro y largo de los tubos, la velocidad de flujo por tubos, el tipo de deflectores y el espaciado entre ellos.

En este problema, cuando se implementa la metodología de Kern, se adopta un coeficiente global igual a  $1420 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , mientras que el simulador AERD estima ese mismo coeficiente igual a  $1260 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . La elección del coeficiente global, en la metodología clásica, se realiza teniendo en cuenta un rango empírico según los fluidos involucrados. Sin embargo, al emplear el simulador se observa la imposibilidad de fijar o modificar tal coeficiente.

## Conclusiones

Al aplicar el método de Kern, es evidente que el estudiante puede profundizar sobre la teoría que sustenta cada una de las ecuaciones empleadas para realizar el diseño. Se trata de un algoritmo programado por el propio estudiante. En contrapartida al usar el simulador, puede observarse que la implementación de la herramienta es más intuitiva, solo se ingresan las temperaturas, los flujos, los fluidos involucrados y las restricciones correspondientes. El estudiante no deberá adoptar ningún otro parámetro.

En conclusión, el simulador podría implementarse en la asignatura como una herramienta complementaria de enseñanza, que se aplique luego del entrenamiento brindado por la metodología tradicional (Kern). En esa misma línea, es importante familiarizar al alumno con las herramientas de simulación, ya que las mismas son desarrolladas específicamente para el ámbito industrial, por compañías especializadas, y son usadas en el ámbito profesional de los futuros ingenieros químicos.

## REFERENCIAS

1. “Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos”; 1999. Technomic Publishing Company, John IBARZ, Albert; BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. (*libro*)
2. “Procesos de transferencia de calor”; 1965. Compañía Editorial Continental, KERN, Donald Q., et al. (*libro*)
3. “Transferencia de calor en ingeniería de procesos”; 2008. Nueva librería, CAO, Eduardo. (*libro*)
4. “Análisis de sensibilidad por simulación del proceso de deshidratación de una planta de acondicionamiento de gas natural”; 2012. Erdmann, E., Ale Ruiz, L., Benitez, L. A., y Tarifa, E. E. (*paper*)

**FORESTAL, AGRONOMÍA Y ALIMENTOS**

## UN PLAN DE VERIFICACIÓN DE PROGRAMAS DE PRERREQUISITOS APLICADO A UNA CITRÍCOLA DE TUCUMAN

Chauvet, Susana<sup>(1)\*</sup>, Albarracín, Patricia<sup>(2)</sup>, Belló, B. Elí<sup>(1)</sup>, Sánchez Loria, Carlos<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Gabinete de Calidad Total, Depto. de Ingeniería Procesos y Gestión Industrial, FACET,  
Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina

<sup>(2)</sup> Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica de Tucumán, Tucumán, Argentina

\*Correo Electrónico: schauvet@herrera.unt.edu.ar

### RESUMEN

Los pasos importantes en un Programa de Prerrequisitos (PPR) son el control y la verificación. La actualización de FSSC 22000 versión 5.1, agregó que el requisito del Plan de Verificación sea establecido mediante un análisis de riesgo y llevó a buscar una metodología para lograr este objetivo. Por ello, en una empresa que procesa citrus en Tucumán, se analizaron metodologías de evaluación de riesgo y se seleccionó el Método Binario del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Este método evalúa el riesgo como la frecuencia con que se materializa y el Impacto o sea los daños que pueden derivarse del mismo. Para conformar la metodología se redefinió el riesgo como el producto de Frecuencia de falla del cumplimiento del PPR y el Impacto que tiene en la inocuidad. Se consideró para la Frecuencia y el Impacto tres niveles con su puntuación: "Alto=3", "Medio=2" y "Bajo=1". Al calcular el riesgo se definió la Matriz de Riesgo donde los valores de: 6 a 9 se le asignó una verificación semanal a bimestral; de 3 a 4, bimestral a trimestral; y de 1 a 2, mayor a trimestral. Esto cuando el control del PPR no sea mayor a esta frecuencia. La metodología fue aplicada, obteniendo resultados altamente positivos, ya que en todos los casos se logró que la frecuencia del control sea mayor a la obtenida para la verificación, llevando en algunos casos a revisar la frecuencia del control en función a las zonas definidas. El hecho de estructurar el Plan de Verificación en una Plan Maestro, llevo a centralizar las verificaciones de otros procedimientos como Fraude y Food Defense. La metodología lograda puede ser aplicada a la fabricación de otros alimentos, con solo la particularización de los niveles de frecuencia e impacto.

### ABSTRACT

The important steps in a Prerequisite Program (PRP) are control and verification. The update of FSSC 22000 version 5.1 added the requirement that the Verification Plan should be established through a risk analysis and led to search for a methodology in order to achieve this goal. For this, risk assessment methodologies were analyzed, selecting the Binary Method of the National Institute of Safety and Hygiene at Work, which evaluates the risk as the frequency with which the risk materializes and the Impact, that is, the damages that can be derived. To conform the methodology, risk was redefined as the product of the PPR compliance failure frequency and the impact it has on safety. For Frequency and Impact, 3 levels were considered with their score: "High=3", "Medium=2" and "Low=1". When calculating the risk, the Risk Matrix was defined where the values of 6 to 9 were assigned a weekly to bimonthly verification; from 3 to 4, bimonthly to quarterly; and from 1 to 2, greater than quarterly. This is done as long as the PPR control is not greater than this frequency. The methodology was applied in a citrus producing highly positive results, since in all cases the control frequency was higher than that obtained for verification, leading in some cases to review the control frequency based on the defined areas. The fact of structuring Verification Plan in a Master Plan, led to centralizing other procedures such as Fraud and Food Defense, in a single Plan. The methodology achieved can be applied to the manufacture of other foods, with only the particularization of the levels of frequency and impact.

**Palabras Clave:** Inocuidad, Control, Verificación, Citrícola, PPR

## **Introducción**

En la actualidad la inocuidad de los alimentos es entendida y asumida como un tema prioritario de la salud pública. El sistema HACCP, es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención, en lugar de basarse en el ensayo del producto final. Esto se logra con el control de las etapas de producción, para lo que identifica y define medidas de control de los peligros alimentarios que pueden afectar adversamente a la inocuidad de los alimentos. Los programas de prerrequisitos (PPR) constituyen los pilares y fundamentos requeridos para un Sistema de Inocuidad Alimentaria. Estos programas de prerrequisitos incorporan las condiciones y actividades básicas que son necesarias para mantener, a lo largo de toda la cadena alimentaria, un ambiente higiénico apropiado para la producción, manipulación y provisión de productos finales y alimentos inocuos para el consumo humano [1]. Los distintos Sistemas de Gestión de Inocuidad Alimentaria, requieren de la verificación de los PPR para asegurar su cumplimiento. En la última actualización de FSSC 22000 versión 5.1, requiere de un Plan de Verificación basado en el riesgo. El análisis de riesgo es el uso sistemático de la información disponible para determinar la frecuencia con la que determinados eventos se pueden producir y la magnitud de sus consecuencias [2]. Los riesgos normalmente se definen como eventos negativos, como puede ser la pérdida de dinero en una empresa o una tormenta que genera un gran número de reclamos de seguro. El análisis de riesgo se puede realizar cualitativa y cuantitativamente. Este último, trata de asignar valores numéricos a los riesgos, utilizando datos empíricos o cuantificando evaluaciones cualitativas, lo que podría servir para cumplir con la actualización de la Norma.

## **Materiales y Métodos**

Para definir la metodología se analizaron distintos métodos cualitativos de análisis de riesgos, entre ellos:

-Método de Análisis de modo y efecto de los fallos (FMEA), donde se evalúa los modos de falla, la detección y los efectos de cada falla [3] y se calcula un índice de gravedad, que se representa mediante una escala del 1 al 4. El valor 1 representaría un suceso sin efectos adversos y el 4 un peligro inmediato para el personal e instalaciones, por lo que se requiere parada de emergencia.

-Método NTP 330, Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente (INSHT), que permite cuantificar la magnitud de los riesgos existentes y, en consecuencia, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección [2]. Para ello se parte de la detección de las deficiencias existentes en los lugares de trabajo para, a continuación, estimar la probabilidad de que ocurra un accidente y, teniendo en cuenta la magnitud esperada de las consecuencias, evaluar el riesgo asociado a cada una de dichas deficiencias.

-Método Binario del INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) determina la Posibilidad de ocurrencia o sea la frecuencia con que se materializa el riesgo y el Impacto (los daños que pueden derivarse) [2]. Para clasificar los riesgos en función de su magnitud, se tienen en cuenta dos aspectos, cada uno de ellos en una escala a 3 niveles [4].

Para conformar la metodología se tomó como base el Método Binario del INSHT, donde se redefinió el riesgo como el producto de Frecuencia de falla del cumplimiento del PPR y el Impacto que tiene en la inocuidad del producto. Se consideró para la Frecuencia y el Impacto 3 niveles: “Alto”, “Medio” y “Bajo”, y de acuerdo con el nivel de incumplimiento o impacto, se le asignó un valor de 3, 2 y 1, respectivamente. Calculando el Riesgo puede tomar los valores de 9, 6, 4, 3, 2 y 1 (Tabla 1).

Tabla 1 Matriz de Riesgos

Frecuencia Impacto	Bajo: 1	Medio: 2	Alto: 3
Bajo: 1	1	2	3
Medio: 2	1	4	6
Alto: 3	3	6	9

Se definió el Riesgo de: 6 a 9, con una frecuencia de verificación semanal a bimestral; 3 a 4 bimestral a trimestral, y 1 a 2, frecuencia mayor a trimestral. Esto siempre y cuando el monitoreo del PPR sea mayor a esta frecuencia.

## Resultados y Discusión

La metodología fue aplicada en una citrícola que debe modificar la forma de verificación de los PPR, a fin de cumplir con los requisitos nuevos de FSSC 22000 Vr 5.1. Para la planificación se estructuró un Plan Maestro, donde se colocó el PPR, el documento asociado y el tipo de verificación (auditoria, control de registro u otra), el mes que le tocaría realizar (según la frecuencia que surge del método) y una columna de cumplimiento, donde cada celda se podía colorear según el resultado: No cumplimiento (rojo), amarillo (caso que no se pudo verificar, para replanificarlo) y cumplimiento (verde). A cada celda se la vincula a fotos, como las evidencias de la verificación llevada a cabo. Para la aplicación de la metodología se tomó en cuenta las zonas de procesos, dividiéndola en: Envasado (A), Zona de aledaña a envasado (B) y la zona sucia de recepción de limón (C). En lo relativo al cumplimiento de las Buenas Prácticas de higiene personal, tiene establecido que cada 15 días se hace un control de cumplimiento, sin indicar la zona y se completa un registro. Al evaluar el riesgo se obtuvo una puntuación de 6, 4 y 2, respectivamente según la zona, con lo que se definió para verificar hacer una auditoria puntual en las zonas A, B y C con una frecuencia de 30, 60 y 90 días.

En el cumplimiento de la Política de vidrios y plásticos astillables se hace un control según las mismas zonas, con una frecuencia mensual, bimestral y trimestral, al aplicar la metodología arrojó valores de riesgo de 6, 3, 1, con lo que se definió como verificación controlar que se haya llevado a cabo el control de vidrios y plásticos con una frecuencia de 30, 60 y 90 días, respectivamente.

Sobre el estado de las Instalaciones y servicios se hacen controles cada 2 meses. Aplicando la metodología fue necesario zonificar según A, B y C para hacer la evaluación de riesgo, arrojando valores de riesgo de 6, 4, 2, con lo que se definió como verificación la necesidad de auditorías puntuales, con una frecuencia de 30, 60 y 90 días a los sitios A, B y C, respectivamente.

En relación con el manejo de alérgenos, donde se analizó materias primas con sulfito, los mismos deben almacenarse en zona separada, con los envases íntegros y correctamente identificados. En este caso se hizo la evaluación de riesgo resultando un valor de 6, por lo que se planificó una auditoria mensual al sector de almacenamiento, para verificar el cumplimiento de la normativa.

En los demás PPR, al aplicar la metodología, resultó ser adecuada en todos los casos. Esto ocurrió por que la frecuencia de control siempre fue mayor a la de verificación, situación que se corroboró con los registros de controles realizados.

Algunos casos, como las medidas de higiene personal que se controlaban sin tomar en cuenta las áreas, se redefinió la forma de realizar la evaluación. Se estableció ejecutarla en función de la cantidad de personal a ser evaluadas en cada sector, siendo mayor en las áreas A. Se detectó controles que no tomaban en cuenta el Impacto del PPR según la zona, las que se redefinieron. Además, se pudo centralizar junto a las verificaciones en el Plan Maestro, las correspondientes a otros procedimientos asociados a temas de inocuidad, como fraude alimentario y food defense.

## **Conclusiones**

La adaptación del Método Binario del INSHT para la determinación de la frecuencia de Verificación de los PPR, permitió definir una metodología que permitió cumplir con la actualización del requisito FSSC 22000.

La aplicación de la metodología condujo a una mejora de la gestión de las verificaciones de inocuidad.

La metodología lograda puede ser aplicada a la fabricación de otros alimentos, con solo la particularización de los niveles de frecuencia e impacto.

## **REFERENCIAS**

1. Codex Alimentarius. (2003). “Código internacional de prácticas recomendado – principios generales de higiene de los Alimentos”. CAC/RCP 1 – 1969, Rev 4. DELCEN (2009). “Programas de Prerrequisitos formalizados en buenas prácticas de manufactura”. Delcen, Inocuidad Alimentaria. URL: <http://www.inocuidad-alimentaria.org/prerrequisitos-y-bpms.htm>
2. J. C. Rubio Romero, “Métodos de evaluación de riesgos laborales”; 2004, Ediciones Díaz de Santos. España.
3. J. R. Evans y otros, “Administración y Control de la Calidad”; 2008. Cengage. 7ª Edición
4. J. Cortés, “Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales - Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2007”; 9na Edición, Editorial Tébar S.L. Madrid, España

**CARACTERIZACIÓN DENDROENERGÉTICA DE MATERIAL GENÉTICO  
SELECCIONADO DE *Eucalyptus camaldulensis***

**M. N. Gómez Acosta<sup>(1)</sup>; M. E. Ludueña<sup>(1)\*</sup>, R. Carreras<sup>(3)</sup>, M. R. Gulotta<sup>(3)</sup>, M. E. Carranza<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> *Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Avda. Belgrano S 1912, Santiago del Estero, Argentina.*

<sup>(2)</sup> *Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Avda. Belgrano S 1912, Santiago del Estero, Argentina.*

<sup>(3)</sup> *Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Avda. Belgrano S 1912, Santiago del Estero, Argentina.*

\*Correo Electrónico (autora de contacto): [mel@unse.edu.ar](mailto:mel@unse.edu.ar)

**RESUMEN**

*El género Eucalyptus es cultivado tanto en climas fríos como cálidos con propósitos variados, siendo las plantaciones más importantes las destinadas a madera dura. El objetivo del trabajo es caracterizar energéticamente rebrotes de procedencias selectas de Eucalyptus camaldulensis ensayadas en Santiago del Estero, Argentina. Se seleccionaron 8 árboles con rebrotes del año 2011, pertenecientes a las procedencias Zimbabwe, África (B) y Gibb River, Australia (D) establecidas en un ensayo genético en la localidad de El Zanjón, Santiago del Estero. Respetando el diseño experimental del ensayo se identificaron y se cortaron materiales con diámetros de 5 a 10 cm. Luego los materiales se cortaron en trozas de 5 cm a 7 cm de largo, se estacionaron 1 año y se procesaron hasta reducir de astillas a aserrín. Se tomaron muestras para determinar poder calorífico superior, humedad, volátiles y cenizas realizándose tres repeticiones por cada árbol. Los resultados obtenidos muestran que la procedencia D posee características dendroenergéticas significativamente superiores a la B en el ensayo analizado. Las procedencias seleccionadas presentan rebrotes de diámetros adecuados para leña y según valores energéticos obtenidos se recomienda para fines dendroenergéticos.*

**ABSTRACT**

*The Eucalyptus genus is cultivated in both cold and warm climates for a variety of purposes, the most important plantations being for hardwood. The objective of the work is to energetically characterize sprouts from selected provenances of Eucalyptus camaldulensis tested in Santiago del Estero, Argentina. Eight trees with regrowth from the year 2011 were selected, belonging to the provenances Zimbabwe, Africa (B) and Gibb River, Australia (D) established in a genetic assay in the town of El Zanjón, Santiago del Estero. Respecting the experimental design of the test, materials with diameters of 5 to 10 cm were identified and cut. The materials were then cut into logs 5 to 7 cm long, parked for 1 year and processed until they were reduced from chips to sawdust. Samples were taken to determine superior calorific power, humidity, volatiles and ashes, performing three repetitions for each tree. The results obtained show that provenance D has dendroenergetic characteristics significantly superior to provenance B in the assay analyzed. The selected provenances have sprouts with diameters suitable for firewood and according to the energy values obtained; they are recommended for fine wood energy.*

*Palabras clave: Procedencias, rebrotes, dendroenergía, Eucalyptus camaldulensis, leña.*

## Introducción

El género *Eucalyptus* cuenta con especies que crecen desde los climas fríos hasta los cálidos con propósitos variados que incluyen madera para la industria, aceites esenciales, construcciones y combustible, entre otros usos. Es necesario la definición de los componentes genéticos y ambientales de la variabilidad fenotípica entre y dentro de poblaciones de diferentes orígenes geográficos. En la Argentina se difundió desde la provincia de Río Negro hasta Jujuy en forma de forestaciones en macizo, cortinas y montes de reparo y tolera temperaturas de hasta  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  en condiciones adecuadas de humedad. Los estudios realizados por López [2005] en ensayos genéticos de *E. camaldulensis* en Santiago del Estero y Tucumán revelaron interacciones altamente significativas de las procedencias con el ambiente en las variables diámetro y supervivencia y detectaron mayor estabilidad de los materiales procedentes de Gibb River, Kimberley, WA, Australia (Procedencia D) para Santiago del Estero. No obstante dicho autor manifiesta que para emprendimientos productivos de pequeña y mediana escala se puede utilizar el material del huerto semillero de Zimbabwe (Procedencia B) dado su desempeño excelente en volumen, a pesar de su moderada adaptación al ambiente en este sitio. En Argentina, de las 4 millones de toneladas de materia prima forestal proveniente de bosques nativos (promedio entre los años 2001-2011), el 75 % es leña empleada para su transformación a carbón (46%) o para su consumo directo (29 %); y el 85 % de la producción forestal nacional de bosques nativos proviene de la región chaqueña [Navall, 2012]; lo cual denota la importancia de la leña en nuestro país y en la economía de esta región. La demanda de leña por parte de numerosas industrias rurales y urbanas, junto con el consumo doméstico provoca una significativa presión sobre la masa boscosa nativa. La bioenergía se puede definir como “la energía renovable obtenida a partir de la biomasa”, tiene complejas interacciones sociales y ambientales, incluyendo el efecto benéfico sobre el cambio climático, la producción de biomasa y el uso de la tierra [Rincón et al., 2020]. El objetivo del presente trabajo es caracterizar energéticamente los rebrotes de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* para poder frenar el avance del consumo de leña sobre los bosques nativos.

## Materiales y Métodos

Recolección y procesamiento de muestras de árboles selectos de *Eucalyptus camaldulensis* del ensayo plantado en enero de 1996 en la localidad de El Zanjón, Santiago del Estero, Argentina. El ensayo se encuentra ubicado en el Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques, perteneciente a la U.N.S.E y localizado en El Zanjón, Dpto. Capital, Santiago del Estero. En la elección de rebrotes para apeo se consideró aquellos que tenían mejor vitalidad, rectitud y que superen los 5 cm de DAP. Para la ejecución de la tarea de medición y apeo del material, se utilizaron cinta diamétrica y motosierra. La determinación volumétrica de los rebrotes apeados se realizó sobre las procedencias B y D. Los rebrotes se cortaron en trozos de 5 cm - 7 cm de largo como máximo en las instalaciones de carpinterías del ITM (Instituto de Tecnología de la Madera). La herramienta utilizada fue una sierra sin fin. Los mismos se estacionaron un año para el secado. Luego se procesó la leña del material genético seleccionado para poder evaluar el poder calorífico superior y análisis próximo (Cenizas, Volátiles, Humedad y Carbono Fijo). El procesamiento consistió en la reducción en tamaño de cada individuo, a través de un astillado en sierra sin fin. Luego la astilla pasó por el molino tipo Willey y de estas se tomaron para la determinación del poder calorífico (Norma DIN 51900) del porcentaje de humedad, del porcentaje de volátiles y del porcentaje de cenizas normas ASTM D1762 – 84.

## Resultados

En la Tabla 1 se puede ver el resumen de datos obtenido con la media, desvío estándar y coeficiente de variación, según la procedencia B y D de *Eucalyptus camaldulensis*.

Tabla 1. Resumen de datos de rebrotes de *Eucalyptus camaldulensis*, de procedencia B y D.

Variable analizada	Humedad %		Volátiles %		Cenizas %		Carbono Fijo %		Poder Calorífico Superior (kcal/kg)	
	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D
Media	8,56	8,89	75,97	76,69	7,82	6,32	7,65	8,1	4493,45	4568,83
D.E	0,53	0,69	1,66	1,47	2,8	2,92	1,17	3,43	216,65	490,57
C.V	6,21	7,75	2,19	1,91	35,85	46,17	23,14	42,35	4,82	10,74

## Discusión

La leña de procedencias B y D de *Eucalyptus camaldulensis* resultaron tener un valor del poder calorífico bastante cercano a las maderas tradicionalmente utilizadas para leña, por su gran rendimiento. Los valores de PCS (Poder Calorífico Superior) mencionados en la bibliografía para esas especies son: *Prosopis alba* 4616,67 kcal/kg, *Aspidosperma quebracho blanco* 4696,7 kcal/kg, *Schinopsis lorentzi* 4551,67 kcal/kg, *Sarcomphalus mistol* 4708,33 kcal/kg y a los restos de *Zea mays* (maíz) 4760,33 kcal/kg [Ludueña, Carreras, Jiménez, Carranza, Gulotta, & Rivas, 2021].

## Conclusiones

Las procedencias seleccionadas presentaron rebrotes de diámetros adecuados para ser recolectados y procesados como leña. A nivel procedencia se concluye que la procedencia D presenta valores ligeramente superiores a la procedencia B para las variables Humedad, Volátiles, Carbono Fijo y Poder Calorífico Superior. Los valores energéticos obtenidos de los rebrotes se acercan a valores de madera madura de *Eucalyptus camaldulensis*. Por lo tanto se recomienda los rebrotes de la procedencia B y D para fines dendroenergéticos.

## REFERENCIAS

1. López, C. 2005. Mejoramiento genético en *Eucalyptus camaldulensis* y *Prosopis*. En: Mejores árboles para más forestadores. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Buenos Aires, Argentina. Pp. 183-203. (libro)
2. Ludueña, M.; Carreras, R.; Jimenez, V.; Carranza, M.; Gulotta, M.; Rivas, A. J. 2021. Parque Chaqueño Argentino: aplicaciones dendroenergéticas. SISTEMA DE BIOMASA Y BIOENERGÍA: CASOS EJEMPLARES EN IBEROAMÉRICA. Págs. 267-296. Extraído de: redrebibir.files.wordpress.com/2021/08/libro-rebibir-t-2021-1.pdf. (libro)
3. Navall, J. M. 2012. *Análisis expeditivo de estadísticas forestales de bosques nativos*. Informe Técnico. [En línea] Disponible en: [http://inta.gob.ar/documentos/analisis-de-estadisticas-de-produccion-de-bosquesnativos-2001-2011/at\\_multi\\_download/file/INTAinforme%20analisis%20estadisticas%20bosque%20nativo%202001-2011.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/analisis-de-estadisticas-de-produccion-de-bosquesnativos-2001-2011/at_multi_download/file/INTAinforme%20analisis%20estadisticas%20bosque%20nativo%202001-2011.pdf)
4. Rincón, J. M.; Guevara, P. O.; Agresott, J. A.; Duran, D. M.; Maestre, A. 2020. Caso X. Torrefacción de biomasa residual forestal proveniente de podas en la ciudad de Bogotá y su uso en co-combustión. Pag 215-228. Extraído desde: redrebibir.files.wordpress.com/2021/08/libro-rebibir-t-2021-1.pdf. (libro)

**FORMULACIONES DE GALLETAS CON ALTO CONTENIDO PROTEICO COMO  
PARTE DE UN PROYECTO INTEGRAL DE VULNERABILIDAD SOCIAL EN EL NOA  
(PCCT1)**

**Bassett, M.N.<sup>(2,3)\*</sup>; Moreno, E.del C.<sup>(1)</sup>; Tereschuk, M. L.<sup>(1)</sup>; Barrionuevo, M. J.<sup>(1)</sup>; Rossi, A.<sup>(2)</sup>;  
Marigliano, A.C.<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. INFNOA - CONICET

<sup>(2)</sup> Instituto Superior de Investigaciones Biológicas (INSIBIO)- CONICET. UNT.

<sup>(3)</sup> Centro Interdisciplinario de Investigaciones en Tecnologías y Desarrollo Social para el NOA (CIITED) –  
CONICET. Universidad Nacional de Jujuy. Argentina

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [natybassett@gmail.com](mailto:natybassett@gmail.com)

**RESUMEN**

*Como parte del proyecto PCCT1 CONICET-ME que involucra las provincias de Tucumán, Catamarca y Santiago del Estero, el equipo encargado de la formulación de las variedades de los alimentos propuestos, reformuló y desarrolló una galleta de alto contenido proteico. Estos alimentos se utilizan a partir de la producción local de harinas no convencionales y de frutos regionales, lo que redundará en un beneficio económico y social de la región. Las características nutricionales y sensoriales de estos alimentos, incorporados a la dieta de grupos vulnerables contribuirán a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles y/o carenciales en la región del Noroeste de Argentina.*

**ABSTRACT**

*As part of the PCCT1 CONICET-ME project, that involves the provinces of Tucumán, Catamarca, and Santiago del Estero, the team in charge of formulation varieties of the proposed foods, reformulated and developed a cookie with high protein content. These foods are produced from the local production of non-conventional flours and regional fruits, which results in economic and social benefits for the region. The nutritional and sensory characteristics of these foods, incorporated into the diet of vulnerable groups, will contribute to the prevention of chronic non-communicable and/or deficiency diseases in the Northwest region of Argentina.*

**Palabras clave:** Galletas, harinas, proteicas, grupos vulnerables

**Introducción**

A nivel mundial, la mayoría de los mercados ofrecen una amplia variedad de alimentos y bebidas, que permiten combinar sabor, comodidad y novedad. Pero al mismo tiempo la intensa y generalizada promoción de muchos de esos productos, y especialmente de los alimentos ricos en grasas, azúcares simples y/o sal impactan negativamente en la salud de la población en general. La elevada incidencia de obesidad y síndrome metabólico en la sociedad moderna, se agravó no sólo por sedentarismo sino también por los cambios en los hábitos alimentarios. A la epidemia de sobrepeso y obesidad, forma más frecuente de malnutrición que continúa aumentando sostenidamente en Argentina, se le suma la pandemia por COVID-19. Esta última agudiza la situación de inseguridad alimentaria y nutricional que venían padeciendo muchas personas en nuestro país y en demás países latinoamericanos (Bonvecchio, 2019). Para contrarrestar esta situación de malnutrición, es importante impulsar la elaboración de productos destinados a satisfacer las necesidades específicas y carencias detectadas. Reemplazar y/o reducir la ingesta calórica y de azúcares refinados, se puede lograr a través de la presente propuesta, que plantea diseñar alimentos funcionales a partir de cultivos de importancia regional que puedan ser incluidos en la dieta de la población. Por otro lado, las harinas de legumbres aportan proteínas, fibras y micronutrientes al mismo tiempo que reducen el aporte de grasas. Con la combinación de proteína de

cereales y legumbres, se mejora el valor biológico de cada una de ellas y se convierte en una oportunidad de crear alimentos novedosos, y con elevada calidad nutricional y organoléptica. Además, si estas mezclas se consumen en cantidad suficiente, cubrirán las necesidades de energía y de proteína, pudiendo ser utilizadas en la alimentación de poblaciones de bajos recursos, así como en personas con riesgo nutricional. La industria de la panificación apunta a la elaboración de nuevos productos que permitan generar un producto alimenticio de gran valor nutritivo a partir de materias primas no convencionales (Mir et al., 2018). Las galletas son los aperitivos horneados más elegidos a nivel mundial. Son de fácil acceso y digestibilidad y presentan características atractivas para individuos de todas las edades tanto niños en edad escolar como adultos. Sumado a esto, brindan la posibilidad de incorporar ingredientes funcionales y/o suplementar logrando así mejorar la dieta sin modificar los hábitos alimentarios. Por lo expuesto, el objetivo del estudio fue formular y desarrollar alimentos que incorporen harinas no convencionales (quinoa, soja) y frutas (citrus y frutillas) de importancia regional, y que por sus ingredientes se puedan incluir entre los alimentos funcionales. Las características nutricionales y sensoriales de estos alimentos, incorporados a la dieta de grupos vulnerables tales como los niños, adultos mayores contribuirán a la prevención de enfermedades carenciales.

## **Materiales y Métodos**

**Ingredientes:** a partir de la formulación original de galletas de quinoa, desarrolladas previamente por INFINOA-FACET (Moreno y col, 2020) se reformuló teniendo en cuenta principalmente el contenido final de proteína, lípidos e hidratos de carbono. Se empleó harina de soja extruida apta para consumo humano (HS) provista por la Estación Experimental Obispo Colombes (EEAOC) (HSE) y por CERELA (HSC). Harina de quinoa colorada (HQ) pre tratada y la Harina de Trigo 0000 (HT), huevos, azúcar, aceite de girasol, agua, ralladura y jugo de limón o de naranja, mermelada de frutilla, obtenidas del mercado local de San Miguel de Tucumán. La Quinoa colorada se lavó con agua para extraer los factores antinutricionales (saponinas), se secó y molió en molinillo de cuchillas. Todas las harinas se tamizaron con tamiz N°40.

**Formulación del panificado tipo galleta:** se seleccionaron las harinas de legumbres (soja), cereales (trigo) y grano andino (quinoa) más frutos frescos regionales de estación (limón, naranja y frutilla) considerando su composición nutricional en la formulación del alimento de acuerdo a una evaluación teórica empleando el software del Ministerio de Salud de la Nación S.A.R.A Sistema de Análisis y Registros de los Alimentos (<https://datos.dinami.gov.ar/sara/>) Este programa transforma los alimentos en nutrientes, y utiliza como bases de referencia las tablas de composición de alimentos de América Latina, de Argentina entre otras.

**Evaluación de la calidad proteica del panificado tipo galleta:** la calidad de la proteína se puede cuantificar en función de la cantidad y el perfil de los aminoácidos indispensables (aai), así como la digestibilidad ileal verdadera de los aai de la proteína mediante la utilización de la “puntuación de aminoácidos indispensables digestibles” (DIAAS). Se estudió la variabilidad de la calidad proteica de harina trigo y de sus mezclas con harinas de soja y quinoa utilizando el software MixProtLUNA.1-2013 desarrollado por Bassett (2015) que calcula el DIAAS y selecciona mezclas que aumentan la calidad proteica respecto de los alimentos que la componen, teniendo en cuenta situaciones biológicas especiales como embarazo, escolares entre otras. Su base de datos fue elaborada a partir de recopilación bibliográfica de composición de aai de cereales, granos andinos y legumbres de diferentes orígenes. Algunos valores de digestibilidad se determinaron “in vivo” por ensayos con ratas blancas y otros de bibliografía. Se utilizó como referencia el patrón FAO/OMS/UNU (2013).

**Elaboración del panificado tipo galleta:** Se realizó la elaboración de las galletas teniendo en cuenta tanto la evaluación teóricas de la composición nutricional y proteica obtenida previamente. Se consideraron dos orígenes de HS: HSC (CERELA) y HSE (EEAOC). Se desarrollaron 6 variedades: Se realizaron las galletas con agregado de cáscara y jugo de limón con la proporción de harinas elegidas. Otras muestras con agregado de jugo y cáscara de naranja. Finalmente dos galletas, a una se les incorporaron mermelada en la masa y a la otra se colocó la mermelada a modo de pepa.

**Caracterización química del panificado tipo galleta:** Se determinó proteínas, grasas, cenizas y humedad utilizando métodos AOAC (2016). La humedad se determinó en un horno usando AOAC 925.09. El contenido de proteína total se determinó utilizando el método de Kjeldahl (Unidad de digestión Buchi K-435) con un factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6.25 (AOAC 984.13). El contenido de lípidos se determinó según el método de hidrólisis ácida AOAC 922.06. Análisis de cenizas de muestras carbonizadas a 550° C (Mufla F.B.R., modelo 350) (AOAC 923.03). El contenido de sodio se determinó utilizando un espectrómetro de absorción atómica Perkin Elmer PinAAcle 900T.

## **Resultados**

La composición química teórica de las formulaciones se observa en la Tabla 1.

Tabla 1 Composición química teórica de la formulación base de las galletas.

Componente	Requerimiento/día escolar*	Teórico	
		Composición 100 g	% Cobertura
Humedad (g/100 g)	-	18.52	
Energía (kcal)	1330-2548 (promedio:1939)	352	18
Proteínas (g/100 g)	19 -34 (promedio: 27)	13.8	51
Lípidos (g/100 g)	-	10	
Hidratos de Carbono (g/100 g)	130	55.6	42.7
Cenizas (g/100 g)	-	1.75	
Sodio (Na)( mg/ 100 g)	<2g/d	27.3	

\* Requerimientos FAO 2002

En la Tabla 2 muestra las puntuaciones de los aminoácidos indispensables digeribles de la harina trigo y de sus mezclas con harinas de soja y quínoa en varias combinaciones. El contenido proteico de la HT comercial empleada fue de 10,3 g/100g y obtuvo un DIAAS de 47%, mientras que la HS y HQ con un contenido de proteínas de 38 y 16 g/100 g y obtuvieron DIAAS de 89% y 69% respectivamente. Se realizaron distintas combinaciones teóricas desde el agregado del 10% hasta 40% hasta encontrar las más adecuadas de las proteínas de cada harina componente de la mezcla y lograr un producto de mayor valor nutricional empleando el programa informático MixProtLUNA, el cual facilitó el cálculo. Por lo tanto la formulación de mezclas de cereales y leguminosas permite obtener un mejoramiento del balance aai y se traduce en un valor superior en la calidad de la proteína comparado con la de cada uno por separado. Los DIAAS van desde 70 a 90 %. Se seleccionó la combinación 20/50/30 de HS/HT/HQ respectivamente porque fue la formulación teórica que permitió una masa panificable que resultó con características sensoriales y de textura adecuadas.

Tabla 2: Combinaciones de proteínas de harinas no convencionales quinoa y soja con cereal.

ALIMENTO/VARIEDAD/ORIGEN/TIPO							
Harina de Soja/ ( <i>Glycine max.</i> ) P:38 , D: 89; AALim: SAA Harina de trigo ( <i>Triticum spp</i> ) P:10,3, D:47; AALim: Lys Harina de quínoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) P:16,3 , D: 69; AALim: SAA							
PROPORCIONES HS/HT/HQ							
10/60/30	10/50/40	20/40/40	<b>20/50/30</b>	30/40/30	30/30/40	40/30/30	40/20/40
DIAAS %							
70	72	80	<b>82</b>	84	86	88	90

HS= Harina soja extruida; HT= Harina trigo; DIAAS = Puntuación de aminoácidos indispensables digeribles. AALim: aminoácido limitante. Lys: lisina; SAA: aminoácidos azufrados (Metionina+cisteína) P=Proteína g/100g alimento.

En la Tabla 3 se observa la composición química de las galletas elaboradas. El agregado de jugos cítricos representó una humedad menor que al usar mermelada de frutilla en pepas cuyo valor se duplicó. En cuanto al aporte energético, en promedio con los agregados de jugos de fruta y mermelada de frutilla los valores (349+/-50 kcal/100 g) fueron próximos al teórico (Tabla 1) pero con la mermelada en pepas se obtuvo un menor valor de energía (251kcal/100 g). Mientras que se observa que las pepas de marca comerciales tuvieron mayor valor energético (430kcal/100 g). Respecto del contenido proteico en promedio (15,17+/-0,73 g/100 g) en las preparaciones con HS y con agregado de jugos o mermelada de frutilla se obtuvieron valores superiores en 9% al teórico y en pepas fue igual al teórico (13,97 g/100 g). En las marcas comerciales se puede observar un bajo contenido proteico (5 g/100 g). En cuanto al contenido de lípidos en promedio (7,65+/-1,35 g/100 g) fueron valores similares al teórico, y en el caso de las pepas un 3 % menor (6,69 g/100 g). Las marcas comerciales presentaron un aporte 70% mayor al teórico. Respecto a los hidratos de carbono en promedio los valores fueron

próximos al valor teórico, salvo en pepas que fue menor (33,68 g/100 g). Las marcas comerciales mostraron mayor contenido de carbohidratos. Los valores de cenizas fueron próximos al teórico y en pepas fue menor.

Tabla 3. Composición nutricional en 100 g de las galletas elaboradas

Componente	HSC +HQ Limón	HSC+HQ Naranja	HSE +HQ Limón	HSE + HQ Naranja	HS + HQ mermelada de frutilla	HS + HQ frutilla en pepa	Pepa marca comercial
Humedad (g/100 g)	11,8	15,59	16,56	19,22	17.06	23.54	19
Energía (kcal)	391	373	362	352	363	251	430
Proteínas (g/100 g)	16,37	14,63	15,08	15,23	14.56	13.97	5
Lípidos (g/100 g)	10,47	9,60	8,66	8,46	8.60	6.69	16.7
Hidratos de Carbono	57,79	56,99	55,98	53,8	56.8	33.68	63.33
Cenizas (g/100 g)	1,73	1,68	1,57	1,53	1.53	1.4	-
Sodio (mg/100 g)	ND	ND	ND	46,1	45.9	46.9	56.7

HS: HSC (CERELA) y HSE (EEAOC). Peso de cada galleta 25 g. & Promedios de 3 marcas comerciales.

## Discusión

Las galletas son los aperitivos horneados más elegidos a nivel mundial. Son de fácil acceso y digestibilidad y presentan características que la hacen atractiva para individuos de todas las edades tanto niños en edad escolar como adultos mayores. El agregado de la HS, al complementarse con las harinas de cereales, logró mejorar la calidad proteica del alimento para alcanzar un valor nutricional acorde al patrón respectivo de aai para el grupo seleccionados. Todas las galletas elaboradas mostraron mayor contenido proteico y un menor contenido de lípidos que las marcas comerciales. Debido al alto contenido proteico, y la importancia de ambas harinas en la economía regional, tanto la HS como la HQ son buenos complementos tanto para panificados como galletas. En otras formulaciones similares en la literatura, se consiguieron productos con un límite de hasta 10% de reemplazo de soja por trigo. En este estudio se logró obtener panificado con un 20% de HS y 30% HQ, incrementando la cantidad y calidad proteica. Se determinó las porciones diarias necesarias de 50 g por paquete lo que corresponde a 25 g de cada una de las galletas obtenidas y serían un aportador importante de este nutriente, llegando a cubrir igual o más del 26% de la IDR para escolares y de esta manera lograr mejoras en la adecuación de la ingesta de proteínas. Se espera que por las características sensoriales tengan buena aceptabilidad en niños y que los organismos de gobierno involucrados, realicen lo adecuado para incorporarlo en el menú escolar. Esto significaría un cambio importante en los hábitos de consumo y mejoraría la economía local por el uso de ingredientes de la región

## Conclusiones

Se logró elaborar una galleta de alto contenido proteico y se encontraron diferencias significativas en el contenido de proteína y lípidos respecto a las versiones de galletas pepas comerciales. Éste es un producto de bajo costo, de fácil manipulación. Una porción de 50 g aporta alrededor del 26 % de la IDR de proteínas de buena calidad, por lo que serían adecuadas para ser introducidas en el menú escolar.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los Proyectos: PCCT1 2019/2020 “Integración y articulación de capacidades del CCT Tucumán-Santiago del Estero-Catamarca para contribuir ante una emergencia alimentaria. Etapa 1: formulados con soja para aumentar la calidad nutritiva en la dieta de comedores escolares”. PIUNT-SCAIT-UNT 2017/2022. También al personal de la Estación Experimental Obispo Colombres (EEOC) por otorgar la harina de soja y los ensayos realizados.

## Referencias

1. A. Bonvecchio Arenas et al., “Recomendaciones de micronutrientes para grupos vulnerables en contexto de desnutrición, durante la pandemia de COVID-19 en Latinoamérica”; Arch. latinoam. nutr, (2019), p. 259-273. (paper)
2. N. A. Mir, C.S. Riar and S. Singh, “Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review”; Trends in Food Science & Technology, (2018), Vol. 75 p. 170-180. (paper)
3. E.C Moreno, M.N. Bassett, M.E. Acuña, M.J. Barrionuevo, A.M. Rossi y M.L. Tereschuk., “Formulación y caracterización química-nutricional de galletas dulces a partir de harinas sin gluten”; CIAL, 2020, (artículo en acta de congreso)

**UTILIZACIÓN DE METODOLOGÍA ÁGIL SCRUM EN PROYECTO “YOGURES DE LECHE DE CABRA SUPLEMENTADOS CON FRUTOS COMO FUENTE DE ANTIOXIDANTES NATURALES Y ÁCIDOS GRASOS CONJUGADOS. ESTUDIO DE UN MODELO DE NEGOCIOS COMO UNA OPCIÓN PARA PRODUCTORES RURALES”**

**Consuelo Isabel Gómez<sup>(1)</sup>, Patricia del Carmen Luna Pizarro<sup>(1)</sup>, Silvia Graciela Maidana Iriarte<sup>(1)</sup>, Adriana Margarita Apaza<sup>(1)</sup>, Claudia Fabiana Valdiviezo Corte<sup>(1)</sup> y Sandra Adriana Giunta<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca 10, San Salvador de Jujuy, Argentina.

<sup>(2)</sup>.

\*Correo Electrónico: [cgomez@unju.edu.ar](mailto:cgomez@unju.edu.ar)

## RESUMEN

*En los proyectos de investigación se presentan obstáculos y es necesario tomar decisiones, introducir cambios y adaptaciones para obtener resultados. Este trabajo sintetiza la utilización de Metodología Ágil Scrum para la gestión de un proyecto de investigación del área de alimentos. SCRUM posibilita establecer prioridades, introducir cambios, revisar, replanificar, adaptar y obtener resultados a corto plazo.*

## ABSTRACT

*In the research projects obstacles are presented and decisions are necessary, introducing changes and adaptations to obtain results. This work synthesizes the use of Agile Scrum methodology for the management of a food area research project. Scrum allows you to establish priorities, introduce changes, review, replenish, adapt and obtain short-term results.*

*Palabras Clave: Metodologías ágiles, Scrum, Cliente, Facilitador, antioxidante/ Agile Methodologies, Scrum, Sprints, Product Owner, Scrum Master, antioxidants*

## Introducción

La gestión tradicional de proyectos se realiza con la metodología en cascada, donde las actividades son secuenciales lineales, los resultados de las actividades posteriores dependen de las anteriores, son generales y no pueden ser redefinidas ni cambiadas, al igual que el rol de los participantes del proyecto. Con metodologías ágiles se realizan entregas parciales y a corto plazo, que se van cumpliendo y permite retroalimentaciones durante la ejecución de todo el proyecto, permite introducir cambios de manera dinámica, priorizar las actividades, el cliente participa de manera activa y en constante retroalimentación a medida que se hacen las entregas. El equipo de trabajo autogestiona el proyecto, todos trabajan de manera colaborativa, tienen la autoridad para organizar su trabajo y asumen el compromiso. En caso de fallar o equivocarse lo más rápido posible estos riesgos se mitigan anticipadamente en situaciones de alto riesgo, lo cual para un equipo de investigación es una metodología que le permite minimizar los riesgos y los costos.

## Materiales y Métodos:

Participantes necesarios del proyecto:

- Product Owner (Cliente): es uno de los roles más importantes a establecer, en caso que en la investigación no tengamos un cliente definido un miembro del equipo debe asumir el rol, debe encargarse de que exista una priorización clara de los objetivos, debe colaborar con el equipo para planificar, revisar y priorizar los objetivos de cada iteración (sprint). En nuestro caso es un miembro del equipo.
- Scrum Master (Facilitador): se encarga de quitar los obstáculos para que el equipo logre los objetivos de cada iteración.
- Team (Equipo de trabajo): Conformado con 5 a 9 personas incluidas el Product Owner y el Scrum Master, multidisciplinar y autónomo, se auto organizan y son responsables de su trabajo en cada iteración y en el proyecto.

En la Fig. 1 se muestran en el modelo del proyecto SCRUM como interactúan e intervienen en las diferentes etapas los participantes con los roles que asumen, su relación con las herramientas y las actividades que se llevan a cabo.

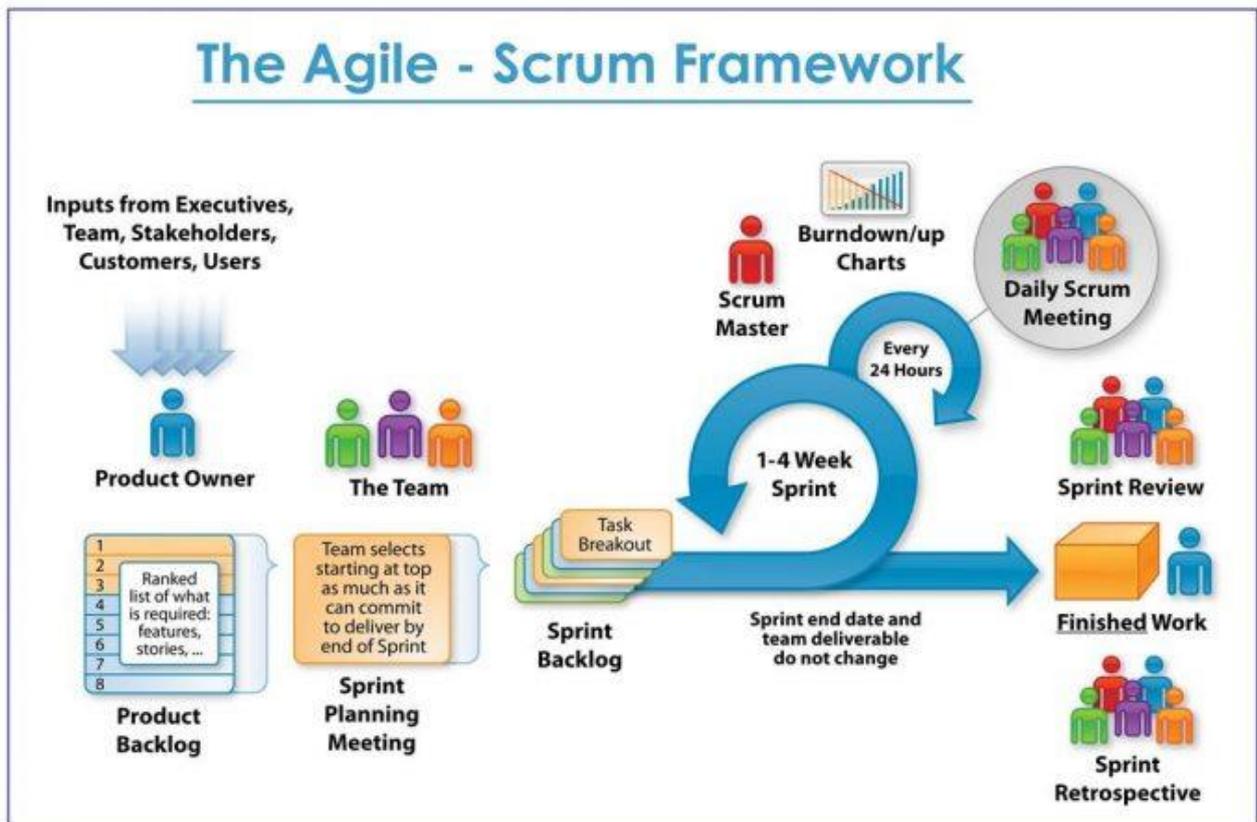


FIG. 1: Modelo de proyecto Scrum

Herramientas para llevar a cabo el proyecto:

- Product Backlog (Lista objetivos priorizados): El Product Owner es el responsable de crear y gestionar la lista con ayuda del Scrum Master. No hace falta que la lista esté completa o detallada, se podrá ir incorporando requisitos menos importantes a medida que vayan apareciendo. Por ejemplo muestras
- Sprint Backlog (Lista de tareas de la iteración): es una planificación táctica del sprint actual para ello realiza un Sprint Planning Meeting. La lista permite ver el avance de las tareas y donde el equipo tiene dificultades para tomar decisiones, Ej. Definición de la muestra, Preparación de la muestra, entre otras
- Burndown chart (Gráficos de trabajos pendientes): es un gráfico de trabajo pendiente muestra el tiempo en el que se están alcanzando los objetivos.

Las actividades que se realizan con la metodología:

- Sprint Planning (Planificación de la iteración): el primer día del sprint se realiza la reunión de planificación que consta de dos partes;
  - Selección de requisitos: el cliente presenta los requisitos priorizados de la lista, el equipo consulta dudas y elige los requisitos más prioritarios que le permiten completar el sprint.
  - Planificación del Sprint: El equipo elabora la lista completa de tareas necesarias para completar el sprint
- Sprint (Ejecución de la iteración): El Scrum Master se encarga de que el equipo mantenga el foco para cumplir los objetivos, el cliente se reúne con el equipo revisa la lista de requisitos y si es necesario realizan los cambios y replanificación de los objetivos del proyecto.
- Daily Scrum Meeting (Reunión diaria de sincronización del Equipo): Cada día se realiza una reunión de 15 minutos del equipo y se inspecciona el trabajo que cada uno está realizando, se realizan las adaptaciones necesarias para lograr el objetivo.
- Sprint Review (Demostración de los requisitos completados): El equipo presenta al cliente los resultados completados en el sprint, podrá hacer cambios desde el primer sprint, replanificando el proyecto.
- Sprint Retrospective (Retrospectiva): El equipo analiza cómo ha realizado su trabajo, identifica los problemas que pueden ser un obstáculo avanzar adecuadamente.
- Product Backlog Refinement (Refinamiento de la lista de requisitos y cambios en el proyecto): se realiza unos días antes que termine el sprint.

## Resultados

Para implementar la metodología se capacita al equipo y se definen los roles de los participantes, la definición del rol de Product Owner resulta la más compleja.

El equipo define de manera conjunta el Product Backlog, elige los principales objetivos que considera prioritarios, elabora el Sprint Backlog de la primera etapa del proyecto.

La metodología permite al equipo trabajar con entusiasmo ya que acompaña las diferentes situaciones del proceso del proyecto, permitiendo documentar, revisar los sprint, de acuerdo a los resultados obtenidos realizar los cambios necesarios en los sprint, cuantificar el uso de los recursos para determinar el costo de los resultados del Proyecto de investigación.

## Conclusiones

Se pueden mencionar algunas conclusiones del uso de la metodología en el proyecto de investigación, sobresale la adaptación de la metodología a la dinámica del trabajo del equipo y al proyecto. La revisión continua involucra al equipo, le permite obtener información, procesarla y analizarla, para corregir y ajustar constantemente, logrando la mejora continua del proyecto en general.

La comunicación diaria le permite conocer el impacto del trabajo de otros miembros del equipo en el propio y las necesidades que tienen. Permite a cada miembro la autogestión del proyecto y organizarse con autonomía en su trabajo, asumiendo su responsabilidad para completar los sprints.

Disminuye los riesgos ya que no se deja ninguna actividad arriesgada para el final del proyecto, los fallos y equivocaciones se realizan en la etapa temprana del proyecto, evitando llegar al final del proyecto para reformular.

## REFERENCIAS

1. Qué es Scrum recuperado de <https://proyectosagiles.org/que-es-scrum/>
2. Clasificación de Product Owner recuperado de <http://businessagilitycorp.com/wp-content/uploads/2020/11/Clasificacion-de-Product-Owners.pdf>
3. FIG 1 recuperado de <https://edelalon.com/blog/2017/09/scrum/>
4. Ramificación para Scrum recuperado de <https://docs.microsoft.com/es-es/archive/blogs/billheys/branching-for-scrum>

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**CONOCIMIENTO LOCAL SOBRE PLANTAS FORRAJERAS EN SANTIAGO DEL  
ESTERO**

**Enrique Roger y Manuel O. Palacio**

*Catedra Botánica Forestal y Jardín Botánico “Ing. Lucas D. Roic”, Facultad de Ciencias Forestales,  
Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avda. Belgrano (s) 1912 Santiago del Estero,  
Argentina.*

[mpalacio@unse.edu.ar](mailto:mpalacio@unse.edu.ar) / [eroger@unse.edu.ar](mailto:eroger@unse.edu.ar)

**RESUMEN**

*La actividad silvoganadera tradicional es una de las principales estrategias socio-productivas en poblaciones rurales de Santiago del Estero, y las especies que alimentan al ganado tienen un rol destacado en dicha actividad. El objetivo de este trabajo fue recopilar información referida a las plantas del bosque que son reconocidas y empleadas en la alimentación de distintos tipos de ganados en áreas rurales de la provincia de Santiago del Estero. Mediante encuestas a pequeños y medianos productores rurales y a campesinos de 16 departamentos de la provincia de Santiago del Estero se procuró información sobre las plantas usadas en la alimentación del ganado, las partes y/u órganos vegetales empleados y el tipo de ganado con el que se las relaciona. El conocimiento se socializó en talleres y caminatas etnobotánicas. Se relevó la vegetación en áreas aledañas a los sitios productivos; se recolectó y herborizó el material vegetal, y una vez determinado, se depositó en el Herbario SDE, de la FCF-UNSE. Un total de 198 especies fueron reconocidas por su aptitud forrajera, incluidas en 122 géneros y 58 familias botánicas. La mayoría de ellas son Angiospermas, aunque también Helechos, Licofitos y Gimnospermas. Las familias mejor representadas fueron Fabaceae (18% de las especies) y Poaceae (13%). Para la alimentación del ganado se emplean principalmente hojas y frutos, aunque también se recurre a flores, tallos y la planta entera. Las especies señaladas como forrajeras representan el 16,5 % del total de la flora santiagueña relevada hasta el momento, lo que da cuenta de la riqueza y el valor otorgado a este grupo de plantas.*

**ABSTRACT**

*Traditional silvopastoral activity is one of the main socio-productive strategies in rural populations of Santiago del Estero, and the species that feed livestock have a prominent role in this activity. The objective of this work was to collect information regarding the forest plants that are recognized and used in the feeding of different types of cattle in rural areas of the province of Santiago del Estero. Through surveys of small and medium-sized rural producers and peasants from 16 departments of the province of Santiago del Estero, information was obtained on the plants used in livestock feed, the plant parts and or organs used, and the type of livestock with which they are fed relates them. The knowledge was socialized in workshops and ethnobotanical walks. The vegetation in areas surrounding the production sites was surveyed; the plant material was collected and herborized, and once determined, it was deposited in the Herbarium SDE, of the FCF-UNSE. A total of 198 species were recognized for their forage aptitude, included in 122 genera and 58 botanical families. Most of them are Angiosperms, although there are also Ferns, Lycophytes and Gymnosperms. The best represented families were Fabaceae (18% of the species) and Poaceae (13%). For cattle feed, leaves and fruits are mainly used, although flowers, stems and the entire plant are also used. The species identified as forage represent 16.5% of the total flora of Santiago surveyed to date, which accounts for the richness and value given to this group of plants.*

**Palabras clave:** plantas forrajeras, flora nativa, etnoflora, flora santiagueña

## Introducción

En diversos ambientes y culturas, numerosas plantas son reconocidas y empleadas en la alimentación de distintos tipos de ganado, por lo que existe entre pobladores rurales y productores un vasto conocimiento sobre sus partes útiles y técnicas de uso. Estas “plantas forrajeras” adquieren un significativo valor para la ganadería en zonas áridas y semiáridas. Este saber local que vincula a las plantas con esta actividad productiva es el resultado de siglos de procesos de observación y prueba, y ha llegado a la actualidad mediante la transmisión intergeneracional, por lo que se considera esencial su recuperación e incorporación a planes de desarrollo sustentable.

En Santiago del Estero, algunos trabajos como los de Carrizo y Palacio (2010, 2013) y Riat (2012), informan sobre la aptitud forrajera de algunas especies de la flora santiagueña, refiriéndose la importancia de estas plantas, algunas de las cuales forman parte de la flora nativa de Santiago del Estero y confirmando el estrecho vínculo entre las poblaciones rurales y la vegetación de su entorno, a la que recurre cotidianamente con distintos fines.

El objetivo de este trabajo fue recopilar información referida a las plantas del bosque que son reconocidas y empleadas en la alimentación de distintos tipos de ganados en áreas rurales de la provincia de Santiago del Estero.

## Materiales y Métodos

El área de estudio abarcó 16 departamentos de la provincia de Santiago del Estero, en los que se encuentran representados los principales tipos de vegetación, tales como bosques de llanura, bosques de serranías, estepas halófilas, sabanas, los bajos submeridionales. Los departamentos en los que trabajó fueron: Alberdi, Atamisqui, Banda, Capital, Copo, Choya, Figueroa, Guasayán, Ojo de Agua, Pellegrini, Río Hondo, Robles, San Martín, Silipica, Salavina y Quebrachos.

Para obtener la información sobre el conocimiento sobre las plantas de aptitud forrajera, se aplicaron encuestas y entrevistas semiestructuradas a informantes claves, a pequeños y medianos productores y pobladores rurales radicados en las áreas en las que se desarrolla la actividad. Se recabaron datos sobre las plantas forrajeras conocidas, las partes u órganos vegetales consumidos y el tipo de ganado que las consume. Se efectuaron talleres comunitarios y caminatas etnobotánicas para compartir los saberes de los informantes y para reconocer las plantas en su ambiente.

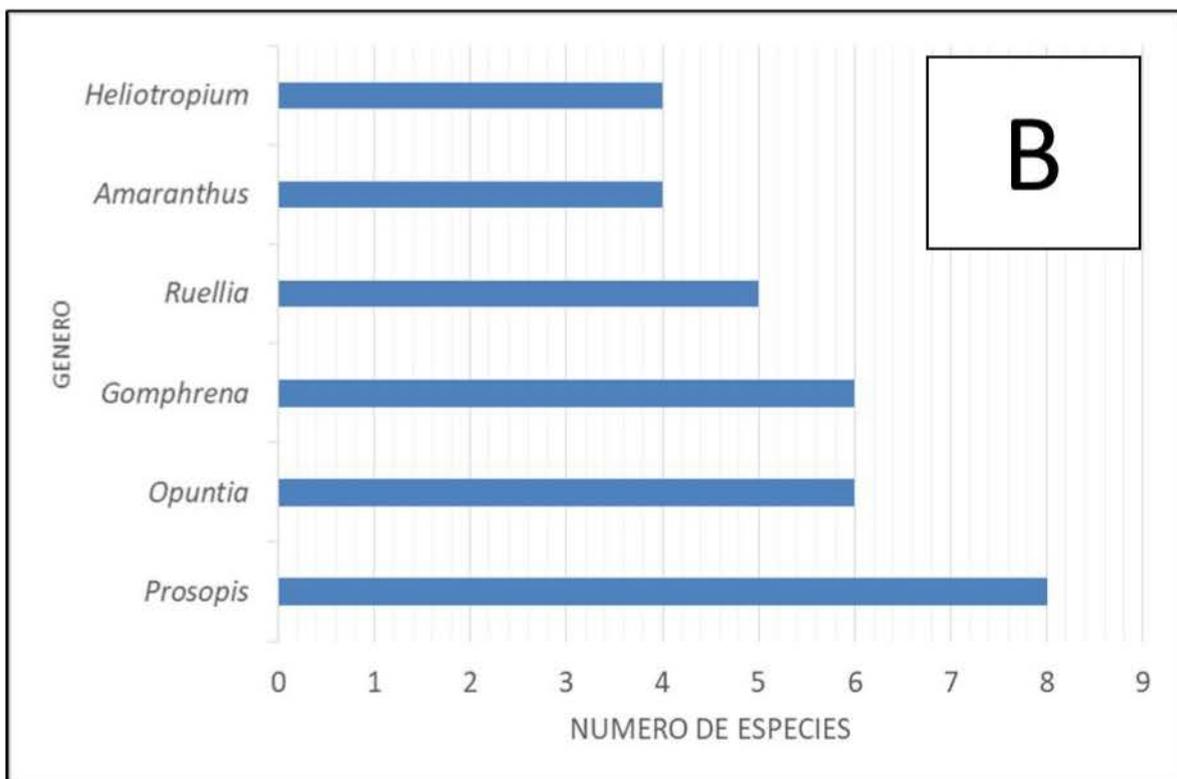
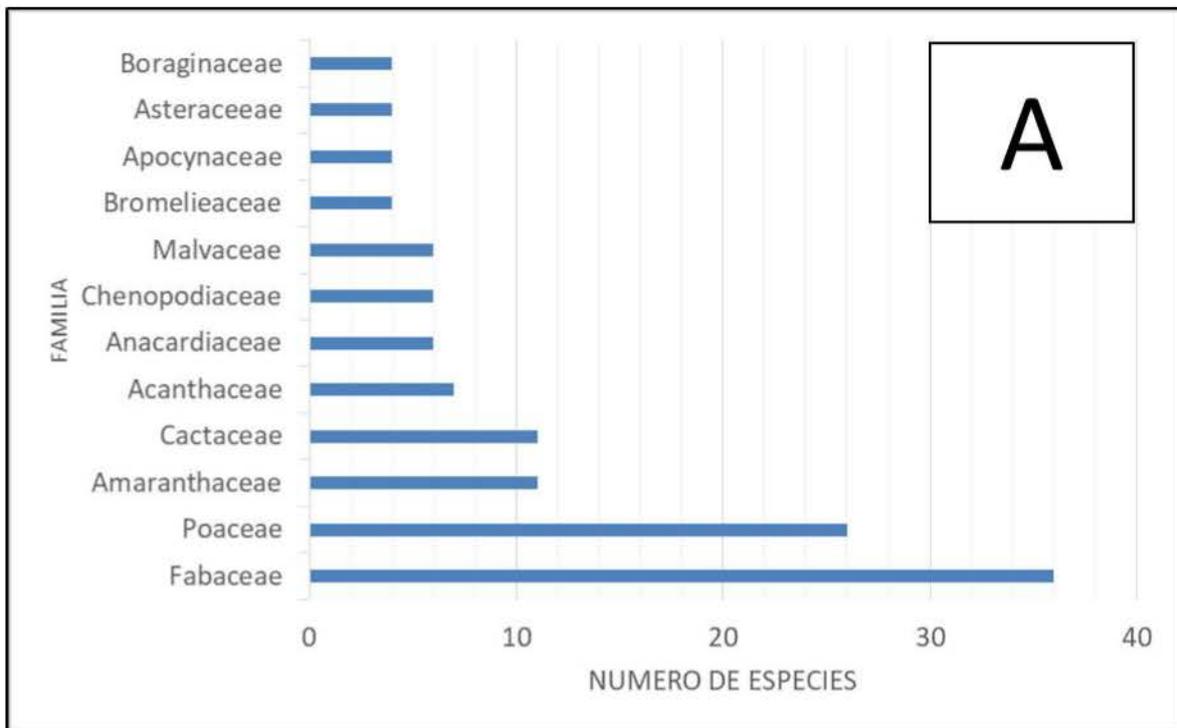
Para el relevamiento de la vegetación, y según el tipo de terreno en el que se trabajó, se definieron parcelas circulares de 78 m<sup>2</sup> y longitudinales de 1000 m<sup>2</sup> en las que registró presencia, hábito estado fenológico y abundancia. Se recolectó y herborizó material el cual, una vez determinado, se depositó en el Herbario SDE del Jardín Botánico “Ing. Lucas D. Roic” de la Facultad de Ciencias Forestales-UNSE. Para el tratamiento taxonómico de las especies se siguió el Sistema APG y en la asignación de los nombres científicos actuales se tuvieron en cuenta las bases de datos botánicos The World Flora On Line y Flora Argentina.

## Resultados

Un total de 198 especies fueron reconocidas por su aptitud forrajera, las que se encuentran incluidas en 122 géneros y 58 familias botánicas. La mayoría de ellas pertenecen al clado de las Angiospermas, aunque también se encuentran representantes de Helechos, Licofitos y Gimnospermas. Las familias mejor representadas fueron Fabaceae (con el 18% de las especies) y Poaceae (13%) que junto a otras 10 familias son las de mayor aporte forrajero local (Figura 1). Son 6 los géneros de mayor diversidad forrajera (Figura 1) y dentro de la familia Fabaceae el género con mayor número de especies es *Prosopis* L., seguido por *Senegalia* y *Vachellia*.

Para la alimentación del ganado se emplean principalmente hojas y frutos, aunque también se recurre a flores, tallos y la planta entera.

Las plantas referidas sirven como forraje preferentemente para el ganado caprino y vacuno, aunque también se registran especies vegetales que sirven de alimento a cerdos y aves de corral.



**Figura 1. A.** Familias forrajeras mejor representadas en la flora Santiago del Estero. **B.** Géneros forrajeros mejor representadas en la flora Santiago del Estero.

## Discusiones y Conclusiones

Las especies señaladas como forrajeras representan el 16,5 % del total de la flora santiagueña relevada hasta el momento, lo que evidencia la riqueza y el valor de este grupo de plantas.

El presente trabajo amplía considerablemente el número de especies señaladas por sus atributos como forrajeras si se tiene en cuenta hasta el presente fueron citadas 40 especies vinculadas a la alimentación del ganado (Carrizo y Palacio, 2012, 2013; Riat, 2012; Togo, 1990), e incorpora a la nómina numerosas plantas herbáceas, grupo biológico con escasa representación en estudios previos.

Para regiones semiáridas como lo son las áreas que formaron parte de este estudio, la incorporación de las plantas del entorno es una herramienta indispensable para la alimentación del ganado, cualquiera sea el sistema de cría que se emplea, por lo que este saber local que permite identificarlas y deja constancia de sus propiedades se convierte en una información útil en procesos de diseño y gestión de planes integrados de manejo.

Por último queda remarcado una vez más el rol del monte como principal proveedor de recursos básicos para el desarrollo de actividades productivas en contextos rurales, tales como la ganadería en pequeña y mediana escala, lo que justifica el desarrollo de acciones y estrategias que propendan a su conservación y su uso sostenible, con especial atención a la protección de aquellas especies palatables para el ganado.

## Referencias

1. Carrizo, E. V., y M. O. Palacio, "Árboles y arbustos nativos como recurso forrajero en Santiago del Estero, República Argentina"; Memorias in Extenso del VII Simposio internacional sobre la flora silvestre en zonas áridas (2010), p. 1-10.
2. Carrizo, E. V., y M. O., "Empleo de plantas nativas en poblaciones rurales de Santiago del Estero"; Hacia la construcción del desarrollo agropecuario y agroindustrial de la FAyA al NOA (2013), p. 269-284.
3. Riat, P., "Conocimiento campesino, el "monte santiagueño" como recurso forrajero"; Trabajo y Sociedad 19 (2012), p. 477-491.
4. Togo, J., M. Basualdo, y N. Urtubey, "Aprovechamiento socio-económico de la flora autóctona de Santiago del Estero (Listado de especies y uso popular más frecuente)"; Indoamérica 3 (1990), p. 1-161.

## ACCIÓN INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE HOJAS DE SCHINUS AREIRA

Valeria Tapia Mattar<sup>(1)\*</sup>, José L. Borioni<sup>(2)</sup>, Axel Hollmann<sup>(3)</sup> y  
Sergio A. Rodríguez<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA), Universidad Nacional de Santiago del 7 Estero (UNSE)  
, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>(2)</sup> Instituto de Investigaciones en Físico Química de Córdoba (INFIQC-CONICET). Departamento de Química  
Orgánica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba.

<sup>(3)</sup> Laboratorio de Compuestos Bioactivos, Centro de Investigación de Biofísica Aplicada y Alimentos  
(CIBAAL)-CONICET- Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE).

\*Correo Electrónico: [valeriatapiamattar@gmail.com](mailto:valeriatapiamattar@gmail.com)

### RESUMEN

*Prosopis Alba* (Algarrobo blanco) es una de las especies nativas más importantes de nuestro país. Los insectos de la familia Bruchinae, conocidos comúnmente como brúquidos, se alimentan de sus semillas afectando de manera significativa la calidad nutricional del fruto. Lo que genera pérdidas económicas muy grandes a los productores de harinas de algarrobo y subproductos derivados. Los riesgos asociados al uso de insecticidas sintéticos han llevado al crecimiento de alternativas ambientalmente sostenibles. Los aceites esenciales (AE) de las plantas representan una importante fuente de insecticidas ecológicos, ya que son biodegradables y no presentan efectos tóxicos contra humanos y animales. En estudios anteriores se demostró la capacidad insecticida del AE de las hojas de *Schinus areira* L. (Anacardiaceae) frente al principal insecto plaga de las vainas de algarrobo blanco *Rhipibruchus picturatus*. El presente trabajo propone como objetivo principal evaluar el mecanismo de acción insecticida de dicho aceite frente al brúquido *R. picturatus*. Para cumplir con este objetivo se estudió la interacción del AE con la enzima acetilcolinesterasa (AChE) extraída del insecto. El AE de las hojas de *S. areira* demostró una inhibición *in vitro* de la AChE de insectos, dependiente de la dosis, con un valor de concentración necesaria para inhibir el 50% de la actividad enzimática (IC50) de 0,62 mg/ml. Para comprender el tipo de inhibición de AChE se obtuvieron gráficos recíprocos a diferentes concentraciones de sustrato, determinándose que la inhibición fue competitiva. Además, se realizaron estudios de Docking molecular entre dos AChE los que sugieren que los componentes principales de los AE de *S. areira* se unen al sitio activo de la enzima. 1-epicadinol fue aislado mediante cromatografía en columna y se evaluó la inhibición frente a la AChE. Teniendo en cuenta que el 1-epi-cadinol a la concentración ensayada corresponde a unos 0,24 mg/ml de AE podemos confirmar que este componente es el responsable de la inhibición enzimática.

### ABSTRACT

*The Prosopis Alba* (Algarrobo blanco) is one of the most important native species of Argentina. Insects of the Bruchinae family, known as bruchids, feed on the seed of the tree, significantly affecting the nutritional quality of the fruit. This generates large economic loss for producers of flour and by-products of the tree. The risks associated with the synthetic insecticides used to control this insect have led to the growth of environmentally sustainable alternatives. The essential oils (EO) of plants represent an important source of ecological insecticides because they are biodegradable and don't represent a risk of toxicity to humans or animals. Previous studies, have demonstrated the insecticidal capacities of EO from *Schinus areira* L. (Anacardiaceae) leaves against the main pest insect (*Rhipibruchus picturatus*) of the fruit of algarrobo blanco. The aim of this work is to evaluate the mechanism of insecticidal activity of the EO, against the

bruchid *R. picturatus*. To achieve this we studied the interaction of the EO with the enzyme acetylcholinesterase (AChE), extracted from the insect. The EO of the leaves of *S. areira* demonstrated that the inhibition in vitro of the (AChE) of insects depends on the dose, with a value of IC<sub>50</sub> of 0,62mg/ml. To understand the type of inhibition on AChE, we obtained reciprocal graphics in different substrates concentrations, determining that the inhibition was competitive. In addition, molecular Docking studies were performed between two AChE suggesting that the main components of *S. areira* EO, bind to the active site of the enzyme. 1-epicadinol was isolated using column chromatography and its capacity to inhibit AChE was evaluated. Having in consideration that the 1-epicadinol in this concentration corresponds to 0,24mg/ml of EO, we can confirm that this component has the responsibility for the enzymatic inhibition.

**Palabras Clave:** algarrobo blanco, brúquidos, insecticidas ecológicos, aceites esenciales.

## Introducción

*Prosopis Alba* Griseb. (Algarrobo blanco) es una de las especies nativas más importantes de nuestro país y tiene una extensa área de distribución que incluye los ecosistemas forestales de toda la Región Chaqueña de Argentina. Además está presente en Brasil, Paraguay y Bolivia. Su fruto, la algarroba, constituye una fuente muy importante de carbohidratos y de proteínas. Es por esto que se utiliza principalmente como aporte nutricional para el ganado y actualmente como recurso alimenticio humano en la elaboración de productos con valor agregado como alfajores, budines, café o cacao, entre otros.

Los insectos de la familia Bruchinae, conocidos comúnmente como brúquidos, se alimentan de las semillas presentes en el fruto de los algarrobos afectando de manera significativa la calidad nutricional de la algarroba y por consiguiente produciendo pérdidas económicas muy grandes a los productores de harinas de algarrobo y subproductos derivados [1]. El control de estos insectos depende principalmente de la aplicación continua de insecticidas sintéticos, los cuales producen perturbaciones en el medio ambiente, aumentando los efectos letales sobre organismos no objetivos, además de la toxicidad directa para los usuarios [2]. Así, los riesgos asociados al uso de estos productos han llevado al crecimiento de alternativas ambientales sostenibles. Los aceites esenciales de las plantas son metabolitos secundarios valiosos, de gran aplicación en la industria farmacéutica, sanitaria, cosmética y agrícola. Estos compuestos representan una importante fuente de insecticidas ecológicos, ya que son biodegradables y no presentan efectos tóxicos contra humanos y animales. Además, son ambientalmente inocuos comparados con los insecticidas convencionales.

*Schinus areira* L. (Anacardiaceae) es un árbol conocido comúnmente como “aguaribay”, siendo una especie nativa del Noroeste Argentino. Los aceites esenciales derivados de sus hojas y frutos han sido empleados con diversos propósitos.<sup>3</sup> Previamente se determinó que el aceite esencial de sus hojas posee actividad insecticida frente al principal insecto plaga de sus semillas, el brúquido *Rhipibruchus picturatus* K. [4]. El objetivo principal de este trabajo es estudiar el mecanismo de acción insecticida del aceite esencial de las hojas de *S. areira* y de su principal componente, 1- epicadinol. Se evaluó la inhibición in vitro de la acetilcolinesterasa (AChE) de *Rhipibruchus picturatus* por el AE y el 1-epicadinol. Luego, se estudió la energía de unión de los principales compuestos del AE mediante ensayos de Docking molecular empleando como enzimas modelo Acetilcolinesterasa de *Torpedo californica* (TcAChE) y de *Anopheles gambiae* (AgAChE).

## Materiales y Métodos

**Inhibición in vitro de AChE:** La inhibición se estimó siguiendo el método modificado de Ellman et al., 1961. Los extractos con enzima AChE se prepararon macerando 10 insectos brúquidos en buffer Tris-HCl (pH 8). La muestra se centrifugó a 8000 rpm, 12 minutos y se utilizó el sobrenadante. Luego, diferentes cantidades de AE de hojas de *S. areira* se incubaron con el extracto a 37°C. Después de la incubación, la reacción se realizó en una microplaca de 96 viales a 37 °C. La mezcla de reacción, contenía el extracto con AChE, AE de *S. areira*, DTNB en buffer Tris-HCl (pH 8) y yoduro de acetilcolina (52,8 mM). El control contenía lo mismo sin el AE.

Luego se controló durante 30 min, registrando la absorbancia a 405 nm. El porcentaje de inhibición de AChE debido al AE se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

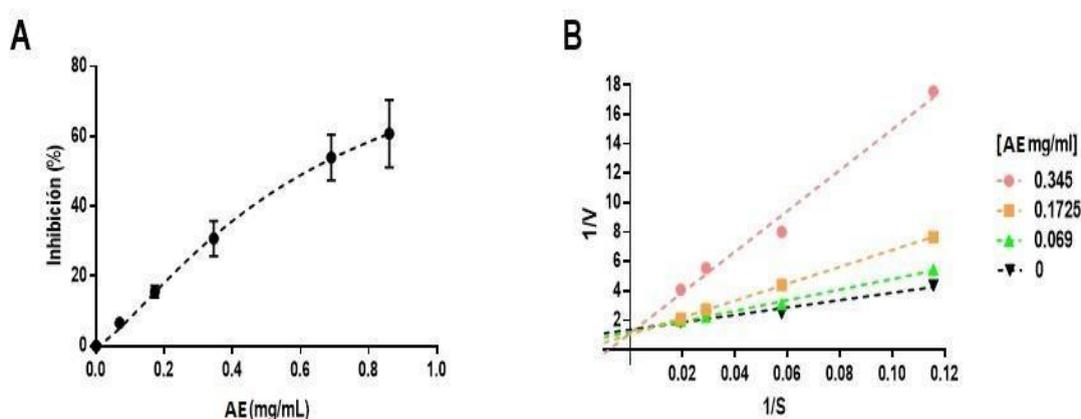
$$\text{Inhibición \%} = \left(1 - \frac{\Delta \text{Absorbancia}_{405} \text{ de la muestra con AE}}{\Delta \text{Absorbancia}_{405} \text{ del control}} \times 100\right)$$

La naturaleza de la inhibición se determinó a partir del gráfico de Lineweaver-Burk obtenido con diferentes cantidades de sustrato y de AE de hojas de *S. areira*.

Docking molecular: Para establecer los posibles compuestos responsables de la inhibición enzimática se realizó un análisis de acoplamiento molecular. TcAChE y AgAChE fueron seleccionados como receptores. El último está presente en los mosquitos y es usado como modelo de estudio para las familias de insectos. Como ligandos de AChE se utilizaron los principales compuestos presentes en los AE de *S. areira*.

## Resultados

El AE de las hojas de *S. areira* demuestra una inhibición in vitro de la AChE de insectos, dependiente de la dosis, con un valor de IC<sub>50</sub> de 0,62 mg/ml (Figura 1A). Para comprender el tipo de inhibición de AChE se obtuvieron gráficos recíprocos a diferentes concentraciones de sustrato (Figura 1B), en los cuales se observó que la inhibición enzimática debida al AE disminuye cuando aumenta la concentración de sustrato. Además, la Km se desplazó con el aumento de la concentración del inhibidor, indicando que la inhibición fue competitiva.



**Figura 1.** Inhibición in vitro de AChE por el AE de hojas de *S. areira*. A) Efecto inhibitorio de la actividad de AChE en función de la concentración del AE. B) Gráfico de doble recíprocos a diferentes concentraciones de AE (Lineweaver-Burk).

Los estudios de Docking molecular con ambas AChE sugieren que los componentes principales de los AE de

*S. areira*, con 1-epi-cadinol como uno de los mayoritarios, se unen al sitio activo de la enzima. El 1-epi-cadinol, fue determinado previamente como componente mayoritario, representando el 34,06

% de la masa total del aceite de *S. areira*. Este componente fue aislado mediante cromatografía en columna y se evaluó la inhibición frente a AChE, siguiendo la misma metodología empleada para el AE de hojas de *S. areira*. Teniendo en cuenta que el 1-epi-cadinol a la concentración ensayada corresponde a unos 0,24 mg/ml de EO podemos confirmar que este componente es el responsable de la inhibición enzimática.

## Conclusiones

El ensayo de inhibición in vitro de AChE demuestra que el AE de las hojas reduce la actividad de AChE de *R. picturatus* de forma competitiva. Esto significa que el inhibidor se une a los sitios activos en AChE y previene las uniones de Ach (acetilcolina).

Además, el estudio de Docking molecular permite concluir que uno de los mejores ligandos para la enzima AChE es el sesquiterpenoide 1-epi-cadinol. Finalmente, mediante el uso de 1-epi-cadinol purificado se confirmó que este componente es responsable de la inhibición de la AChE.

## Agradecimientos

MINCYT (PICT 2017-0327), UNSE (PI-UNSE 23A/244 y PI-UNSE 23A/249)

## Referencias

1. Zimmermann, H.G. (1991). Biological control of mesquite, *Prosopis* spp. (Fabaceae), in South Africa. *Agric.Ecosyst. Environ.*, 37, 175-186. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(91\)90145-N](https://doi.org/10.1016/0167-8809(91)90145-N).
2. Koul, O., Walia, S., & Dhaliwal, G. (2008). *Biopestic Int*, 4, 63.
3. Andrea Cutró, Manuel Rosales, Anike Ferreyra Maillard, Axel Hollmann & Sergio A. Rodriguez (2021). Aportes de la Faya para el desarrollo. Investigaciones para la valorización integral y el aprovechamiento de nuestros recursos naturales. Santiago del Estero: Bellas Alas Editorial.
4. Cutro, A. C., Castelli, M. V., López, S. N., Rosales, M. A., Hollmann, A., & Rodriguez, S. A. (2021). Chemical composition of *Schinus areira* essential oil and antimicrobial action against *Staphylococcus aureus*. *Natural Product Research*, 17, 2931–2936. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1675065>.

## EVALUACIÓN ECOFISIOLÓGICA DE CULTIVOS DE HIERBABUENA (MENTHA SPICATA) FERTILIZADOS CON UREA Y VERMICOMPOST

Diego A. Meloni Diego<sup>(1)\*</sup>, Julia A. Lescano<sup>(1)</sup>, José A. Bezerra da Silva<sup>(2)</sup> y Rosa E. Beltrán<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>INDEAS, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup> Universidade Federal do Vale São Francisco, Av. Antônio Carlos Magalhães 510, Juazeiro, BA, Brasil.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [dmeloniunse@gmail.com](mailto:dmeloniunse@gmail.com)

### RESUMEN

La provincia de Santiago del Estero presenta condiciones agroecológicas apropiadas para el cultivo de menta (*Mentha spicata* L.). Pese a ello, existen pocas referencias sobre la respuesta de dicha especie a la fertilización. Este trabajo tuvo como objetivo contrastar alternativas para la fertilización de cultivos de menta en Santiago del Estero, evaluando sus respuestas fisiológicas. Se realizó un ensayo de campo en la localidad de El Zanjón (Santiago del Estero), bajo riego, consistente en un testigo sin fertilizar, y tres tratamientos de fertilización: 0,15 t ha<sup>-1</sup> de urea, 5 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost, y 10 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost, respectivamente. Los cultivos se cosecharon manualmente en plena floración, y el material se secó en estufa a 40°C. En ese material se determinó el rendimiento en aceites esenciales, y se cuantificaron las concentraciones de Ca, P, y Mg. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 10 repeticiones, y los resultados se analizaron con ANOVA y test de Tukey. Todos los tratamientos de fertilización incrementaron el rendimiento en aceites esenciales, con respecto al testigo. El mayor rendimiento obtenido fue del 2%, y correspondió a tratamiento fertilizado con 5 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost. La composición mineral no fue afectada por la fertilización con urea. Las concentraciones de P, Ca y Mg se incrementaron en los tratamientos fertilizados con vermicompost, siendo mayores en la dosis de 5 t ha<sup>-1</sup> con respecto a 10 t ha<sup>-1</sup>. Se concluye que la fertilización con 5 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost es la más apropiada para incrementar la producción de aceites esenciales y mejorar la nutrición mineral del cultivo de menta en Santiago del Estero.

### ABSTRACT

The province of Santiago del Estero presents agroecological conditions appropriate for the cultivation of mint (*Mentha spicata* L.). Despite this, there are few references on the response of this species to fertilization. The objective of this work was to contrast alternatives for the fertilization of mint crops in Santiago del Estero, evaluating their physiological responses. A field trial was carried out in the town of El Zanjón (Santiago del Estero), under irrigation, consisting of a control without fertilization, and three fertilization treatments: 0.15 t ha<sup>-1</sup> of urea, 5 t ha<sup>-1</sup> of vermicompost, and 10 t ha<sup>-1</sup> of vermicompost, respectively. Cultures were harvested manually at full bloom, and the material was oven dried at 40°C. In that material, the yield of essential oils was determined, and the concentrations of Ca, P, and Mg were quantified. A randomized block experimental design with 10 replications was used, and the results were analyzed with ANOVA and Tukey's test. All fertilization treatments increased the yield of essential oils, with respect to the control. The highest yield obtained was 2%, and corresponded to treatment fertilized with 5 t ha<sup>-1</sup> of vermicompost. The mineral composition was not affected by urea fertilization. The concentrations of P, Ca and Mg increased in the treatments fertilized with vermicompost, being higher in the dose of 5 t ha<sup>-1</sup> compared to 10 t ha<sup>-1</sup>. It is concluded that fertilization with 5 t ha<sup>-1</sup> of vermicompost is the most appropriate to increase the production of essential oils and improve the mineral nutrition of the mint crop in Santiago del Estero.

**Palabras clave:** aceites esenciales – nutrición mineral – especies aromáticas

## Introducción

Menta (*Mentha spicata* L.) es una especie muy demandada por la industria, debido a las propiedades de sus aceites esenciales [1]. Para satisfacer la demanda creciente de este producto, es necesario incrementar el rendimiento en aceites esenciales. Una alternativa es el uso de fertilizantes, tanto de síntesis como orgánicos. Entre estos últimos se destaca el vermicompost, con menor impacto sobre el medioambiente [2].

Este trabajo tuvo como objetivo contrastar alternativas para la fertilización de cultivos de menta en Santiago del Estero, evaluando sus respuestas fisiológicas.

## Materiales y métodos

Se realizó un ensayo de campo en la localidad de El Zanjón, Santiago del Estero. El cultivo se implantó a principios de diciembre. El experimento constó de un testigo sin fertilizar, y tres tratamientos de fertilización: 0,15 t ha<sup>-1</sup> de urea al 46%, 5 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost, y 10 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost, respectivamente. En la Tabla 1 se detallan las principales propiedades fisicoquímicas del suelo y del vermicompost.

Tabla 1. Conductividad eléctrica (CE), pH, carbono orgánico total (COT) y nitrógeno total (NT) del suelo y del vermicompost.

Variable	Suelo	Vermicompost
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,57	0,80
pH	8,10	7,90
COT (%)	1,35	5,70
NT (%)	0,13	0,58

Se realizaron riegos periódicos, para garantizar una humedad óptima en el suelo. Durante el ensayo, la temperatura media fue de 27,1 °C, y la humedad relativa de 59%. El cultivo se cosechó manualmente en plena floración, y el material se secó en estufa a 40 °C. En dicho material se determinó el rendimiento en aceites esenciales, mediante destilación por arrastre de vapor, y se cuantificaron las concentraciones de Ca, P, y Mg, mediante espectrometría de masa con plasma acoplado inductivamente [3]. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 10 repeticiones, y los resultados se analizaron con ANOVA y test de Tukey mediante el paquete estadístico Infostat versión 2020p.

## Resultados

Todos los tratamientos de fertilización incrementaron el rendimiento en aceites esenciales, con respecto al testigo (Tabla 2). El mayor rendimiento obtenido fue del 2%, y correspondió a tratamiento fertilizado con 5 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost. La composición mineral no fue afectada por la fertilización con urea. Por el contrario, ambas dosis de vermicompost produjeron incrementos significativos en las concentraciones de P, Ca y Mg, con respecto al control y al tratamiento fertilizado con urea (Tabla 2). Las concentraciones de estos nutrientes fueron mayores en la dosis de 5 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost.

Tabla 2. Rendimiento de aceites esenciales (%) y concentraciones de P, Ca y Mg (g kg PS<sup>-1</sup>) en hojas de *M. spicata*, cultivada en suelo sin fertilizar (control), y fertilizado con 0,15 t ha<sup>-1</sup> de urea, 5 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost, o 10 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost, respectivamente. En cada columna, letras diferentes indican diferencias significativas al 5% por el test de Tukey.

Tratamiento	Aceites esenciales	P	Ca	Mg
Control	1,1 a	2,4 a	6,1 a	10,3 a
Urea (0,15 t ha <sup>-1</sup> )	1,4 b	2,6 a	6,0 a	11,1 a
Vermicompost (5 t ha <sup>-1</sup> )	2,2 c	5,8 b	8,8 b	14,4 b
Vermicompost (10 t ha <sup>-1</sup> )	1,5 b	3,9 c	7,3 c	13,2 c

## Discusión

Todos los tratamientos de fertilización incrementaron el rendimiento en aceites esenciales, los mayores valores se obtuvieron con 5 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost. En ese sentido, estos resultados coinciden con los reportados en otros países. Así, en Irán, la adición de vermicompost incrementó significativamente la altura de plantas y el rendimiento en aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Mentha arvensis* [2].

Respecto a las evaluaciones de Ca, P y Mg resulta que la concentración de fósforo fue la más afectada por los tratamientos de fertilización. El fósforo es requerido en altas concentraciones para la síntesis de metabolitos secundarios, y en particular los monoterpenos presentes en los aceites esenciales de *M. spicata* [4]. Por lo cual, el incremento significativo en la producción de aceites esenciales, observado en el tratamiento de 5 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost, puede estar relacionado con el aumento en las concentraciones foliares de este nutriente.

## Conclusiones

Se concluye que la fertilización con 5 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost es la más apropiada para incrementar la producción de aceites esenciales y mejorar la nutrición mineral del cultivo de menta en Santiago del Estero.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (CICYT-UNSE) por el financiamiento del proyecto.

## Referencias

1. R. S. Chauhan, M.K. Kaul, A.K. Shahi, A. Kumar, G. Ram and A. Tawa. "Chemical composition of essential oils in *Mentha spicata* L. accession [IIIM(J)26] from North-West Himalayan region, India"; *Industrial Crops and Products*, Vol.29 (2009), p.654–657.
2. H. Keshavarz, S.A.M. Modarres-Sanavy and M.M. Afra. "Organic and Chemical Fertilizer Affected Yield and Essential Oil of Two Mint Species", *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21 (2017), p. 1674-1681
3. Chrysargyris, A., Nikolaidou, Stamatakis, A. and N. Tzortzakos. "Vegetative, physiological, nutritional and antioxidant behavior of spearmint (*Mentha spicata* L.) in response to different nitrogen supply in hydroponics"; *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, Vol.16 (2017), 52-61.
4. M.A. Basmah, M. Abeer, A. Tessa, A. and A. Hussein. "Growth and essential oil composition responses of parsley cultivars to phosphorus fertilization and harvest date". *Journal of Plant Nutrition* 42: 131-142. (2019).

**EXTRACTOS DE HOJAS DE *Prosopis alba* COMO CONSERVANTE NATURAL EN UNA  
MATRIZ CÁRNICA**

***Prosopis alba* LEAF EXTRACTS AS NATURAL CONSERVANTS IN A MEAT MATRIX**

**Ruiz, Silvana<sup>(1\*)</sup>, Zimmerman, María<sup>(2)</sup>, Martínez, Sandra<sup>(3)</sup>, Morcuende Sánchez, David<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero, Jujuy 850, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup> Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, Chañar Pozo s/n, Leales, San Miguel de Tucumán, Argentina.

<sup>(3)</sup> Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Av. Belgrano (s) 1912, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(4)</sup> Instituto de Tecnología de la Carne y Productos Cárnicos, Universidad de Extremadura, Av. De las Ciencias s/n, Cáceres, España.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [ruiz.silvana@inta.gob.ar](mailto:ruiz.silvana@inta.gob.ar)

**RESUMEN**

*Durante el almacenamiento refrigerado de la carne se modifica su calidad debido al deterioro provocado tanto por los procesos oxidativos, como por el desarrollo microbiano. Algunos de estos cambios pueden ser percibidos sensorialmente, tales como el color de la carne, uno de los parámetros de mayor relevancia por parte de los consumidores al momento de su adquisición. Actualmente, se evalúa el uso de compuestos naturales como preservantes de la calidad de la carne y la de sus productos derivados. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes estrategias de incorporación de compuestos naturales con propiedades antioxidantes en una matriz cárnica. Se empleó carne de cerdo cortada en cubos y extractos procedentes de hojas de *Prosopis alba*, como conservante natural. Las técnicas de incorporación del extracto ensayadas fueron por pulverización y por inmersión durante 30 y 90 segundos. Los resultados obtenidos demostraron que la pulverización resulta una buena estrategia de aplicación de los extractos, ya que se obtuvieron efectos beneficiosos en los parámetros del color y en lo relativo al nivel de oxidación lipídica. Si bien, la forma de incorporar los conservantes a la matriz cárnica resultó eficiente, se considera conveniente y necesario continuar profundizando estas investigaciones.*

**Palabras clave:** *conservantes naturales, *Prosopis alba*, calidad de carne.*

**ABSTRACT**

*During meat refrigerated storage, its quality is modified due to the deterioration by oxidative processes and microbial development. Some of these changes can be perceived sensorially, such as meat color, one of the most important parameters for consumers when purchasing it. Currently, the use of natural compounds as preservatives of meat quality and its derived products is being evaluated. The objective of this work was to evaluate different strategies for the natural compound incorporation with antioxidant properties in a meat matrix. Pork meat cut into cubes and *Prosopis alba* leaf extracts were used as a natural preservative. The extract incorporation techniques were evaluated by spraying and immersion for 30 and 90 seconds. The obtained results showed that spraying methods is a good applying extract strategy, since beneficial effects*

were obtained on color parameters and on the lipid oxidation level. Although the way of preservatives incorporation into the meat matrix was efficient, it is considered convenient and necessary to continue deepening these investigations. Include an abstract of no more than 300 words, using Times New Roman font, size 11, italic, and no space between paragraphs. Bibliographic references must be written between brackets.

**Key Words:** natural conservants, *Prosopis alba*, meat quality.

## Introducción

La carne fresca es un alimento altamente perecedero, sus propiedades se modifican en el tiempo, debido a la aparición de procesos oxidativos, desarrollo microbiano y consecuente deterioro del color, siendo éste, uno de los parámetros que el consumidor tiene en cuenta al momento de comprar un producto. La industria cárnica utiliza diversas estrategias para mejorar y/o preservar la calidad y estabilidad de los productos durante el almacenamiento. El uso de compuestos con propiedades antioxidantes es una de las formas conservantes más utilizadas en la actualidad, y la manera en que se incorporan a la matriz alimentaria influye en su consecuente efecto. Éstas pueden adicionarse en forma directa, por pulverización, inmersión o incorporación en el seno del alimento, o bien, formando parte de recubrimientos comestibles y películas activas.

Los compuestos antioxidantes pueden ser sintéticos o naturales, sin embargo, el uso de antioxidantes sintéticos como el butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), terbutilhidroquinona (TBHQ), entre otros, es muy cuestionado por los efectos secundarios que pueden provocar. Es por ello que, en los últimos años se ha incrementado la demanda de antioxidantes obtenidos de fuentes naturales en reemplazo de aditivos de síntesis química y con efectos similares al de los nitritos o sulfitos, ya que los consumidores actualmente demandan alimentos de “etiqueta limpia”.

Santiago del Estero es una provincia del Gran Chaco Americano, rica en vegetación autóctona, entre las que se encuentran especies como *Prosopis alba*, conocida vulgarmente como Algarrobo blanco, entre otras. Las hojas de esta especie tienen propiedades antioxidantes.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las diferentes formas de aplicación de extractos de *Prosopis alba* a fin de optimizar su incorporación en una matriz cárnica que permita preservar su calidad global.

## Materiales y Métodos

**Material vegetal:** se trabajó con hojas de Algarrobo blanco (AB), utilizando una muestra compuesta por especie. Las hojas se cosecharon verdes y se secaron a temperatura ambiente dispuestas en papel absorbente en habitaciones cerradas; luego se liofilizaron, envasaron y congelaron a -20 °C hasta su procesamiento.

**Extracción de compuestos bioactivos:** las hojas fueron molidas empleando un molino de bolas, mientras que la extracción se realizó empleando una proporción de acetona: agua al 70: 30 v/v en un baño de ultrasonido durante 1 h, con espacios de 15 minutos.

**Preparación de los aditivos:** una vez obtenidos los extractos se procedió a la evaporación del solvente residual con rotavapor y posterior arrastre con corriente de nitrógeno. Para ser utilizados como aditivos, se ajustó la concentración de los extractos a 200 ppm (mg ácido gálico/ L) con agua destilada.

**Matriz cárnica:** se emplearon tiras rectangulares de carne de cerdo, de 5 x 2 cm. Las mismas fueron adquiridas de un centro de expendio comercial de la ciudad de Cáceres, ubicada en la región de Extremadura, España.

**Aplicación de los extractos:** las aplicaciones se realizaron por:

- Inmersión en los extractos durante 30 y 90 segundos.
- Pulverización manual en ambos lados de la carne, dos pulverizaciones por lado y 0.76 mL de aditivo por pieza.

Una vez aplicado el extracto, las muestras fueron dispuestas en bandejas, envueltas en film adherente y almacenadas en refrigeración durante 9 días a  $3 \pm 1$  °C.

### Determinaciones realizadas:

- **Color instrumental:** para esta medición se utilizó un colorímetro Minolta CR- 300 (Minolta Camera Corp., Meter Division, Ramsey, NJ) provisto de iluminante D65. El equipo se calibró en el sistema de espacio de color CIELab utilizando plato de calibración blanco, donde el valor L\* indica luminosidad (L\*= 0 oscuridad, L\*= 100 luminosidad), el valor a\* índice rojo (-a\*= verde, +a\*= rojo), y el valor b\* índice amarillo (-b\*= azul, +b\*= amarillo). Las mediciones se realizaron por duplicado a los 0, 6 y 9 días de almacenamiento.

- **Oxidación lipídica:** se empleó el método del ácido 2- tiobarbitúrico (TBARs), siguiendo la metodología propuesta por [1]. Las mediciones se realizaron por triplicado a los 0, 6 y 9 días de almacenamiento, y los resultados se expresaron en mg de malondialdehído (MDA)/ kg de carne.

**Análisis estadístico:** se trabajó con una factorial de 3 x 3, donde el factor A corresponde al método de aplicación de los extractos con 3 niveles: sin aplicación, por inmersión durante 30 segundos, inmersión durante 90 segundos y pulverización; y el factor B corresponde al tiempo de almacenamiento con tres niveles: 0, 6 y 9 días. La comparación de medias se realizó a través de un análisis de la varianza (ANOVA) utilizando la prueba de Tukey como test *a posteriori*. Las diferencias fueron consideradas significativas para valores de  $p < 0,05$ . Para el análisis de datos se utilizó el software estadístico InfoStat versión Professional del año 2017.

## Resultados

**Color instrumental:** los resultados de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  del color instrumental se muestran en las Figuras N° 1, 2 y 3 respectivamente.

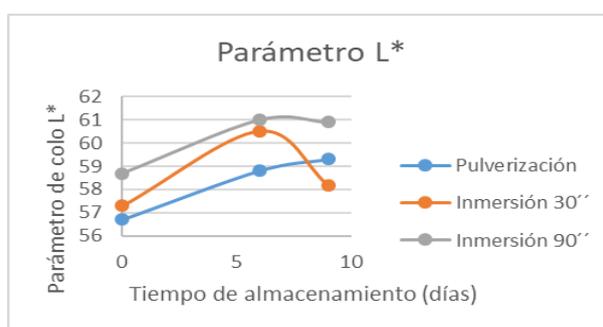


Figura 1: Parámetro del color  $L^*$  en carne de cerdo con extracto de Algarrobo blanco incorporado por distintos métodos: pulverización e inmersión.

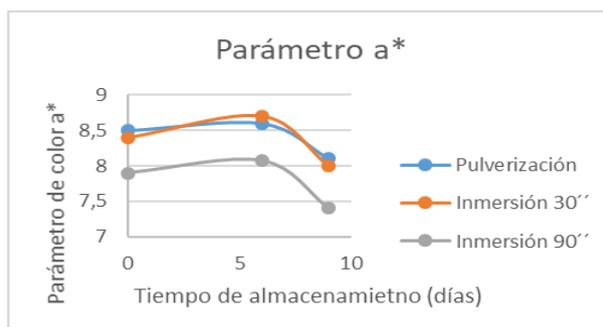


Figura 2: Parámetro del color  $a^*$  en carne de cerdo con extracto de Algarrobo blanco incorporado por distintos métodos: pulverización e inmersión.

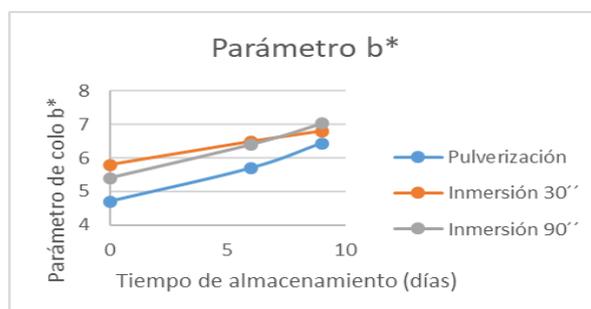


Figura 3: Parámetro del color  $b^*$  en carne de cerdo con extracto de Algarrobo blanco incorporado por distintos métodos: pulverización e inmersión.

En la Figura N° 1 se puede observar que la luminosidad de la carne tratada por inmersión durante 90 segundos es significativamente ( $p < 0,0001$ ) mayor que los demás tratamientos en todos los tiempos de

estudio, mientras que la que mantiene valores bajos de  $L^*$  es la carne que ha sido pulverizada. En la Figura N° 2, se advierte que la carne tratada por inmersión durante 30 segundos y pulverizada conserva significativamente ( $p < 0.0001$ ) más los tonos rojos que la que ha sido sumergida por 90 segundos, durante el almacenamiento refrigerado. Por otro lado, en la Figura N° 3 se observa que la carne pulverizada preserva más ( $p < 0.0001$ ) los tonos amarillos que los demás tratamientos.

**Oxidación de lípidos:** los resultados obtenidos de la oxidación de lípidos se muestran en la Figura N° 4.

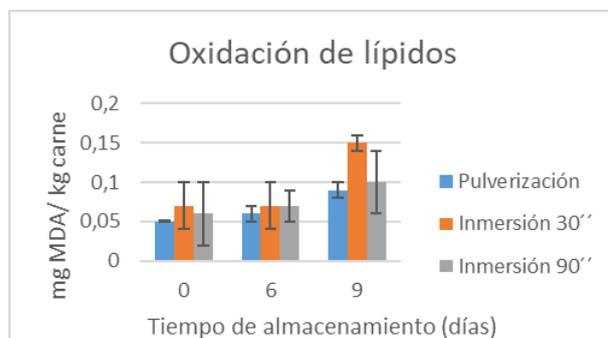


Figura 4: Niveles de oxidación de lípidos en carne de cerdo con extracto de Algarrobo blanco incorporado por distintos métodos: pulverización e inmersión.

Los resultados expuestos indican que las muestras tratadas por pulverización presentan niveles de oxidación significativamente ( $p < 0.0001$ ) más bajos que los demás tratamientos en todos los tiempos de análisis.

## Discusión

Respecto a la evaluación del color instrumental, en un trabajo de investigación publicado anteriormente [2] también se pudo demostrar que la forma de incorporación de extractos naturales influye en el efecto antioxidante sobre los parámetros de color instrumental de una matriz cárnica. Por otro lado, los niveles de oxidación lipídica obtenidos en todos los tratamientos fueron bajos, teniendo en cuenta que se consideran fuera del rango de aceptabilidad por parte del consumidor cuando los mismos son mayores a 5 mg MDA/ kg de carne [3].

## Conclusiones

A partir del presente trabajo de investigación se pudo concluir que la forma de incorporación del extracto incide en los resultados obtenidos. El extracto incorporado a la matriz cárnica denota más su efecto antioxidante cuando es pulverizado, lo que puede observarse a partir de los resultados obtenidos en los parámetros de color y niveles de oxidación lipídica. Se considera necesario profundizar estas investigaciones evaluando el efecto del extracto en diferentes concentraciones y con otras formas de aplicación.

## Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen al Instituto de Investigación de la Carne y Productos Cárnicos, de la Universidad de Extremadura, España, por permitir realizar los ensayos de investigación que en este trabajo se presentan

## Referencias

1. Ganhão R., Estévez M., Morcuende D. Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials. *Food Chemistry*, 126 (2011), 772–778. (paper)
2. Ruiz, S. C. Aplicación de antioxidantes naturales procedentes de especies nativas del chaco semiárido en la preservación de carne refrigerada de pequeños rumiantes (Doctoral dissertation, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero), (2021). Disponible en: <https://repositorio.inta.gov.ar/handle/20.500.12123/11688> (tesis publicada)
3. Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., Richardson, R. I. Flavor perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72 (2006), 303-311. (paper)

## CULTIVOS LÁCTICOS COMO POTENCIADORES DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINA DE ALGARROBA

Sesín, Abraham A.<sup>(1,2)\*</sup>; Ledesma, Ana E.<sup>(1,4)</sup>; Gerez, Luciana C.<sup>(3)</sup> y Bustos, Ana Y.<sup>(1,2)</sup>

- <sup>(1)</sup>Centro de Investigación en Biofísica Aplicada y Alimentos (CIBAAL-UNSE CONICET). RN 9- Km 1125, (4206) Santiago del Estero, Argentina.
- <sup>(2)</sup>Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA), Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, (4200) Santiago del Estero, Argentina.
- <sup>(3)</sup>Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA-CONICET). C. Batalla de Chacabuco 145 Sur, T4000 Tucumán, Argentina.
- <sup>(4)</sup> Departamento Académico de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, (4200) Santiago del Estero, Argentina.
- \*Correo Electrónico (autor de contacto): [abrahamsesin97@gmail.com](mailto:abrahamsesin97@gmail.com)

### RESUMEN

*En este trabajo, se evaluó el potencial de la fermentación láctica para mejorar el contenido de oligoelementos, aminoácidos libres y la capacidad antioxidante de masas de harina de algarroba (HA). Masas de HA se inocularon individualmente (6 unidades log UFC/mL) con cinco cepas de *Lactiplantibacillus plantarum* y se fermentaron durante 24h a 30°C. Al final de la fermentación, el recuento de bacterias alcanzó valores mayores a 7 unidades log UFC/mL en todos los casos, lo que se correlacionó con un descenso de pH (en un rango de 6 a 4) y un incremento en la acidez titulable, que alcanzó valores en un rango de 7,4 a 9,8 mg/mL de ácido láctico. La capacidad antioxidante fue hasta un 20% mayor en las masas fermentadas respecto a las masas sin fermentar. Además, la concentración de hierro y fosfato incrementó en masas fermentadas hasta un 20% y 45%, respectivamente. Contrariamente, los niveles de zinc y aminoácidos libres disminuyeron, sugiriendo un consumo de ambos por las bacterias durante la fermentación. Los resultados indican que la fermentación láctica de masas de HA podría ser una estrategia novedosa para el desarrollo de nuevos alimentos saludables con propiedades nutricionales mejoradas.*

### ABSTRACT

*In this work, the potential of lactic acid fermentation to improve the trace element content, free amino acids and antioxidant capacity of carob flour (CF) doughs was evaluated. CF doughs were individually inoculated (6 log units CFU/mL) with five strains of *Lactiplantibacillus plantarum* and fermented for 24h at 30°C. At the end of the fermentation, the HA doughs were fermented for 24h at 30°C. At the end of fermentation, bacterial counts reached values greater than 7 log CFU/mL in all cases, which correlated with a decrease in pH (in the range of 6 to 4) and an increase in titratable acidity, which reached values in the range of 7.4 to 9.8 mg/mL lactic acid. The antioxidant capacity was up to 20% higher in the fermented doughs than in the unfermented doughs. In addition, iron and phosphate concentration increased in fermented doughs up to 20% and 45%, respectively. In contrast, the levels of zinc and free amino acids decreased, suggesting a consumption of both by the bacteria during fermentation. The results indicate that lactic fermentation of HA doughs could be a novel strategy for the development of new health foods with improved nutritional properties.*

*Palabras claves: harina de algarroba, bacterias lácticas, masas fermentadas*

## Introducción

La harina de algarroba obtenida de la molienda del fruto del algarrobo blanco *Ceratonia Siliqua L* (algarroba), se presenta como una matriz alimentaria de interés para el desarrollo de nuevos alimentos saludables. La misma posee sabor dulce similar al cacao, es rica en fibras, minerales (fósforo, hierro, potasio y magnesio) y vitaminas (A, B1, B2 y D), de elevado valor dietético y no posee contenido graso (Cattaneo et al., 2014). Por otra parte, las bacterias lácticas han sido extensamente empleadas en la elaboración de diferentes alimentos fermentados tanto lácteos, como a base de cereales, frutas, cárnicos, entre otros, ya que proveen características nutricionales, sensoriales, tecnológicas y texturales distintivas al producto final (Gänzle et al., 2014). En este sentido, la fermentación láctica de masas promueve la hidrólisis de macromoléculas, aumentando así la digestibilidad y la calidad nutricional global del producto. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fermentación láctica sobre actividad antioxidante y la concentración de oligoelementos de masas de harina de algarroba.

## Materiales y Métodos

### 1 *Microorganismos y condiciones de cultivo*

Se emplearon las cepas de *Lactiplantibacillus plantarum* CB3, *Lactiplantibacillus plantarum* CB9, *Lactiplantibacillus plantarum* CB11, *Lactiplantibacillus plantarum* CB13 y *Lactiplantibacillus plantarum* CB17, previamente aisladas por nuestro grupo de trabajo a partir de quesos de cabra regionales. Antes de los ensayos, las cepas fueron crecidas en caldo MRS durante 16 h a 30°C.

### 2 *Elaboración de masas de harina de algarroba*

La harina de algarroba se obtuvo a partir de frutos de Algarroba recolectados en la localidad Los Pocitos del departamento capital de la provincia de Santiago del Estero. Estos fueron sometidos a molienda en el laboratorio bajo condiciones de asepsia. Los cultivos de las cepas se inocularon (6 unidades log UFC/g) en una mezcla de harina y agua estéril con rendimiento de 200 (R=200), calculado de la siguiente manera:

$$R = [\text{g (masa)} / \text{g (harina)}] \cdot 100$$

Las masas se fermentaron a 30°C durante 24 h y se tomaron muestras al inicio y final para su análisis. El crecimiento de las BL se determinó por el método de dilución en placa (diluciones adecuadas inoculadas en masa) utilizando agar MRS; las placas se incubaron a 37°C durante 48 h, y los resultados se expresaron como log UFC/ml.

### 3 *Actividad acidificante*

La actividad acidificante de las cepas lácticas se determinó mediante mediciones de pH y la acidez total titulable (TTA) (método potenciométrico con solución Dornic -0,1N NaOH- y fenolftaleína como indicador). La acidez titulable se llevó a cabo a partir de una dilución 1/10 de la masa fermentada.

### 4 *Actividad proteolítica*

La concentración de aminoácidos solubles en masas se determinó por el método OPA (Bustos et al., 2016), a partir de una dilución 1/10 de la masa fermentada.

### 5 *Actividad antioxidante*

Luego de la incubación, las masas se secaron en estufa a 50 °C durante 24 hs. La masa deshidratada se trituró para obtener un polvo. Se prepararon extractos en metanol al 80%. La actividad antioxidante los extractos se determinó empleando el método de DPPH como se describe en Bustos et al. (2017).

### 6 *Determinación de oligoelementos*

La concentración de Fe, Zn y P se determinaron empleando las siguientes técnicas espectrofotométricas: orto fenantrolina y *Official Method* 970.39 para hierro y fósforo respectivamente [Association of Official Analytical Chemistry (AOAC)], y la técnica de la 1,5-difenilcarbazida para zinc.

### Análisis estadístico

El análisis de la varianza (ANOVA) de un solo factor se empleó para el estudio de las medias de los datos. La prueba de Dunett se utilizó para evaluar las diferencias significativas entre las medias y los controles,

## Resultados y discusión

Todas las cepas lácticas evaluadas fueron capaces de crecer y acidificar las masas de HA. El pH disminuyó significativamente desde su pH inicial de 6 hasta valores comprendidos entre 4,02 y 4,84, a las 24 h de incubación. Las cepas CB13 y CB3 fueron las más acidificantes alcanzando valores de pH de  $4,02 \pm 0,01$  y  $4,37 \pm 0,01$  respectivamente. A su vez, CB3 fue la de mayor crecimiento con  $7,29 \pm 0,01$  log UFC/mL. Estos valores coinciden con su mayor capacidad de producción de ácido láctico según se observa en la Figura 1.

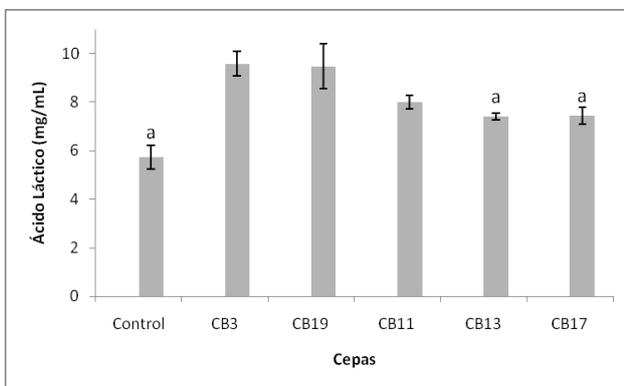


Figura 1. Actividad acidificante de las cepas en las masas luego de las 24 hs de incubación, expresada como producción de ácido láctico. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

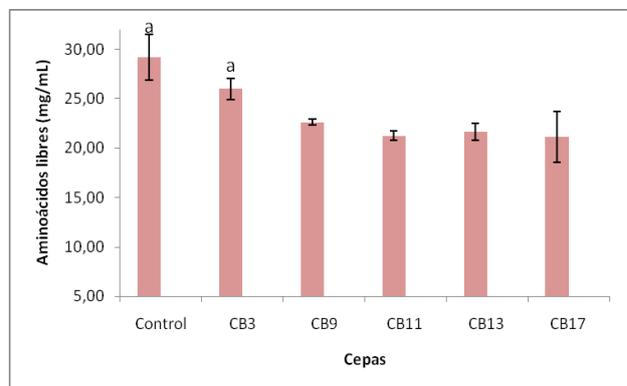


Figura 2. Concentración de aminoácidos libres en las masas fermentadas. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas

Luego de las 24 h de fermentación, se observó una importante disminución de aminoácidos totales respecto al control (Figura 2) entre el 10% y 27 %, lo que podría sugerir un consumo directo de aminoácidos dada la elevada concentración inicial de aminoácidos en la masa ( $29,2 \pm 2,29$  mg/mL).

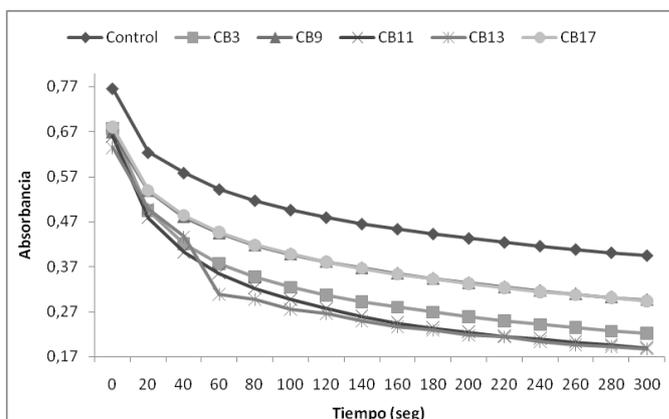


Figura 3. Curvas de la cinética de barrido de DPPH en los extractos metanólicos de las masas fermentadas.

Tabla 1. Porcentajes de actividad ARA

Cepa	% ARA
Control	60,48
CB3	77,82
CB9	70,35
CB11	81,05
CB13	81,35
CB17	70,57

En cuanto al potencial antioxidante, la actividad de los extractos sobre el DPPH siguió una cinética de primer orden, mostrando las masas fermentadas una mayor eficacia antioxidante (Figura 3). Todas las cepas incrementaron la actividad antirradicalaria (ARA), siendo CB13 y CB11 las más efectivas con el 81,35 % y el 81,05 % respectivamente, un 20 % más que la masas control (Tabla 1).

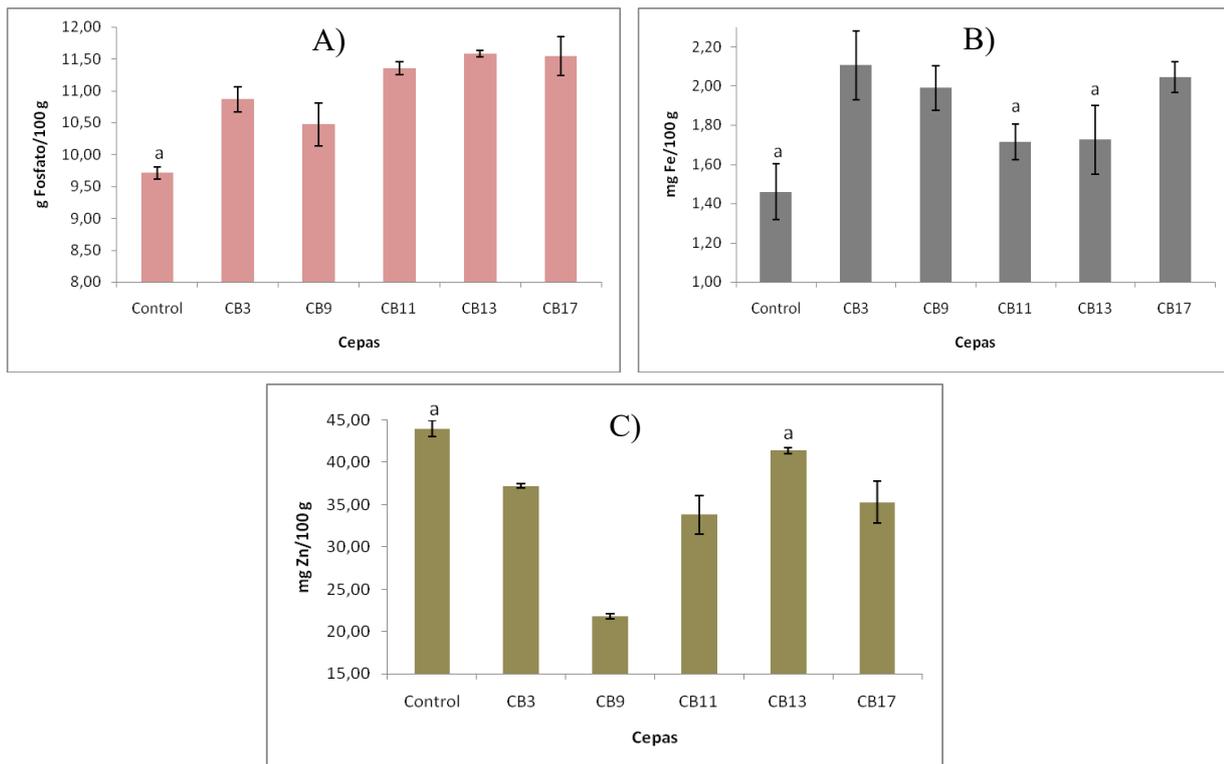


Figura 4. Concentración de oligoelementos en las masas de HA fermentadas con las cepas de *Lactiplantibacillus plantarum*. Donde A, B y C representan la concentración de P, Fe y Zn, respectivamente. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas

La concentración de oligoelementos en las masas fermentadas se muestra en la Figura 4. Todas las cepas evaluadas incrementaron los valores de P y Fe en las masas (Figura 4 A y B). Por el contrario, se observó una disminución en los valores de Zn (6% al 50%) (Figura 4C), lo que sugiere su consumo por parte de las bacterias, posiblemente empleado como cofactor enzimático.

## Conclusiones

La HA presenta características nutricionales y funcionales destacadas por lo que se presenta como una matriz alimentaria de interés para el desarrollo de nuevos alimentos saludables. En este trabajo se evaluaron masas de algarroba fermentada con cinco cepas lácticas seleccionadas, las cuales fueron capaces de crecer y acidificar la matriz vegetal, mejorar su actividad antioxidante y el perfil de micronutrientes. Estos resultados sugieren que la fermentación láctica sería una estrategia novedosa para mejorar la funcionalidad nutricional de alimentos a base de harina de algarroba. A su vez, estos hallazgos demuestran la versatilidad metabólica de estas cepas autóctonas provenientes de una matriz láctea, una característica buscada en las cepas que van a ser empleadas como cultivos iniciadores autóctonos y/o comerciales.

## REFERENCIAS

1. Cattaneo, F., Sayago, J. E., Alberto, M. R., Zampini, I. C., Ordonez, R. M., Chamorro, V., Isla, M. I. "Anti-inflammatory and antioxidant activities, functional properties and mutagenicity studies of protein and protein hydroly sate obtained from Prosopisalba seed flour". FoodChem (2014), 161, 391-399.
2. Gänzle M.G. "Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation". Food Microbiology 37 (2014) 2-10.
3. Bustos AY, Gerez CL, Mothar L, Paz Zanini V, Nazareno MA, Taranto MP, Iturriaga L. "Evaluation of rheological properties, phenolic compounds and antioxidant activity of chia (*Salvia hispanica* L.) sourdough". IDITEC 2016 5,40-53, 2314-0305.
4. Bustos A.Y., Gerez C.L., Zannini V., Taranto M.P., Iturriaga L. "Lactic fermentation of chia (*Salvia hispanica* L) enhance technological and functional properties of wheat breads2. Food Technology and Biotechnology 2017, 55 (3): 381–389.

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**ARBUSTOS Y SUBARBUSTOS CON POTENCIAL APICOLA EN LA FLORA NATIVA  
DE SANTIAGO DEL ESTERO**

**Manuel O. Palacio y Enrique Roger**

*Catedra Botánica Forestal y Jardín Botánico "Ing. Lucas D. Roic", Facultad de Ciencias Forestales,  
Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avda. Belgrano (s) 1912 Santiago del Estero,  
Argentina.*

[mopalacio@gmail.com](mailto:mopalacio@gmail.com)

**RESUMEN**

*En la composición de los bosques nativos los arbustos y subarbustos tienen un rol singular desde el punto de vista ecológico y adquieren importancia para el desarrollo de actividades productivas como la apicultura. El objetivo de este trabajo fue relevar arbustos y subarbustos de la flora santiagueña que son visitados por abejas para la obtención de alguna recompensa floral. Entre 2010 y 2020, en 16 departamentos de la provincia, se efectuaron salidas a campo durante la temporada apícola para registrar las especies visitadas por las abejas en busca de alguna recompensa. Entrevistas a apicultores suministraron información sobre plantas conocidas y consideradas importantes para la actividad, tipos de aportes ofrecidos, época de floración y nombres locales. Se relevó la vegetación en áreas aledañas a los apiarios; se recolectó y herborizó material vegetal, el cual una vez determinado, se depositó en el Herbario SDE, de la FCF-UNSE. Un total de 164 arbustos y subarbustos ofrecen recompensas para las abejas, los que incluidos en 96 géneros y 29 familias de Angiospermas y un género de Gimnospermas. Las familias mejor representadas son Asteraceae con el 13, % y Fabaceae y Verbenaceae con el 12 % de las especies cada una, seguidas por Malvaceae (10,5%) y Solanaceae (8,5 %). La información suministrada actualiza la nómina de especies con potencial apícola conocida y remarca la importancia de estos grupos biológicos tanto en la composición de la flora nativa santiagueña como en la actividad apícola. Se espera que la información suministrada pueda servir de base para otras investigaciones orientadas a evaluar los tipos y calidad de las ofertas de estas especies, su participación en cadenas de floración y su presencia en las mieles.*

**ABSTRACT**

*In the composition of native forests, shrubs and sub-shrubs play a particular role from an ecological point of view and are important for the development of productive activities such as beekeeping. The objective of this work was to survey shrubs and sub-shrubs of the Santiago del Estero flora that are visited by bees to obtain some floral reward. Between 2010-2020, in 16 departments of the province, field trips were carried out during the beekeeping season to record the species visited by bees in search of some type of reward. Interviews with beekeepers provided information on plants known and considered important for the activity, types of supplies offered, flowering season and local names. The vegetation in areas surrounding the apiaries was surveyed; plant material was collected and herborized, which once determined, was deposited in the Herbarium SDE, of the FCF-UNSE. 164 shrubs and subshrubs offer rewards for bees, belonging to 96 genera and 29 families of Angiosperms and 1 genus of Gymnosperms. The best-represented families are Asteraceae with 13%, and Fabaceae and Verbenaceae with 12% of the species each, followed by Malvaceae (10.5%) and Solanaceae (8.5%). The information provided updates the known list of species with beekeeping potential and highlights the importance of these biological groups both in the composition of the native flora of Santiago del Estero and in beekeeping. The information provided here can serve as a basis for other research aimed at evaluating the types and quality of these species, their participation in flowering chains and their presence in honey.*

**Palabras claves:** arbustos nativos, flora apícola,

## Introducción

La productividad de las colonias de abejas está estrechamente vinculada a la disponibilidad de la oferta floral en áreas cercanas a los apiarios, por lo que se vuelve indispensable para el apicultor disponer de un amplio conocimiento acerca de las plantas en condiciones de ofrecer algún tipo de aporte para el desarrollo de las colonias, especialmente al momento de decidir los lugares de instalación y definir las estrategias de manejo de los apiarios.

En la composición de los bosques nativos, y particularmente en áreas semiáridas, los arbustos y los subarbustos cumplen singulares roles ecológicos con los que contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas, además de que aportan al mantenimiento de la estructura física de los paisajes (1). Estas peculiares formas de vida representan un segmento importante en la flora nativa de Santiago del Estero (2) e integran la nómina de aquellas plantas que revisten algún valor para la actividad apícola en cuanto ofrecen polen, néctar u otras recompensas (resinas, etc.) que son colectadas por las abejas.

El objetivo del trabajo fue relevar los arbustos y subarbustos que forman parte de la flora santiagueña y que son visitados por abejas para la obtención de algún tipo de recompensa.

## Materiales y Métodos

En el periodo comprendido entre 2010 y 2020 se procedió a relevar la vegetación en áreas adyacentes a apiarios ubicados en distintas zonas representativas de los distintos tipos de vegetación de la provincia (bosques de llanuras, bosques de serranías, etc.) abarcando un total de 16 departamentos de Santiago del Estero. En salidas de campo efectuadas durante la temporada apícola se registró, en parcelas rectangulares y circulares según la orografía del terreno, la presencia de abejas en busca de recompensas en la fenofase de floración de arbustos y subarbustos. Se colectó material vegetal siguiendo los procedimientos recomendados para tal fin y el material herborizado e identificado fue depositado en el Herbario SDE del Jardín Botánico “Ing. Lucas D. Roic” de la FCF-UNSE. Se inventariaron como especies con potencial apícola aquellas en las que registró la presencia de las abejas pecoreadoras durante la fenofase de floración y mediante observación directa se detectó el tipo de recompensa ofrecido por las plantas (néctar, polen, resinas). Las especies se registraron fotográficamente en su entorno natural.

Entrevistas a apicultores suministraron información acerca de las plantas por ellos conocidas consideradas importantes para la actividad, los tipos de aportes ofrecidos, las épocas de floración y nombres locales. Para el tratamiento taxonómico de las especies se siguió el Sistema APG (Angiosperm Phylogeny Group) y en la asignación de los nombres científicos actuales se tuvieron en cuenta las bases de datos botánicos The World Flora On Line ([www.worldfloraonline.org](http://www.worldfloraonline.org)) y Flora Argentina ([www.floraargentina.edu.ar](http://www.floraargentina.edu.ar)).

## Resultados

Se registró la presencia de abejas en busca de algún tipo de recompensa en un total de 164 arbustos y subarbustos nativos, los que se hayan incluidos en 96 géneros y 29 familias de Angiospermas y un género de Gimnospermas. Del total de especies, el 80 % corresponden a la formas de vida “arbustos”.

Las familias mejor representadas son Asteraceae con el 13 % de las especies, y Fabaceae y Verbenaceae con el 12 % de las especies cada una (Tabla 1), seguidas por Malvaceae (10,5%) y Solanaceae (8,5 %).

El 54% de las especies relevadas ofrece como recompensa solo néctar, mientras que el 46 % ofrece simultáneamente néctar y polen. Se observaron abejas obteniendo resinas como recompensa de *Larrea divaricata*, *Larrea cuneifolia*, *Schinus bumelioides*, *Senecio pinnatus var. pinnatus* y *Tessaria dodoneifolia* (Figura 1).

La mayoría de las especies son de floración primavera-estival y, cuando estos fueron suministrados, se recuperaron los nombres locales con los que estas plantas son reconocidas por los entrevistados.

**Tabla 1: Familias de arbustos y subarbustos con potencial apícola mejor representadas en la flora santiagueña**  
 Forma de vida: ARBT (arbustos), SARB (subarbolito) – Aportes: N (néctar), P (polen), R (resinas)

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	FORMA DE VIDA		APORTES		
		ARBT	SARB	N	P	R
Asteraceae	<i>Austroeupatorium inulifolium</i>		X	X	X	
	<i>Baccharis artemisioides</i>	X		X		
	<i>Baccharis coridifolia</i>		X	X		
	<i>Baccharis dracunculifolia</i>	X		X	X	
	<i>Baccharis flabellata</i>	X		X		
	<i>Baccharis salicifolia</i>	X		X	X	
	<i>Baccharis ulicina</i>	X		X	X	
	<i>Cyclolepis genistoides</i>	X		X	X	
	<i>Eupatorium sp.</i>		X	X	X	
	<i>Flourensia campestris</i>	X		X	X	
	<i>Hyaloseris andrade-limae</i>	X		X		
	<i>Idiothammus lilloi</i>	X		X	X	
	<i>Lessingianthus saltensis</i>	X		X		
	<i>Moquiniastrum argentinum</i>	X		X		
	<i>Porophyllum obscurum</i>		X	X		
	<i>Senecio pinnatus var. pinnatus</i>		X	X	X	X
	<i>Senecio vira-vira Cabrera</i>		X	X	X	
	<i>Tessaria absinthioides</i>	X		X	X	
	<i>Tessaria dodoneifolia</i>	X		X	X	X
	<i>Trixis grisebachii</i>	X		X	X	
<i>Vernonanthura chamaedrys</i>	X		X	X		
Fabaceae	<i>Caesalpinia gilliesii</i>			X		
	<i>Coursetia hassleri</i>	X				
	<i>Denisophytum stuckertii</i>					
	<i>Mimosa detinens</i>	X		X		
	<i>Mimosa farinosa</i>	X		X		
	<i>Mimozyganthus carinatus</i>	X		X	X	
	<i>Parkinsonia aculeata</i>	X		X	X	
	<i>Parkinsonia praecox</i>	X		X		
	<i>Prosopis campestris</i>	X		X		
	<i>Prosopis elata</i>	X		X		
	<i>Prosopis reptans</i>	X		X	X	
	<i>Prosopis sericantha</i>	X		X	X	
	<i>Prosopis abbreviata</i>	X		X	X	
	<i>Senegalia gilliesii</i>	X		X	X	
	<i>Senna aphylla</i>	X		X		
	<i>Vachellia aroma</i>	X		X	X	
	<i>Vachellia astringens</i>	X		X	X	
	<i>Vachellia caven</i>	X		X	X	
	<i>Senegalia praecox</i>	X		X	1	
	<i>Zapoteca formosa</i>	X		X	X	
Verbenaceae	<i>Aloysia decipiens</i>	X		X	X	
	<i>Aloysia gratissima var. gratissima</i>	X		X	X	
	<i>Aloysia polystachya</i>	X		X	X	
	<i>Aloysia schulziana</i>	X		X	X	
	<i>Aloysia scorodonioides var. mathewsii</i>	X		X	X	
	<i>Aloysia scorodonioides var. scorodonioides</i>	X		X	X	
	<i>Junellia bisulcata var. campestris</i>		X	X		
	<i>Junellia hookeriana var. hookeriana</i>		X	X		
	<i>Lantana camara</i>	X		X		
	<i>Lantana grisebachii</i>	X		X		
	<i>Lantana xenica</i>	X		X	X	
	<i>Lippia alba var. alba</i>	X		X	X	
	<i>Lippia alba var. lanceolata</i>	X		X	X	
	<i>Lippia aristata</i>	X		X		
	<i>Lippia gratta</i>	X		X		
	<i>Lippia grisebachiana</i>	X		X		
	<i>Lippia integrifolia</i>	X		X		
	<i>Lippia junelliana</i>	X		X		
	<i>Lippia salsa</i>	X		X		
	<i>Lippia turbinata</i>	X		X	X	



Figura 1: Tipos de recompensas ofrecidas por arbustos y subarbustos de la flora santiagueña

### Discusiones y conclusiones

Si bien existen registros de especies de interés para la apicultura en Santiago del Estero en las cuales están presentes los arbustos y subarbustos de la flora local (3) y (4), la información suministrada en este trabajo actualiza e incrementa la nómina de especies con potencial apícola conocida y remarca la importancia de estos grupos biológicos tanto en la composición de la flora nativa santiagueña como en el desarrollo de la actividad apícola.

Por otra parte, y en función del trabajo de campo, se evidencia un sólido conocimiento por parte de los apicultores en relación a las plantas vinculadas a la actividad, ya que no solo las identifican sino que también conocen los tipos de recompensas que ofrecen y las correspondientes épocas de floración. Aun así, la nómina de especies que integran este trabajo contribuye a este saber local, ya que muchos de ellas no fueron indicadas como de interés por los entrevistados pero sí se verificó el pecoreo de las abejas en la fenofase de floración. Esta información bien puede formar parte de posibles acciones de capacitación y entrenamiento de técnicos y productores vinculados al sector.

Por último, se espera que los resultados de este estudio puedan servir de base para otras investigaciones orientadas a evaluar los tipos y calidad de las ofertas de estas especies, su participación en cadenas de floración y su presencia en las mieles.

### Referencias

- Gutiérrez, J., & Squeo, F. (2004). Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Ecosistemas*, 13(1). Disponible en <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/215>
- Palacio, M. O., E. Roger, E. Carrizo, F. Céspedes, R. A. Díaz y S. Vecchioli. 2020. Diversidad y usos populares de arbustos en Bosques serranos de Santiago del Estero, Argentina. Gobierno de la Provincia de Santiago del Estero. Territorio e Innovación: Actas del 2° Congreso Internacional del Gran Chaco Americano, 2017 / coordinación general de Paulo Sacchi [et al.]. - 1a ed. Bellas Alas Editorial. Pgs. 361-377, Santiago del Estero, Argentina.
- Palacio, M. O., E. Carrizo E., E. Roger, O. Coria y M. F. Epstein Vittar. 2017. Flora leñosa de interés apícola en bosques serranos de Choya y Guasayán, Santiago del Estero. En A. S. Albanesi, R. Paz, M. T. Sobrero, S. Helman y S. Rodríguez (Editores). "Hacia la construcción del desarrollo agropecuario y agroindustrial. De la FAyA al NOA II". Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Ediciones Magna. Tomo 2. Pág. 15-23. Tucumán, Argentina. ISBN 978-987-1676-68-2
- Carrizo, E. del V., M. O. Palacio, H. J. Muller, F. Epstein Vittar, F. Céspedes. 2015. Especies de interés apícola en la flora del departamento Ojo de Agua, Santiago del Estero, Argentina. *Revista Quebracho*. Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales - UNSE. Vol. 23 (1,2). Pág. 100 -104. ISSN 0328-0543 e ISSN 1851-3026

## EFFECTO DE PREBIÓTICOS COMERCIALES SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA CEPA PROBIÓTICA *Limosilactobacillus reuteri* CRL 1098

Gómez, Jorge N.<sup>(1,2)\*</sup>, Sosa, Andrea<sup>(1)</sup>, Ledesma, Ana E.<sup>(1,3)</sup>, Taranto, María P.<sup>(4)</sup> y Bustos, Ana Y.<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Investigación en Biofísica Aplicada y Alimentos (CIBAAL-UNSE CONICET). RN 9- Km 1125, (4206) Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA), Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, (4200) Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(3)</sup> Departamento Académico de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, (4200) Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(4)</sup> Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA-CONICET). C. Batalla de Chacabuco 145 Sur, T4000 Tucumán, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [nicolasgoib@gmail.com](mailto:nicolasgoib@gmail.com)

### RESUMEN

*En la actualidad no ha sido estudiado en profundidad el metabolismo de sustancias prebióticas en cepas de bacterias lácticas (BAL). Es por ello que el objetivo de presente trabajo fue evaluar la capacidad de la cepa probiótica *Limosilactobacillus (L.) reuteri* CRL 1098, de crecer en presencia de prebióticos comerciales como única fuente de carbono y empleados como suplemento del caldo MRS (a concentraciones finales de 0,5 1,0 y 2,0% p/v). Los prebióticos empleados fueron lactulosa e inulinas Orafti® GR, HSI y HP que contienen 92%, 88% y 100% de inulina, respectivamente y un grado de polimerización (GP)  $\geq 10$  para GR y HSI y  $\geq 23$  para HP.*

*En presencia de lactulosa la cepa mostró crecimientos comparables con el del control con glucosa, mientras que no fue capaz de crecer en medio suplementado con inulina HP, como única fuente de carbono. Sin embargo, desarrollo en presencia de inulinas GR y HSI, probablemente debido a la presencia de monosacáridos en su composición. Además, ninguna de las inulinas evaluadas fue capaz de potenciar el crecimiento de la cepa, mientras que en presencia de lactulosa a diferentes concentraciones se observó un incremento significativo ( $P < 0,05$ ) respecto del control, sin diferencias entre las tres concentraciones evaluadas. Estos resultados nos permiten profundizar en el estudio del metabolismo de prebióticos por cepas de BAL y representan las bases para el diseño de alimentos simbióticos.*

### ABSTRACT

*At present, the metabolism of prebiotic substances in lactic acid bacteria (LAB) strains has not been studied in depth. That is why the objective of this study was to evaluate the ability of the probiotic strain *Limosilactobacillus (L.) reuteri* CRL 1098 to grow from commercial prebiotics as the only carbon source and used as a supplement to the MRS broth (at final concentrations of 0.5 1.0 and 2.0% w/v). The prebiotics used were lactulose and Orafti® GR, HSI and HP inulins containing 92%, 88% and 100% inulin, respectively, and a degree of polymerization (DP)  $\geq 10$  for GR and HSI and  $\geq 23$  for HP. In the presence of lactulose, the strain showed growth comparable to that of the glucose control, while it was not able to grow in medium supplemented with HP inulin, as the only carbon source. However, development in the presence of GR and HSI inulins, probably due to the presence of monosaccharides in its composition. In addition, none of the inulins evaluated was able to enhance the growth of the strain, while in the presence of lactulose at different concentrations there was a significant increase ( $P < 0.05$ ) compared to the control, with no*

*differences between the three concentrations evaluated. These results allow us to deepen the study of the development of prebiotics by BAL strains and represent the bases for the design of symbiotic foods.*

*Palabras claves: prebióticos, inulina, lactulosa, Limosilactobacillus reuteri*

## **Introducción**

Los prebióticos se definen como “un sustrato que es utilizado selectivamente por los microorganismos del huésped y que confiere un beneficio para la salud” (ISSP). Entre los microbios intestinales que pueden metabolizar oligosacáridos prebióticos se encuentran las bacterias lácticas (BAL) (Endo et al., 2016). Actualmente, en el mercado se ofrece una amplia gama de prebióticos de variada composición, tales como fructanos tipo inulina y fructo-oligosacáridos (FOS), galacto-oligosacáridos (GOS), lactulosa y oligosacáridos de leche humana (HMO) (Sabater Sánchez, 2015). Sin embargo, a pesar de su importancia, en la actualidad no ha sido estudiado con profundidad el metabolismo prebiótico de cepas BAL.

Es por ello que se evaluó la capacidad de la cepa probiótica *Lactobacillus (L.) reuteri* CRL 1098 de metabolizar diferentes prebióticos comerciales. Además, se evaluó el efecto de la suplementación con dichos prebióticos a diferentes concentraciones, sobre en el crecimiento del probiótico.

## **Materiales y métodos**

### **Microorganismos, medios y condiciones de cultivo**

Se utilizó la cepa *Limosilactobacillus reuteri* CRL 1098, una cepa probiótica que posee efecto hipocolesterolémico asociado a la reducción de ácidos biliares, además de efecto inmunoestimulante y la capacidad de producir corrinoïdes con actividad cobalamina (Bustos, 2016). Esta pertenece a la colección de cultivos de CERELA-CONICET y fue cultivada en caldo MRS a 37 °C previo a su uso en los diferentes ensayos

Los prebióticos Inulina Orafti® GR, Inulina Orafti® HP, Inulina Orafti® HSI y lactulosa (Lactulón® jarabe, Lazar Industria Argentina) fueron gentilmente cedidos por el Grupo Saporiti. Los mismos fueron esterilizados por filtración (0,45 mm) y se añadieron al medio MRS reemplazando a la glucosa como única fuente de carbono en una concentración final de 2% (p/v). Orafti® GR Y HSI contienen 92% y 88 de inulina, respectivamente más oligofructanos y monosacáridos y un grado de polimerización (GP) ≥ 10, mientras que HP presenta 100 % de inulina y GP ≥ 23.

### **1) Metabolismo de prebióticos comerciales**

Para evaluar la capacidad de la cepa CRL 1098 de fermentar prebióticos comerciales como única fuente de carbono, un cultivo de 16 h a 37° C de la cepa se enjuagó con solución fisiológica previo a su inoculación en caldo MRS control y MRS sin glucosa y con el agregado de los prebióticos al 2% (p/v). Los cultivos se incubaron durante 24 h a 37° C y se tomaron muestras al inicio y al final para evaluar crecimiento mediante recuento en placa. El valor obtenido es la media de al menos tres experimentos independientes.

### **2) Efecto de suplementación con prebióticos sobre el crecimiento bacteriano**

Para estudiar el efecto de la suplementación con prebióticos en el crecimiento de la cepa, la misma se inoculó en caldo MRS estándar con y sin el agregado de distintas concentraciones (0,5%, 1,0% y 2,0%) de los prebióticos evaluados en el punto anterior. Los cultivos se incubaron durante 24 h a 37° C y se tomaron muestras cada hora para evaluar crecimiento mediante medidas de absorbancia y recuento en placa. Se calcularon las tasas de crecimiento para las formulaciones en los que la cepa demostró buen crecimiento de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$TC = \frac{\ln\left(\frac{x_2}{x_1}\right)}{(t_2 - t_1)} * 100$$

Donde  $x_2$  y  $x_1$  corresponden a los valores de absorbancia medidos en la fase exponencial de crecimiento en los tiempos  $t_2$  y  $t_1$ , respectivamente. (Watson. 2013)

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **1) Metabolismo de prebióticos comerciales**

En la *tabla 1* se muestra el crecimiento de la cepa *L. reuteri* en caldo MRS sin glucosa y adicionado con diferentes prebióticos como única fuente de carbono. Los resultados fueron expresados como Log UFC/mL.

	Log UFC/mL
Recuento inicial	6,90 ± 0,31 <sup>A</sup>
MRS control	9,26 ± 0,14 <sup>B,1</sup>
MRS sin glucosa	6,79 ± 0,31 <sup>A</sup>
Lactulosa	9,32 ± 0,12 <sup>B,1</sup>
Inulina HSI	8,58 ± 0,11 <sup>B,2</sup>
Inulina GR	8,39 ± 0,17 <sup>B,2</sup>
Inulina HP	7,17 ± 0,21 <sup>A</sup>

Tabla 1. Crecimiento de la cepa *L. reuteri* CRL 1098 en medio MRS sin glucosa suplementado al 2% con prebióticos. Letras iguales en el superíndice indican que no hay diferencias significativas respecto del t<sub>0</sub>. Números iguales en el superíndice indican que no hay diferencias significativas respecto del control con glucosa.

Los resultados muestran que la cepa no fue capaz de crecer en medio suplementado con inulina HP, como única fuente de carbono ya que no se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), respecto del recuento inicial y del MRS sin glucosa. Sin embargo, fue capaz de crecer, en presencia de inulinas de bajo GP y con oligofruktanos en su composición. Esto también fue informado por Watson et al., 2013, quienes no detectaron la fermentación de inulina por parte del género *L. reuteri*.

De manera destacable, en presencia de lactulosa, un disacárido semisintético producido por la isomerización de la lactosa, se observaron crecimientos comparables con el del control con glucosa. Estos resultados podrían indicar que la cepa carece de enzimas endo- y exoinulinasa, pero sí tendría actividad beta-galactosidasa que le permitiría fermentar la lactulosa. El crecimiento observado en presencia de inulina GR y HSI puede deberse a la presencia de monosacáridos en su composición.

## 2) Efecto de suplementación con prebióticos sobre el crecimiento bacteriano

Además, se evaluó el potencial de los prebióticos estudiados de mejorar el crecimiento de la cepa CRL 1098 en medio MRS con glucosa. Los resultados se muestran en la *tabla 2*. Ninguna de las inulinas evaluadas fue capaz de potenciar el crecimiento de la cepa, ya que no se observan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), respecto del control con glucosa. Por el contrario, en presencia de lactulosa a diferentes concentraciones se observó un incremento significativo ( $P < 0,05$ ) respecto del control, sin diferencias entre las tres concentraciones evaluadas.

	Inulina GR	Inulina HSI	Lactulosa
Control: MRS	9,26 ± 0,14 <sup>A</sup>	9,26 ± 0,14 <sup>A</sup>	9,26 ± 0,14 <sup>A</sup>
MRS + 0.5% del prebiótico	9,33 ± 0,01 <sup>A</sup>	9,34 ± 0,01 <sup>A</sup>	9,44 ± 0,05 <sup>B</sup>
MRS + 1.0% del prebiótico	9,32 ± 0,07 <sup>A</sup>	9,39 ± 0,04 <sup>A</sup>	9,53 ± 0,02 <sup>B</sup>
MRS + 2.0% del prebiótico	9,26 ± 0,02 <sup>A</sup>	9,41 ± 0,05 <sup>A</sup>	9,59 ± 0,02 <sup>B</sup>

Tabla 2. Crecimiento de la cepa *L. reuteri* CRL 1098 en medio MRS suplementado con prebióticos a distintas concentraciones. Letras iguales en el superíndice indican que no hay diferencias significativas respecto del control MRS.

En la *figura 1* se muestra la curva de crecimiento de la cepa CRL 1098 en medio MRS suplementado con lactulosa como única fuente de carbono y con lactulosa en diferentes concentraciones. De manera destacable en fase exponencial de crecimiento se observó una dependencia de la concentración, es decir, a mayor concentración mayor crecimiento. En efecto, las tasas de crecimiento porcentuales (TC%) (*tabla 3*), muestran que, en fase logarítmica de crecimiento, el efecto de la lactulosa es dependiente de la concentración, es decir a mayor cantidad del prebiótico en MRS, mejor es su efecto.

	TC%
MRS control	9,61 ± 0,44 <sup>A</sup>
MRS sin glucosa + 2,0%	11,62 ± 1,16 <sup>B</sup>

lactulosa	
MRS + 0,5 % lactulosa	10,73 ± 0,11 <sup>A</sup>
MRS + 1,0 % lactulosa	11,72 ± 1,02 <sup>B</sup>
MRS + 2,0 % lactulosa	12,10 ± 0,17 <sup>B</sup>

Tabla 3. Tasas de crecimiento porcentuales de la cepa CRL 1098 en medio MRS, MRS suplementado a distintas concentraciones de lactulosa y como única fuente de carbono al 2,0%. Letras iguales en el superíndice indican que no hay diferencias significativas respecto del control MRS.

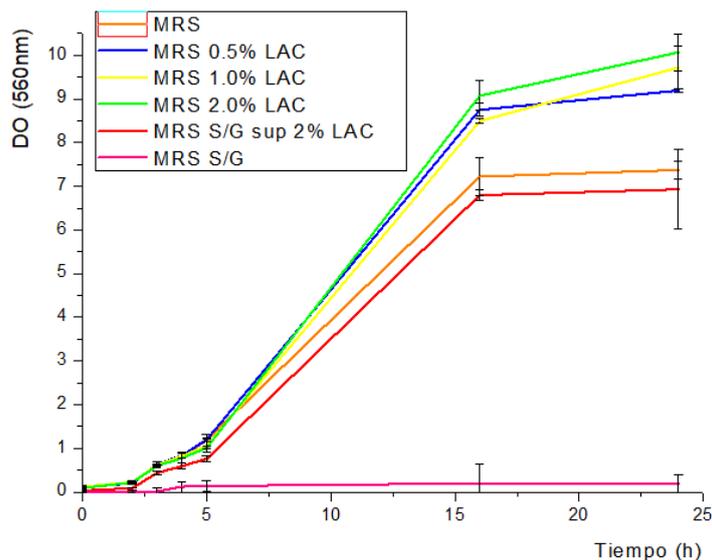


Figura 1. Curva de crecimiento de la cepa en medio MRS suplementado con lactulosa (LAC) a distintas concentraciones y MRS con el prebiótico al 2,0% como única fuente de carbono.

## Conclusiones

En este trabajo se evaluó la capacidad de la cepa prebiótica *Lactobacillus reuteri* CRL 1098 de metabolizar diferentes prebióticos comerciales y el efecto de su suplementación en caldo MRS a diferentes concentraciones. Nuestros resultados indican que la cepa es capaz de crecer en presencia de inulinas GR y HSI que presentan de bajo GP y componentes como oligofruktanos y monosacáridos en su composición, pero no con inulina pura de cadena larga. De manera remarcable, con lactulosa se observaron crecimientos comparables al de MRS con glucosa. Estos resultados podrían indicar que la cepa carece de enzimas endo- y exoinulinasa, pero sí tendría actividad beta-galactosidasa, que le permitiría fermentar la lactulosa. Estos resultados nos permiten profundizar en el estudio del metabolismo de prebióticos por cepas de BAL y representan las bases para el diseño de alimentos simbióticos.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Proyecto PIP No. 11220200102036CO), Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Proyecto No. 2019-01323) y al Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de la UNSE, CITYC-UNSE (Proyecto 23/c147) por los financiamientos otorgados.

## Referencias

- Bustos, A. Y. Genetic Characterization and Gene Expression of Bile Salt Hydrolase (bsh ) from *Lactobacillus reuteri* CRL 1098, a Probiotic Strain. *International Journal of Genomics, Proteomics, Metabolomics & Bioinformatics*, (2016). 1–8. <https://doi.org/10.19070/2577-4336-160001>
- Endo, A., Nakamura, S., Konishi, K., Nakagawa, J., & Tochio, T. Variations in prebiotic oligosaccharide fermentation by intestinal lactic acid bacteria. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, (2016). 67(2), 125–132. <https://doi.org/10.3109/09637486.2016.1147019>
- Sabater Sánchez, C. *Síntesis e identificación de oligosacáridos derivados de lactosa y lactulosa a partir de permeado de suero de quesería*. Trabajo fin de máster. Universidad autónoma de Madrid (2015).
- Watson, D., O'Connell Motherway, M., Schoterman, M. H. C., van Neerven, R. J. J., Nauta, A., & Van Sinderen, D. Selective carbohydrate utilization by lactobacilli and bifidobacteria. *Journal of Applied Microbiology*, (2013). 114(4), 1132–1146. <https://doi.org/10.1111/jam.12105>

## ELABORACIÓN DE JAMONES CAPRINOS BAJOS EN SODIO

Jugo Giuggiolini, A. D.<sup>(1)</sup>, Nediani, M. T.<sup>(1)</sup>, Lescano Farias, L.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, dirección  
Av. Belgrano sur 1912, Santiago del Estero, Argentina.

\*Correo Electrónico: anadanielajugo15@gmail.com

### RESUMEN

*El objetivo perseguido fue la elaboración de jamones caprinos utilizando como materia prima los perniles de un animal macho adulto denominado “capón”, aplicando la técnica de salado, secado y maduración. La carne se marinó utilizando dos premezclas bajas en sodio y se evaluaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, actividad de agua ( $a_w$ ) y color en diferentes etapas del proceso. Los jamones caprinos resultan prometedores como un producto ligeramente ácido con seguridad alimentaria dado a los valores bajos de pH,  $a_w$  y con características sensoriales de color típico de un producto curado.*

### ABSTRACT

*The aim of this work was the elaboration of dry-cured ham made of goat meat, using for it the legs of a male adult animal also known as “capón”, applying the salting, fermentation and ripening technique. Meat was marinated with two low-sodium mixtures and physicochemical parameters such as pH, water activity ( $a_w$ ) and color were evaluated at different stages of the process. The goat hams result promising as a product slightly acidic and food safety due to the low pH values,  $a_w$  and sensory characteristics of color typical of a cured product.*

*Palabras clave: Jamones, caprino, curado, bajo en sodio.*

### Introducción

El ganado caprino fue uno de los primeros en domesticarse y se asocian a la humanidad desde al menos 10,000 años. Debido a su gran adaptabilidad a condiciones ambientales adversas y tipos de alimentación, se consideran animales de gran utilidad por su elevada productividad. Este tipo de ganado es altamente significativo y posee un rol importante en la alimentación de poblaciones con escasos recursos [1]. De acuerdo a la base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en 2018, la población caprina se estima en mil millones de cabezas, distribuidas principalmente en Asia y África seguido de América, Europa y Oceanía [2]. En 2018, en Argentina, según el Censo Nacional Agropecuario, la población caprina alcanzó las 2.568.385 cabezas, distribuidas principalmente en Santiago del Estero (20%), Neuquén (18%) y Mendoza (15%).

La carne caprina se caracteriza por ser más magra, presentar bajos niveles de grasas saturadas y colesterol, una elevada concentración de hierro y proteínas, atributos que convierten a este alimento en una fuente de nutrientes de excelencia. Sin embargo, sus características organolépticas influyen negativamente en la aceptabilidad de este tipo de carne por parte de los consumidores, ya que a menudo es percibida como dura, fibrosa y con un sabor intenso [3].

Los productos cárnicos elaborados mediante curado se caracterizan por su elevada concentración de sodio, ion asociado a múltiples enfermedades crónicas, cuya ingesta se encuentra muy por encima de la recomendada por entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por ello, el desarrollo de este tipo de productos se plantea como un doble desafío, por un lado, el agregado de valor a esta carne para el aprovechamiento de animales adultos y por otro, la elaboración de un alimento con atributos sensoriales aceptables y que cumpla la condición de ser bajo en sodio

## Materiales y métodos

La elaboración de los jamones caprinos se realizó en las instalaciones de la Planta Piloto de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA) de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE). Para ello se emplearon dos pernils deshuesados de un macho castrado o “capón”. Ambos pernils fueron marinados utilizando para ello dos premezclas bajas en sodio, siguiendo la técnica de salado, secado y maduración.

Los pernils sin hueso se pesaron para luego calcular la cantidad de premezcla hiposódica necesaria, de acuerdo a la relación de 4 kg de sal de cura por cada 100 kg de carne. Las premezclas difieren en su composición y principalmente en su cantidad (tabla 1). La sal pesada se dosificó para un periodo de tres días y se aplicó en forma trasversal a las fibras a través de masajeo durante 5 minutos. Las piezas se almacenaron en cámara de refrigeración a 5°C con humedad relativa (HR) de 60±10 % con cierta inclinación para permitir el exudado de los fluidos (agua y sangre).

Tabla 1. Ingredientes para elaborar ambas variedades de sal de cura.

<b>Premezcla 1</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>Premezcla 2</b>	<b>Cantidad (g)</b>
Sal reducida en sodio	500	Sal reducida en sodio	500
Azúcar	7	Azúcar	25
Fosfato	20	Fosfato	15
Nitrato/Nitrito	15	Nitrato/Nitrito	5
Pimienta blanca	2	Coriandro	5
Clavo de olor	2	Clavo de olor	2,5

Luego de cumplir los tres días, los pernils fueron recubiertos con mezcla de cobertura, envueltos en papel microporoso y almacenados para permitir su fermentación natural en condiciones normales de la provincia de Santiago del Estero. Los primeros 3 días, se almacenaron colgados en oscuridad a temperaturas de 20-25 °C y HR de 60 ± 10 % y velocidad de aire 0,5 m/s. Concluida esta etapa de fermentación, se procedió al secado y maduración. Durante el secado, las piezas se mantuvieron en condiciones de almacenamiento similares a las anteriores, con una temperatura promedio de 22°C, HR de 60±10 % y velocidad de aire 0,5 m/s por 8 días, mientras en la maduración se descendió la temperatura hasta 15°C promedio por un periodo 15 días. Se dio por finalizado el proceso de curado cuando los pernils alcanzaron una pérdida de masa del 35±5 %.

### Análisis físicoquímicos

Las determinaciones para estos parámetros físicoquímicos se llevaron a cabo en tres etapas de la elaboración: previo al salado ( $t_0$ ), posterior a la fermentación ( $t_6$ ) y al final de la maduración ( $t_{28}$ )

#### *-Determinación de pH*

La determinación de pH se realizó insertando el electrodo del pHmetro (MW102, Milwaukee, Alemania) en diferentes puntos de la muestra.

Además, se tomaron 3 g de cada muestra, se trituró y se adicionaron 20 ml de agua destilada, se permitió reposo y luego se midió el pH resultante de la disolución utilizando un pHmetro digital (pHMeter EC, Pancellent, Estados Unidos).

#### *-Determinación de actividad de agua ( $a_w$ )*

Para la determinación de  $a_w$  se utilizó el instrumento HygroLab C1 (Rotronic Instrument, USA) sobre muestras picadas con cuchillo hasta alcanzar un espesor de 5mm.

#### *-Medición de parámetros de color (escala CieLAB)*

Los parámetros luminosidad ( $L^*$ ), coordenada rojo-verde ( $a^*$ ) y amarillo-azul ( $b^*$ ) (escala CieLAB), se determinaron sobre rodajas de ambas muestras, evitando aquellas zonas con tejido graso y se utilizó para ello el colorímetro Chroma Meter CR-400 (Konika Minolta, Japón). Se informa un valor promedio de múltiples determinaciones.

## Resultados

### -Determinación de pH

Tabla 2. pH muestra previo al salado, post-fermentación y en el producto final madurado.

Etapa	Premezcla 1	Premezcla 2
t <sub>0</sub>	6,08 ± 0,02	6,05 ± 0,02
t <sub>6</sub>	5,95 ± 0,03	5,92 ± 0,02
t <sub>28</sub>	5,85 ± 0,01	5,88 ± 0,03

### -Determinación de a<sub>w</sub>

Tabla 3. Actividad de agua previo al salado, post-fermentación y en el producto final madurado.

Etapa	Premezcla 1	Premezcla 2
t <sub>0</sub>	0,980 ± 0,02	0,981 ± 0,01
t <sub>6</sub>	0,930 ± 0,01	0,957 ± 0,01
t <sub>28</sub>	0,867 ± 0,01	0,879 ± 0,01

### -Determinación de color

Tabla 4. Valores de L\*, a\* y b\* para muestra pre-salado, post-fermentación y en el producto finalmadurado.

Etapa	Parámetro	Premezcla 1	Premezcla 2
t <sub>0</sub>	L*	50, 11 ± 1,07	50, 11 ± 1,07
	a*	21,57 ± 0,83	21,57 ± 0,83
	b*	9,71 ± 0,58	9,71 ± 0,58
t <sub>6</sub>	L*	45,0 ± 3,8	40,0 ± 1,46
	a*	7,25 ± 2,2	7,24 ± 1,47
	b*	7,63 ± 0,49	7,53 ± 0,29
t <sub>28</sub>	L*	31,98 ± 1,16	32,7 ± 1,96
	a*	16,28 ± 0,34	17,62 ± 0,60
	b*	5,38 ± 0, 71	5,72 ± 1,04

## Discusión

En tabla 2 se observa que la composición de las premezclas hiposódicas no influye en la variación de pH. Ambos perniles presentan un pH inicial superior a 6 y finalizan la etapa de maduración con un pH aproximado a 5,85. Estos valores de pH permiten ubicarlo como un “alimento ligeramente ácido” y este resultado es coincidente con los obtenidos luego de marinar la carne caprina en cloruro de sodio y permitir su fermentación natural y posterior maduración, alcanzando un pH final de  $5,84 \pm 0,2$  [4]. La actividad de agua final en ambos productos se debe a la baja humedad relativa lograda en la cámara de almacenamiento gravitada por las bajas humedades ambientales de la provincia de Santiago del Estero, lo cual produjo una mayor pérdida del contenido de agua del tejido hacia el ambiente. Para este tipo de productos, una  $a_w < 0,92$  se considera segura por limitar el crecimiento de microorganismos patógenos como *L. monocytogenes*, *Salmonella spp.* y coliformes, por lo cual, los valores obtenidos, menores a 0,88 se consideran indicativos de un proceso de curado óptimo. Por último, los cambios involucrados durante la maduración, mostrados en la tabla 4, incluyen una disminución en la luminosidad (L\*), como consecuencia de la pérdida de agua durante el secado, una disminución en la coordenada a\* entre t<sub>0</sub> y t<sub>6</sub> por la caída en la concentración de oximioglobina, seguida por un incremento en la rojeza al final de la maduración por la formación de nitrosomioglobina, pigmento característico en este tipo de productos. Finalmente, una disminución constante en b\*, al decrecer la presión parcial de oxígeno y la concentración de mioglobina libre, la cual es susceptible de ser oxidada a metamioglobina, responsable de la coloración amarronada, con mayores valores para el parámetro b\*.

## Conclusiones

La elaboración de productos curados ligeramente ácidos como estrategia para el aprovechamiento del ganado caprino adulto sin nicho de mercado establecido resulta prometedor al evaluar los parámetros físicoquímicos como pH y  $a_w$  que contribuyen a la seguridad e inocuidad del alimento. Asimismo, las modificaciones en el color siguen la tendencia esperable para el tratamiento al cual se sometieron los perniles, sin diferencias observables entre las premezclas estudiadas. Estudios futuros incluyen la determinación de la aptitud microbiológica e higiénico sanitarias, así como sensorial del producto.

## REFERENCIAS

1. M. Lohani y D. Bandhari, “The importance of Goats in the World”; Professional Agricultural Workers Journal, Vol.6 (2021), No. 2, 4.
2. M. Mazinani y B. Rude, “Population, World Production and Quality of Sheep and Goat Products”; American Journal of Animal and Veterinary Sciences”, Vol. 15 (2020), No. 4, p.291-299.
3. E. C. Webb, “Goat Meat production, composition and quality”, Animal Frontiers, Vol. 4 (2014), No. 4, p. 33-37.
4. R. A. Ortega Bonilla, “Caracterización física de mantas elaboradas con carne de cabra serrana y oveja churra galega braganzana”, Instituto Politécnico de Braganza (2012).

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE VERDURAS COMERCIALIZADAS EN JUJUY:  
COMPARACIÓN DE CAMPAÑAS 2021 Y 2022**

**Ana F. Orgaz<sup>(1)</sup>, Karen E. Salto Silva<sup>(1)</sup>, Nadina C. Tognon<sup>(1)</sup> Oscar A. Zacur Martínez<sup>(2)</sup> y  
Cecilia I. Heit<sup>(1)\*</sup>**

(1) *Instituto de Investigaciones y Prestación de Servicios LAnART, Universidad Nacional de Jujuy,  
Avenida Bolivia 1349, San Salvador de Jujuy, Argentina.*

(2) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca 10, 4600, San Salvador de Jujuy,  
Argentina.*

\*Correo Electrónico: [cheit@lanart.unju.edu.ar](mailto:cheit@lanart.unju.edu.ar)

**RESUMEN**

*Uno de los retos propuestos por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura es el de garantizar la inocuidad de los alimentos en todas las fases de la cadena alimentaria [1]. Salmonella y Listeria monocytogenes constituyen un grupo importante de patógenos para humanos, cuyo control y eliminación está contemplado en dicho reto.*

*Nuestro grupo de investigación se propuso estudiar el estado sanitario de las frutas y verduras producidas y comercializadas en la provincia como una forma de comenzar a construir y re-construir la cadena de inocuidad. Se analizaron muestras de tomates, pimientos y lechuga del Mercado Municipal San Salvador de Jujuy en 2021[2] y se reanalizaron en 2022. Se realizaron análisis bacteriológicos por el método Compact Dry. de bacterias aerobias totales, coliformes totales, Escherichia coli, Salmonella y Listeria.*

*Los valores obtenidos de bacterias totales y E. coli en ambas campañas tanto para el tomate como para el pimiento fueron similares, cumpliendo en ambos casos las reglamentaciones vigentes. El contenido Listeria mejoró en tomate y lechuga, aunque sigue presente y fuera de la reglamentación, observándose fuerte disminución en la lechuga en la campaña 2022.*

*A partir de los trabajos realizados en 2021 los organismos gubernamentales involucrados en este proyecto comenzaron a hacer escuela con los productores y comerciantes. Consideramos que el impacto del trabajo realizado en 2021 ha comenzado a dar frutos a través de las medidas preventivas propuestas y realizadas.*

**ABSTRACT**

*One of the challenges proposed by the Food and Agriculture Organization of the United Nations is to guarantee food safety at all stages of the food chain [1]. Salmonella and Listeria monocytogenes constitute an important group of pathogens for humans, whose control and elimination is contemplated in the aforementioned challenge.*

*Our research group set out to study the health status of fruits and vegetables produced and marketed in the province as a way to begin to build and rebuild the food safety chain, from its inception. Samples of tomatoes, peppers, and lettuce from the San Salvador de Jujuy Municipal Market were analyzed in 2021[2] and reanalyzed in 2022. Bacteriological analyzes were performed using the Compact Dry method. of total aerobic bacteria, total coliforms, Escherichia coli, Salmonella and Listeria.*

*The values obtained for total bacteria and E. coli in both campaigns for both tomato and pepper were similar, complying in both cases with current regulations. Listeria content improved in tomato and lettuce, although it is still present and outside the regulations, with a strong decrease in lettuce observed in the 2022 campaign.*

As of the work carried out in 2021, the government agencies involved in this project began to train with producers and merchants. We believe that the impact of the work carried out in 2021 has begun to bear fruit through the preventive measures proposed and carried out.

**Palabras clave:** tomate. lechuga. pimiento. salmonella. listeria

## Introducción

Uno de los retos propuestos por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura es el de garantizar la inocuidad de los alimentos en todas las fases de la cadena alimentaria [1]. *Salmonella* y *Listeria monocytogenes* constituyen un grupo importante de patógenos para humanos, cuyo control y eliminación está contemplado en el reto citado.

Nuestro grupo de investigación se propuso estudiar el estado sanitario de las frutas y verduras producidas y comercializadas en la provincia como una forma de comenzar a construir y re-construir la cadena de inocuidad, desde el conocimiento de su formación. En el año 2021 se encontró que las condiciones sanitarias del mercado de abasto complicaban la situación [2]. En esta oportunidad presentamos nuevas evaluaciones realizadas en el mercado local que dan un panorama de la campaña 2022.

## Materiales y Métodos

Se adquirieron muestras de tomates, pimientos y lechuga (las mismas que se habían analizado en 2021) del Mercado Municipal de Avenida José de la Iglesia 1050 de San Salvador de Jujuy. Las muestras fueron llevadas al Instituto LANA RT donde se analizaron los contenidos de bacterias aerobias totales, coliformes totales, *Escherichia coli*, *Listeria* y *Salmonella*.

Los análisis bacteriológicos fueron realizados mediante el uso de placas del método rápido Compact Dry, marca R-Biopharm, siendo las especificaciones: Compact Dry TC para recuento de bacterias aerobias totales; Compact Dry EC para coliformes totales y *Escherichia coli*; Compact Dry SL para *Salmonella* y Compact Dry LS para *Listeria*. Estas placas utilizan indicadores redox y sustratos cromógenos para que las colonias bacterianas crezcan con colores específicos, pudiendo así distinguirse e identificarse con suma facilidad cada especie, por lo que el recuento de colonias se realiza de forma visual.

## Resultados

**Tabla 1:** Resultados bacteriológicos de verduras de las campañas 2021 y 2022

TIPO DE VERDURA	FECHA DE RECOLECCIÓN	PROCEDENCIA	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO				
			Bacterias Aerobias Totales [UFC/g]	Coliformes totales [UFC/g]	<i>Escherichia coli</i> [UFC/g]	<i>Listeria</i> [UFC/g]	<i>Salmonella</i> [UFC/g]
TOMATE 2021	10/9/2021	Mercado Municipal	31	2	No detectado	10	No detectado
TOMATE 2022	7/06/2022	Mercado Municipal	108	16	No detectado	< 1	No detectado
LECHUGA 2021	9/9/2021	Mercado Municipal	90000	11800	100	1130	Presencia
LECHUGA 2022	7/06/2022	Mercado Municipal	14900	224	No detectado	2	Presencia
PIMIENTO 2021	10/9/2021	Mercado Municipal	31	2	No detectado	< 1	No detectado
PIMIENTO 2022	7/06/2022	Mercado Municipal	108	16	No detectado	< 1	No detectado
VALORES DE REFERENCIA	Microbiología Alimentaria 1992 [3]		10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>4</sup>		Ausencia en 25g	
	Código Alimentario Argentino [4]				Ausencia en 25g		Ausencia en 25g

## Discusión

Se observa una situación similar de los valores de bacterias totales y *E. coli* en ambas campañas tanto para el tomate como para el pimiento, cumpliendo en ambos casos las reglamentaciones vigentes y una disminución en lechuga, fuera de especificación en la campaña 2022 respecto a la 2021. *Listeria* mejora en tomate y lechuga, aunque sigue presente y fuera de la reglamentación, observándose fuerte disminución en la lechuga en la campaña 2022. La lechuga es la especie más favorecida en esta campaña respecto al estado sanitario.

## Conclusiones

Durante 2021, al analizar qué sucedía en los mercados, advertimos que en períodos de pandemia cuando esas muestras fueron colectadas, todos los clientes que ingresaban al mercado para la compra de productos habían sido previamente desinfectados con alcohol en sus manos, por lo que la solución del problema era un largo camino a recorrer todavía. No obstante, como se trabajó en conjunto con la Subsecretaría de Huerta Familiar de Jujuy, dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación y con la Dirección de Agricultura Familiar dependiente del Ministerio de Desarrollo Económico y Producción de la Provincia de Jujuy, los resultados del primer trabajo [2] fueron ampliamente difundidos entre los productores y los comerciantes. Creemos que parte de los datos mejorados de la presente evaluación 2022 son el resultado de las acciones preventivas propuestas y/o tomadas por dichos organismos en conjunto con los productos y/o comerciantes. Seguimos creyendo que la tarea es ardua pero ya se ha iniciado. Y que estos resultados muestran un futuro muy prometedor en cuanto a las medidas que se pueden implementar a corto plazo y sin grandes inversiones para mejorar la calidad de alimentación de los jujeños. No obstante, se debe continuar con el trabajo en esta dirección.

## REFERENCIAS

1. Codex Alimentarius – OMS –FAO - Principios Generales de Higiene de los Alimentos CXC 1-1969 <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/> Búsqueda del 02/06/2022
2. Heit, Cecilia; Orgaz, Florencia; Posada, Cristina; Tapia, Carola. "Primeras evaluaciones bacteriológicas de frutas y verduras producidas en Jujuy: mejorando la alimentación y protegiendo la salud de los jujeños". III Jornadas Interdisciplinarias sobre Tecnologías y Desarrollo Social, Argentina. P 67-69
3. Encuentra, M. et Alonso, S. (2021). "Recopilación de normas microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas diferentes de consumo, subproductos) y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario."
4. Código Alimentario Argentino: *CAPITULO XI "Alimentos Vegetales"* - Artículo 925 quáter – (Resolución Conjunta SPReI y SAV N° 4 - E/2017)

## ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD PROTEOLÍTICA DE BACTERIAS LÁCTICAS AISLADAS DE NICHOS AUTÓCTONOS DE SANTIAGO DEL ESTERO

Juan J. Carol<sup>(1)\*</sup>, Ana Y. Bustos<sup>(1,2,3)</sup>, Ana E. Ledesma<sup>(1,4)</sup>

<sup>(1)</sup>Centro de Investigación en Biofísica Aplicada y Alimentos (CIBAAL-UNSE-CONICET), RN 9 Km 1125 (4206), Santiago del Estero, Argentina

<sup>(2)</sup>Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA), Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano Sur 1912 (4200), Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(3)</sup>Facultad de Humanidades, Ciencias Sociales y de la Salud (FHCSyS), Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano 2180 (4200), Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(4)</sup>Departamento Académico de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT), Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano Sur 1912 (4200), Santiago del Estero, Argentina.

\*[carolpazjuanjose@gmail.com](mailto:carolpazjuanjose@gmail.com)

### RESUMEN

Las bacterias lácticas capaces de crecer en leche utilizan su complejo sistema proteolítico para obtener los aminoácidos necesarios para su desarrollo. La caseína, proteína mayoritaria de la leche, es hidrolizada parcialmente a péptidos y oligopéptidos por acción de las proteinasas de envoltura celular, los que luego son transportados al interior de la célula donde se degradan por acción de varios tipos de peptidasas.

Estos procesos de hidrólisis proteica son aprovechados, sobre todo, en muchos procesos fermentativos involucrados en la elaboración de alimentos con particulares características organolépticas y, en algunos casos, para aumentar el valor nutricional de los mismos.

Es por ello, que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad proteolítica de 16 cepas de *Lactobacillus* spp. (denominadas CB 1-5, 8-18) aislados a partir de quesos de cabra regionales empleando el método de Bradford para determinar la concentración de proteínas totales y la técnica del o-ftalaldehído para cuantificar aminoácidos libres. Se observó una moderada actividad proteolítica de las cepas evaluadas, ya que luego de 2 hs de incubación, las proteínas totales disminuyeron desde su valor inicial de 16,07 mg/L hasta 12,10 y 4,99 mg/L para las cepas CB8 y CB17, respectivamente; mientras que las cepas restantes mostraron valores intermedios. Como era esperado, al final del ensayo, la concentración de aminoácidos totales incrementó desde 61,44  $\mu$ moles de glicina/L hasta 122,09 y 169,49  $\mu$ moles de glicina/L, para las mismas cepas. Estos resultados indican que la actividad proteolítica depende de la cepa bajo estudio y sugieren que estas cepas podrían emplearse para modificar características sensoriales, aumentar el valor nutricional y mejorar la digestibilidad de alimentos fermentados.

### ABSTRACT

Lactic acid bacteria capable of growing in milk use their complex proteolytic system to obtain the amino acids necessary for their development. Casein, the major milk protein, is partially hydrolyzed to peptides and oligopeptides by the action of cell envelope proteinases that are then transported into the cell where they are degraded by the action of various types of peptidases.

These protein hydrolysis processes are used, in many fermentative processes involved in the preparation of foods with particular organoleptic characteristics and, in some cases, to increase their nutritional value.

For this reason, the objective of this study was to evaluate the proteolytic activity of 16 strains of *Lactobacillus* spp. (named CB 1-5, 8-18) isolated from regional goat cheeses using the Bradford method to determine the total protein concentration, and the o-phthalaldehyde technique to quantify free amino acids. A moderate proteolytic activity of the strains evaluated was observed, since after 2 h of incubation, total

proteins decreased from their initial value of 16.07 mg/L to 12.10 and 4.99 mg/L for strains CB8 and CB17, respectively; while the remaining strains showed intermediate values. As expected, at the end of the assay, the concentration of total amino acids increased from 61.44 mmoles glycine/L to 122.09 and 169.49 mmoles glycine/L, for the same strains. These results indicate that proteolytic activity depends on the strain under study and suggest that these strains could be used to modify sensory characteristics, increase the nutritional value and improve the digestibility of fermented foods.

**Palabras Clave:** bacterias lácticas, actividad proteolítica, alimentos fermentados

## INTRODUCCIÓN

Las bacterias lácticas son microorganismos de gran exigencia nutricional ya que requieren carbohidratos, vitaminas, purinas, pirimidinas, oligoelementos, péptidos y aminoácidos para desarrollar. Estos últimos, son obtenidos a partir del complejo sistema proteolítico que las caracteriza. En el caso de las bacterias capaces de desarrollar en matrices lácticas, la principal fuente de nitrógeno es aportada por los distintos tipos de caseína, proteína mayoritaria de la leche [1].

El estudio de las proteasas y peptidasas pertenecientes a las bacterias lácticas es de gran importancia, ya que muchos de estos microbios, al ser considerados inoocuos, pueden participar en múltiples procesos, incluidos aquellos involucrados en la alimentación y la salud. Algunas de las aplicaciones biotecnológicas de estas enzimas están vinculadas a la fermentación de alimentos, al desarrollo de productos de limpieza y al diseño de cosméticos y fármacos, entre otros [2].

En este marco, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la actividad proteolítica de cepas de *Lactobacillus* spp. aislados a partir de quesos de cabra regionales empleando el método de Bradford para determinar la concentración de proteínas totales y la técnica del *o*-ftalaldehído (OPA) para cuantificar aminoácidos libres. Los resultados obtenidos nos permitirán profundizar en el estudio de las potenciales propiedades biotecnológicas de estos microorganismos para ser incluidas en procesos fermentativos con el propósito de modificar características sensoriales, aumentar el valor nutricional y mejorar la digestibilidad de ciertos alimentos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

*Microorganismos y condiciones de cultivo.* Se emplearon 16 cepas de *Lactobacillus* spp. (denominadas CB 1-5, 8-18), previamente aisladas por nuestro grupo de trabajo a partir de quesos de cabra regionales. Las mismas fueron cultivadas en caldo MRS a 37 °C previo a su empleo.

*Actividad proteolítica extracelular.* Se determinó según el protocolo descrito en Toe *et al.* 2019 con modificaciones. Para ello, se tomaron muestras de 1 mL de cada una de los cultivos o/n, las cuales fueron centrifugadas a 13000×g durante 10 minutos a 4 °C, lavadas con solución fisiológica estéril (NaCl 0,8 % p/v) y resuspendidas en solución fisiológica. Para la mezcla de reacción se inocularon 70 µL de cada suspensión celular en 500 µL de caseína 0,5 mg/mL (preparada en solución tampón Tris-HCl de pH 7,43) y se incubó durante 2 horas a 37 °C.

La determinación de proteínas totales se realizó a través del método de Bradford, el cual se basa en el empleo del colorante Coomassie Brilliant Blue G-250, capaz de reaccionar con aminoácidos, principalmente, aromáticos y básicos, formando un complejo de color azulado que presenta un máximo de absorción a 595 nm [3]. Para ello, las muestras fueron centrifugadas en las mismas condiciones detalladas en el párrafo anterior y luego se tomaron alícuotas de 100 µL de cada uno de los sobrenadantes obtenidos y se les adicionó 1 mL del reactivo de Bradford. Cada una de las muestras reposaron durante 5 minutos en oscuridad y se midió la absorbancia a 595 nm empleando un espectrofotómetro UV-Visible (Shimadzu UV-1800). La concentración proteica de cada una de las muestras se calculó mediante la construcción de una curva de calibración empleando soluciones patrón de albúmina sérica bovina.

Además, se cuantificaron los aminoácidos libres empleando la técnica de OPA. Esta técnica consiste en la reacción de los  $\alpha$ -aminoácidos de las cadenas peptídicas con el reactivo de OPA en presencia de  $\beta$ -mercaptoetanol y en condiciones alcalinas, generando complejos que presentan un máximo de absorbancia de 340 nm [4]. Para la cuantificación se tomaron alícuotas de 200 µL de la mezcla de reacción y se les adicionó igual volumen de ácido tricloroacético al 10 % p/v como se describe en [1] para precipitar las proteínas presentes (propias de la estructura celular y aquellas que no hayan sido hidrolizadas por las bacterias). Luego, las muestras se centrifugaron en las mismas condiciones anteriormente detalladas. Una

vez obtenidos los sobrenadantes, se tomaron alícuotas de 50  $\mu$ L, se les adicionó 1 mL del reactivo de OPA y se las dejó reposar durante 2 minutos en oscuridad. Por último, se midió la absorbancia a 340 nm. La concentración de aminoácidos libres se calculó a partir de la construcción de una curva de calibración con soluciones patrón de glicina.

## RESULTADOS

Las bacterias lácticas utilizan las proteínas de la leche como su principal fuente de aminoácidos esenciales y estimulantes del crecimiento. En este trabajo se evaluó la capacidad de 16 cepas de bacterias lácticas de hidrolizar caseína, principal proteína de la leche, mediante la cuantificación de proteínas totales y aminoácidos libres luego de 2 hs de incubación. Se observó una moderada actividad proteolítica de las cepas evaluadas, ya que las proteínas totales disminuyeron desde su valor inicial de 16,07 mg/L hasta 12,10 y 4,99 mg/L para las cepas CB8 y CB17, respectivamente; mientras que las cepas restantes mostraron valores intermedios. Como era esperado, la concentración de aminoácidos libres en las diferentes muestras incrementó como resultado de la actividad proteolítica de las cepas. Al final del ensayo, la concentración de aminoácidos totales cuantificados por OPA, osciló entre 122,09 – 169,49 mmoles de glicina/L.

Cepas	Actividad proteolítica	
	Aminoácidos libres (mmoles de glicina/L)	Proteínas totales (mg/L)
CB1	151,05 $\pm$ 17,16	8,58 $\pm$ 0,13
CB2	161,05 $\pm$ 9,73	10,41 $\pm$ 0,26
CB3	148,94 $\pm$ 4,14	10,67 $\pm$ 0,43
CB4	145,26 $\pm$ 4,44	9,41 $\pm$ 1,02
CB5	126,30 $\pm$ 18,97	9,98 $\pm$ 0,58
CB8	122,09 $\pm$ 20,51	12,10 $\pm$ 0,21
CB9	135,77 $\pm$ 8,93	10,69 $\pm$ 0,26
CB10	151,57 $\pm$ 9,30	11,82 $\pm$ 0,17
CB11	123,14 $\pm$ 15,30	9,92 $\pm$ 0,04
CB12	149,47 $\pm$ 5,99	11,20 $\pm$ 0,43
CB13	145,79 $\pm$ 4,14	7,47 $\pm$ 0,13
CB14	125,77 $\pm$ 16,71	9,75 $\pm$ 0,43
CB15	165,26 $\pm$ 16,74	10,20 $\pm$ 0,34
CB16	168,95 $\pm$ 20,51	9,69 $\pm$ 0,98
CB17	169,49 $\pm$ 5,24	4,99 $\pm$ 1,00
CB18	151,57 $\pm$ 3,35	11,69 $\pm$ 1,17
Control (sin fermentar)	61,44	16,07

## DISCUSIÓN

Numerosos autores indican que diferentes géneros de bacterias lácticas son consideradas débil a moderadamente proteolíticas [1,5]. No obstante, la proteólisis es una de las reacciones enzimáticas más importantes y complejas que se producen en los productos lácteos lo cual está directamente relacionado con la utilización de la caseína. Esto proporciona a las células aminoácidos esenciales durante su crecimiento en leche. En los alimentos lácteos fermentados, la proteólisis mejora la digestibilidad de los productos, característica muy deseada, por ejemplo, en la industria de las fórmulas infantiles. La proteólisis también reduce la antigenicidad de las proteínas del suero que se cree que provoca una respuesta inmune en algunos individuos [2]. Nuestros resultados indican que la actividad proteolítica de las cepas fueron superiores a lo reportado por Atasanova *et al.* (2014) [5], donde distintas cepas de *Lactobacillus* spp., evidenciaron actividad de hidrólisis frente a la caseína, la cual variaba de acuerdo a la cepa estudiada. Estos valores se encontraron comprendidos entre los 11 y 19 milimoles de aminoácidos libres por litro luego de 20 hs de incubación.

## CONCLUSIONES

En este trabajo, 16 cepas de bacterias lácticas aisladas de nichos autóctonos de nuestra provincia evidenciaron diferentes grados de proteólisis frente a la caseína. Las cepas CB17 y CB8 fueron las de mayor

y menor actividades, respectivamente. Esto indica que la actividad proteolítica depende, entre otros factores, de la cepa bajo estudio. Potencialmente, estas cepas podrían emplearse para ser incluidas en procesos fermentativos con el propósito de modificar características sensoriales, aumentar el valor nutricional y mejorar la digestibilidad de alimentos que contengan niveles significativos de proteínas en su composición.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue financiado con fondos del proyecto N° 23/C147 brindado por el Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (CICyT-UNSE).

## **REFERENCIAS**

1. C. Toe, H. Foo, T. Loh, R. Mohamad, R. Rahim and Z. Idrus, “Extracellular proteolytic activity and amino acid production by lactic acid bacteria isolated from Malaysian foods”, *International Journal of Molecular Sciences*, Vol. 20 (2019), p. 1777-1799.
2. O. Tavano, A. Berenguer, F. Secundo and R. Fernandez, “Biotechnological Applications of Proteases in Food Technology”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol. 17 (2018), p. 412-436
3. M. Bradford, “A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding”, *Analytical Biochemistry*, Vol. 72 (1976), p. 248-254
4. F. Church, D. Porter, G. Catignani and H. Swaisgood, “An *o*-phthalaldehyde spectrophotometric assay for proteinases”, *Analytical Biochemistry*, Vol. 146 (1985), p. 343-348.
5. J. Atasanova, P. Moncheva and I. Ivanona, “Proteolytic and antimicrobial activity of lactic acid bacteria grown in goat milk”, Vol. 6 (2014), p. 1073-1078.

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS DESHIDRATADOS OBTENIDOS MEDIANTE DIFERENTES PROCESOS DE SECADO

Zutara M. Silvina<sup>(1)\*</sup>, Laguna Vanesa B.<sup>(1)</sup>, Maita Pablo S.<sup>(1)</sup> y Giunta Sandra A.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Ingeniería,, Universidad Nacional de Jujuy, Jujuy, Pcia. de Jujuy, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [mzutara@yahoo.com.ar](mailto:mzutara@yahoo.com.ar)

### RESUMEN

*Las condiciones de proceso: temperatura y tiempo de elaboración, afectan significativamente la calidad y tiempo de anaquel de los alimentos. La calidad del producto alimenticio depende de variables como la composición, contenido de humedad y carga microbiana total. El tiempo de anaquel depende de la estabilidad física y biológica del producto final*

*El presente trabajo propone evaluar y comparar la calidad microbiológica de diferentes alimentos deshidratados por diferentes métodos de secado como liofilización y secado al sol tales como puré de papas deshidratado y huevos deshidratados. Se analizaron puré deshidratados de papas andinas moradas y amarillas deshidratado al sol y huevos deshidratados por liofilizado. Se realizó el recuento en placa de bacterias aerobias mesófilas heterótrofas (BAMH) y la determinación de NMP (número más probable) de coliformes totales. Las pruebas microbiológicas se realizaron por triplicado. La carga microbiana total para el puré de papas moradas deshidratado fue de  $3,5 \cdot 10^2$  UFC/g y de  $6,4 \cdot 10^2$  UFC/g para el puré de papas amarillas deshidratado. No se registraron recuentos de coliformes en ninguna muestra de puré de papas deshidratadas. La flora aeróbica mesófila total del ovoproducto fue  $<10000$ /g para cada una de las muestras analizadas. La siembra en caldo con verde brillante y bilis al 2% (BGBL) no confirmó presencia de coliformes en ninguna muestra de huevos liofilizados, y tampoco se confirmó presencia de coliformes fecales en caldo *Escherichia coli* (EC).*

*Los resultados aquí obtenidos mostraron que tanto los purés deshidratados analizados como los huevos liofilizados (ovoproducto) son productos microbiológicamente inocuos y aptos para consumo humano.*

### ABSTRACT

*The process conditions: temperature and preparation time, significantly affect the quality and shelf life of food. The quality of the food product depends on variables such as composition, moisture content and total microbial load. Shelf time depends on the physical and biological stability of the final product.*

*The present work proposes to evaluate and compare the microbiological quality of different foods dehydrated by different drying methods such as lyophilization and sun drying such as dehydrated mashed potatoes and dehydrated eggs. Sun-dried purple and yellow Andean potato purée and freeze-dried dehydrated eggs were analyzed. Plate count of aerobic mesophilic heterotrophic bacteria (AMHB) and determination of MNP (most probable number) of total coliforms were performed. Microbiological tests were performed in triplicate. The total microbial load for dehydrated purple mashed potatoes was  $3.5 \cdot 10^2$  CFU/g and  $6.4 \cdot 10^2$  CFU/g for dehydrated yellow mashed potatoes. No coliform counts were recorded in any sample of dehydrated mashed potatoes. The total mesophilic aerobic flora of the egg product was  $<10,000$ /g for each of the samples analyzed. Inoculation in bright green bile lactose broth (BGBL) did not confirm the presence of Coliforms in any sample of freeze-dried eggs, nor was the presence of fecal coliforms confirmed in *Escherichia coli* broth (EC broth).*

*The results obtained here showed that both sun dehydrated purees and freeze-dried eggs (egg products) are microbiologically safe products and suitable for human consumption.*

**Palabras Clave:** Inocuidad, Secado al Sol, Liofilizado, Papas Andinas, Huevos.

## Introducción

Las actuales tendencias mundiales en alimentación están orientadas al consumo de alimentos que no solamente sean seguros y nutritivos, sino que además aporten beneficios para la salud y el bienestar físico, los cuales son denominados “alimentos funcionales” [2]. Incluso, actualmente los consumidores están dispuestos a pagar un precio más elevado por productos que le aseguren dichos beneficios [2]. La gran variedad de papas andinas disponibles en nuestra región ofrece una gran variedad de alternativas nutritivas que le confieren la calificación de alimento nutraceutico (divulgación científica del 11 de noviembre 2013 del Conicet).

Las condiciones de proceso: temperatura y tiempo de elaboración, afectan significativamente la calidad y tiempo de anaquel de los alimentos. La calidad del producto alimenticio depende de variables como la composición, contenido de humedad y carga microbiana total. El tiempo de anaquel depende de la estabilidad física y biológica del producto final

Nuestro grupo de trabajo, en propuestas anteriores ha incursionado en la determinación de la calidad microbiológica de diferentes productos alimenticios modificados o mejorados tecnológicamente [1,3,4,5]. Productos tales como huevos enriquecidos en ácidos grasos omega 3; huevos liofilizados; balanceados para peces a base de harina de lombriz, chía y soja; harina de banana verde; barras de cereal y leche de cabra. Así como la elaboración de productos enriquecidos en ácidos grasos omega 3. Se ha comprobado que la calidad microbiológica del ovoproducto modificado tecnológicamente es superior a la de los huevos frescos que se comercializan para consumo directo. Sin embargo, no se incursionó en otras alternativas o propuestas de variables de proceso para mejorar los resultados y hacerlos competitivos en mercados internacionales.

El presente trabajo está enfocado en la evaluación de la inocuidad de productos alimenticios deshidratados, tales como puré de papas deshidratado por secado al sol y huevos deshidratados por liofilización, solo se evaluó la calidad microbiológica de los mismos.

## Materiales y Métodos

Se analizaron puré de papas andinas moradas (PPAM) y amarillas (PPAA) deshidratado al sol (ambos productos comerciales obtenidos de la Cooperativa Cauqueva, Maimará, quebrada de Humahuaca, Jujuy Argentina) y huevos deshidratados por liofilizado (HDxL) y envasados al vacío obtenidos en el Centro de Investigaciones en Tecnologías Alimentarias (CITA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy. Se realizó el recuento en placa de bacterias aeróbicas mesófilas heterótrofas (BAMH) y la determinación de NMP (número más probable) de coliformes totales. Las pruebas microbiológicas se realizaron por triplicado. Carga microbiana total se determinó mediante recuento en placa de bacterias aeróbicas mesófilas heterótrofas (BAMH) en agar nutritivo standard y siembra por vertido o en masa con un período de incubación de 48 horas a 30°C. La enumeración de coliformes totales se efectuó mediante la técnica del NMP, método británico. Esta técnica emplea un sistema de múltiple dilución hasta extinción y es útil para determinar poblaciones de m. o. en alimentos que se espera tengan baja densidad microbiana. Esta técnica, basada en la fermentación de la lactosa con producción de gas, se realiza en caldo Mac Conkey (caldo lactosado), con campana de fermentación tipo Durham, presencia de un indicador de pH para facilitar la lectura y tres tubos por dilución. Se incubó en estufa de cultivo por 24 horas entre 35 y 37°C. La ausencia de gas se interpreta como el resultado del examen de una muestra exenta de coliformes. Se evaluó la confirmación de presencia de coliformes por medio de la siembra en caldo con verde brillante y bilis al 2% (BGBLB). También se evaluó la presencia de coliformes fecales por medio de la siembra en caldo EC (caldo *Escherichia coli*).

## Resultados

Como se observa en la Tabla 1; la carga microbiana total para el puré de papas moradas deshidratado fue de  $3,5 \cdot 10^2$  UFC/g y de  $6,4 \cdot 10^2$  UFC/g para el puré de papas amarillas deshidratado. No se confirmó la presencia de coliformes totales (CT) en ninguna muestra de puré de papas deshidratadas, y la siembra caldo EC tampoco confirmó presencia de coliformes fecales (CF). La flora aeróbica mesófila total del ovoproducto también fue  $<10000$ /g para cada una de las muestras analizadas. La siembra en BGBLB no confirmó presencia de coliformes en ninguna muestra de huevos liofilizados, y tampoco se confirmó presencia de coliformes fecales.

**Tabla 1. Análisis microbiológico**

Muestra	BAMH (UFC/g)	CT (NMP/ml)	CF
PPAM	3,5*10 <sup>2</sup>	ND	-
PPAA	6,4*10 <sup>3</sup>	ND	-
HDxL	7,5*10 <sup>3</sup>	ND	-

BAMH: bacterias aeróbicas mesófilas heterótrofas

CT: coliformes totales

CF coliformes fecales; Presencia (+), Ausencia (-)

## Discusión

Los valores de aerobios totales aquí obtenidos para los alimentos analizados (puré de papas deshidratado por secado al sol y huevos deshidratados por liofilización) son todos inferiores a los que establece el CAA para alimentos deshidratados (<10<sup>4</sup>UFC/g) y en ninguno se confirmó la presencia de coliformes ni coliformes fecales.

## Conclusiones

Los resultados aquí obtenidos mostraron que tanto los purés deshidratados como los huevos liofilizados (ovoproducto) son productos microbiológicamente inocuos y aptos para consumo humano. Usando métodos de secado diferentes en productos con matrices alimentarias diferentes, secado al sol para el puré de papas y liofilización para huevos, se obtienen productos igualmente inocuos para el consumo humano.

## REFERENCIAS

1. G. Castillo; S. Giunta; M. Silvina Zutara; S. Catorceno. Calidad microbiológica de un ovoproducto mejorado tecnológicamente. Argentina. San Miguel de Tucumán. 2014. Libro. Artículo Completo. Congreso. II Congreso Argentino de Ingeniería.
2. SERNAC, Memoria anual 2016;
3. M. Villalovos; S. Giunta; M.S. Zutara; S. Sanchez Catorceno. Determinación de la calidad microbiológica de leche y yogurt de cabra. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA. San Salvador de Jujuy: Facultad de Ingeniería-UNJu. 2016 vol.1 n°. p30 - 35. issn 1853-6662.
4. M.S. Zutara, G. Castillo, E. Arnau, J. Escalante . 2012. Efecto de la suplementación de la dieta de gallinas ponedoras con ácidos grasos omega 3 en el tamaño de los huevos, la producción y vida productiva de las aves. VIII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA 27 y 28 de septiembre. ISSN 1853-7871.
5. Zutara MS 2019. XXXVI Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán 16, 17 y 18 de Octubre de 2019 – Tafi Viejo - Tucumán – Argentina

## ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COCCIÓN CON ENERGÍA SOLAR Y ENERGÍA ELÉCTRICA DE ARÁNDANOS AZULES

Villalba, Gustavo A.<sup>1</sup>; Togo, Pablo S.<sup>1</sup>; Villalba, Ivana del L.<sup>1</sup>; García C. Daniela<sup>1</sup>; Nazareno Monica<sup>1</sup> y Cattaneo, Carlos A.<sup>1,2</sup>

(1) Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

(2) Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

[villagus1810@gmail.com](mailto:villagus1810@gmail.com)

### RESUMEN

Los alimentos que son sometidos a cocción cambian sus propiedades nutricionales, por ello resulta de interés analizar estas modificaciones. Para el ensayo se reservaron frutos de arándanos azules (*vaccinium myrtillus*) cosecha 2021 y se prepararon muestras para cuantificar contenido total de compuestos fenólicos mediante el método de Folin Ciocalteu y actividad antioxidante por decoloración del radical libre DPPH●. Se prepararon extractos de arándanos de tres clases, frescos, sometidos a cocción en cocina eléctrica y la tercera de cocinados en horno solar. La cocción se realizó hasta alcanzar los 6° Bx. en cada tratamiento. En la cocción solar se empleó un horno solar tipo caja de 0,284 m<sup>3</sup>, midiendo temperaturas y radiación solar en el plano de la cubierta transparente.

Los resultados muestran una variación en el contenido total de compuestos fenólicos medido en frutos frescos 6,24 ± 0,30<sup>A</sup> (mg Ac. Gálico/g MS), en sustrato de cocción solar 2,78 ± 0,30<sup>B</sup> (mg Ac. Gálico/g MS) y en sustrato de cocción eléctrica 4,01 ± 0,30<sup>B</sup> (mg Ac. Gálico/g MS). También hay variaciones semejantes en la actividad antioxidante de frutos frescos y las sometidas a cocción, con mayor diferencia en los frutos cocinados en el horno solar, siendo trascendentales en este comportamiento los tiempos de cocción y el grado de exposición a la radiación solar. Estos estudios contribuirán al aprovechamiento de energías renovables para la elaboración de alimentos con menor degradación de su calidad nutricional.

**Palabras claves:** Cocción – Solar- eléctrica – fenoles -antioxidantes

### ABSTRACT

Foods that are subjected to cooking change their nutritional properties, so it is of interest to analyze these changes. For the test, blueberry fruits (*vaccinium myrtillus*) harvest 2021 were reserved and samples were prepared to quantify the total content of phenolic compounds by the Folin Ciocalteu method and antioxidant activity by discoloration of the DPPH● free radical. Blueberry extracts of three classes were prepared, fresh, subjected to cooking in an electric stove and the third one cooked in a solar oven. Cooking was carried out until reaching 6° Bx. in each treatment.

In solar cooking, a 0.284 m<sup>3</sup> box-type solar oven was used, measuring temperatures and solar radiation in the plane of the transparent cover.

The results show a variation in the total content of phenolic compounds measured in fresh fruits 6.24 ± 0.30<sup>A</sup> (mg Ac. Gallic/g MS), in solar cooking substrate 2.78 ± 0.30<sup>B</sup> (mg Ac. Gallic/g MS) and in electrical cooking substrate 4.01 ± 0.30<sup>B</sup> (mg Gallic Ac./g MS). There are also similar variations in the antioxidant activity of fresh fruits and those subjected to cooking, with a greater difference in cooked fruits in the solar oven, being transcendental in this behavior the cooking times and the degree of exposure to solar radiation. These studies will contribute to the use of renewable energies for the production of food with less degradation of its nutritional quality.

**Keywords:** Cooking – Solar-electric – phenols -antioxidants

## Introducción

Existen muchos dispositivos tecnológicos que aprovechan la energía solar, algunos de ellos realizan una conversión en forma directa de la energía, como los hornos solares que transforman radiación solar en potencia de cocción de alimentos. Por este beneficio y su relativa facilidad en su construcción resultan muy atractivos [1].

El principio básico de uno de los más comunes diseños de hornos solares tipo caja, es esencialmente una placa metálica, que puede ser de acero, hierro galvanizado, aluminio o preferiblemente de cobre, pintada de color negro mate, con el fin de que absorba el máximo de radiación directa, proveniente del sol y también la difusa, proveniente de cielo. La radiación solar después de ser absorbida es transformada en energía térmica. Sin embargo, como el ambiente se encuentra a una temperatura inferior al de la placa, ésta comienza a perder la radiación, aunque sólo en la región del infrarrojo. Para reducir las pérdidas de energía en la parte posterior y laterales, la placa está encerrada en una caja que puede ser de madera o metálica, bien aislada al fondo y lateralmente usando lana de vidrio, estereofón, poliuretano o cáscara de arroz, aserrín, entre otras. Para reducir las pérdidas de energía por la parte superior, la fachada del colector está cubierta con una o más láminas de vidrio o de plástico transparente, permitiendo que penetre la luz solar pero evitando el escape de la radiación infrarroja emitida de la placa caliente. Por lo tanto, el aire dentro del caja alcanza alta temperatura.

Los arándanos azules (*vaccinium myrtillus*) son un tipo de fruto rojo que posee características benéficas para la salud por sus componentes biológicamente activos como los antioxidantes, vitaminas y fibra. Cuando estos alimentos se someten a procesos de cocción pueden sufrir alteraciones que modifican su calidad nutricional. La determinación de antioxidantes en los alimentos luego de los procesos de cocción es necesario para conocer el estado de su preservación. Por otro lado, los métodos de conservación tradicionales de alimentos basados en escaldado, pasteurización o esterilización conllevan en muchas ocasiones a una disminución de la capacidad antioxidante.

Los alimentos son la principal fuente de antioxidantes y de microelementos para la síntesis de enzimas antioxidantes. Un antioxidante es una sustancia que a bajas concentraciones inhibe o retarda la propagación de los radicales libres. Los arándanos azules contienen grandes cantidades de antocianinas que además de poseer un intenso color tienen funciones biológicas por su capacidad antioxidante. Por ello, resulta de gran interés nutricional evaluar cómo se modifican los alimentos en los procesos de cocción por ello se analizan en el presente ensayo cocción en cocina eléctrica y solar.

El impacto ambiental directo de la construcción de las cocinas y hornos solares, por la que se generan desechos, resulta despreciable frente al impacto positivo en el ambiente que su uso generalizado implicaría. Los beneficios se refieren a la disminución del impacto ambiental por el uso residencial, comercial e industrial de la leña. El uso de leña, afecta a la biodiversidad e incrementa la deforestación. En cuanto a lo económico el recurso solar que provee la energía utilizada no tiene costo y en muchas zonas de esta región (NOA) el recurso solar es adecuado para el funcionamiento de estos dispositivos. La accesividad a redes eléctricas es nula o muy distante en muchas áreas de la región antes mencionada por lo que el horno solar es una alternativa con gran ventaja.

## Materiales y Métodos

Para la cocción eléctrica se empleó un anafe eléctrico de 1000 W de potencia máxima con regulador de cinco niveles, empleando una potencia media regulada en nivel 3. El horno solar empleado fue de tipo caja, con un volumen estimado de 0.284 m<sup>3</sup>, construido sobre una estructura de metal con placa absorbidora de hierro galvanizado, forrada con aislante de espuma de poliuretano y recubrimiento exterior de chapa metálica de hierro, en la parte superior del horno tipo tiene doble tapa de vidrio de 3mm, separadas entre si por 0,02 m con una inclinación de 23°.

Una porción de frutos de arándanos azules cosecha 2021, Se lavaron los frutos y luego se conservaron en freezer (temperatura -12° a -16°C). Para los análisis se tomaron los frutos y se dejó que alcancen una temperatura de 25° C.

Se realizó una cocción de frutos en cocina eléctrica, adicionando 151,80 g de arándanos en 166,00 g de agua, midiéndose los grados brix del agua, cada 5 minutos durante la cocción hasta llegar a los 6° Bx . Para la cocción solar se pesó 151,40 g de arándanos en 165,90 g de agua, midiéndose los grados brix también del agua durante la cocción hasta llegar a los 6° Bx

Así mismo para este último proceso de cocción se midieron otras variables cada 20 minutos como: radiación solar en el plano de la cubierta del horno solar, temperaturas en la placa absorbadora, en el ambiente interior del horno, en los frutos en cocción y la temperatura exterior al horno solar.

Luego de las respectivas cocciones, se realizaron extractos de cada una la muestra y un tercer grupo de muestras de los frutos frescos no cocinados.

Para realizar cada extracto, se pesó 5 g de arándano fresco o cocidos, y posteriormente se homogeneizó la muestra con un homogeneizador usando como solvente etanol al 80 %[2]. Se realizó doble extracción mediante filtración en vacío[3].

Se determinó el contenido total de compuestos fenólicos mediante la técnica de Folin Ciocalteu. El mismo consiste en una reacción colorimétrica de óxido-reducción, en la que el reactivo utilizado es una mezcla de ácidos fosfotúngstico ( $H_3PW_{12}O_{10}$ ) y fosfomolibdico ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ). Los compuestos fenólicos presentes en el extracto reducen a los ácidos dando lugar a una mezcla de óxidos de tungsteno ( $W_8O_{23}$ ) y molibdeno ( $Mo_8O_{23}$ ). La reacción forma un cromóforo azul que puede cuantificarse por espectrofotometría de luz visible a una  $\lambda$  de 765 nm.

También se evaluó la actividad antioxidante mediante decoloración del radical libre DPPH•. El DPPH• es un radical estable, ampliamente utilizado para evaluar la actividad antioxidante de extractos de plantas y alimentos. En solución metanólica presenta un máximo de absorbancia a 515 nm y la coloración de la solución es violeta intenso. Al reaccionar con un antioxidante fenólico, este abstrae un átomo de hidrógeno, produciendo 2,2-difenil-1-picrilhidrazina (DPPH-H). La absorbancia a 515 nm desaparece, virando a color amarillo. El grado de decoloración de la solución indica la eficiencia de la sustancia antioxidante como atrapadora de radicales, y a su capacidad de ceder átomos de hidrógeno o electrones [4]. Los ensayos se realizaron por triplicado, empleando ácido gálico para la elaboración de las curvas de calibración. Los resultados obtenidos se expresaron como promedio  $\pm$  desviación estándar, y para su comparación se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA) del paquete estadístico InfoStat (InfoStat 2015, <http://www.infostat.com.ar>). Las diferencias significativas fueron evaluadas mediante el test LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

## Resultados

Una vez que se comenzó con la cocción de los frutos en la cocina eléctrica se observó que rápidamente se alcanza el punto de ebullición de la mezcla arándanos-agua (99° C), a los 6 min, en tanto que en la cocción solar se llega al punto de ebullición de la mezcla a los 95 minutos. El aumento de los grados brix fue mucho más lento en la cocción solar. Esta variable es la que determina en el ensayo el punto en el que se retiran los frutos de las cocinas.

El recipiente empleado en la cocción de los frutos tenía tapa de vidrio transparente por lo que en la cocción solar los arándanos estuvieron expuestos a la radiación directa que llega hasta el interior del horno solar.

La cuantificación de fenoles totales y actividad antioxidante en arándanos se muestran en la Tabla 1. Para facilitar su comparación se emplea un mismo grafico tanto para frutos frescos y en las dos formas de cocción, cocina eléctrica y cocina solar.

	Actividad antioxidante	Contenido total de compuestos fenólicos
<i>Muestra</i>	<i>mg Ac. Gálico/g MS</i>	<i>mg Ac. Gálico/g MS</i>
Fruta fresca	1,91 $\pm$ 0,21 <sup>A</sup>	6,24 $\pm$ 0,30 <sup>A</sup>
Cocción solar	0,77 $\pm$ 0,21 <sup>B</sup>	2,78 $\pm$ 0,30 <sup>B</sup>
Cocción eléctrica	1,77 $\pm$ 0,21 <sup>A</sup>	4,01 $\pm$ 0,30 <sup>B</sup>
Actividad Antioxidante y contenido total de compuestos fenólicos de las muestras de arándanos procesadas. Las letras A y B representan las diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) (Test LSD Fisher)		

Tabla 1

La cuantificación se expresa en relación de los miligramos de ácido gálico (AG) por cada gramo de materia seca de los arándanos ,

Se puede observar una diferencia significativa al comparar las técnicas de cocción tanto al analizar compuesto fenólicos y la actividad antioxidante. En la Tabla 1 se observa una disminución en la cantidad de compuestos fenólicos con respecto a los frutos frescos. Al analizar la actividad antioxidante se observa que luego de la cocción solar se reduce la capacidad antirradicalaria de los componentes antioxidantes.

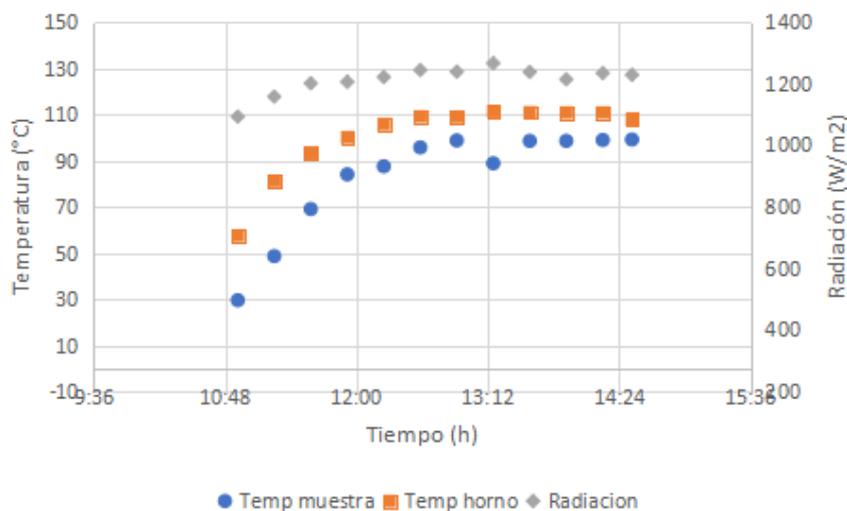


Gráfico 1: Variables medidas en el horno solar 15/03/2022

## Discusión

Se pudo determinar que mediante los métodos de cocción empleados se observa una disminución en el contenido total de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en comparación a los valores que presentan los frutos frescos. Estos resultados aseveran que los frutos se ven afectados por el tiempo de cocción y el grado de exposición a la radiación solar, sugiriendo la modificación de las condiciones para cocción solar con la intención de reducir la radiación solar directa que pueda deteriorar los compuestos bioactivos con actividad antioxidante, especialmente las antocianinas.

## Conclusión

- Mediante la cocción solar y cocción eléctrica se logró alcanzar los 6° Bx (°Brix) en los arándanos tratados, pero en tiempos diferentes de procesamiento.
- Se obtuvieron extractos de arándanos frescos y bajo los diferentes tratamientos con diferencias al evaluar los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante.
- Se determinaron diferencias significativas en compuestos fenólicos y actividad antioxidante al comparar los métodos de cocción, observándose que los valores más bajos son los obtenidos por cocción solar.
- Se sugiere la modificación de las condiciones para cocción solar con la intención de reducir la radiación solar directa que pueda deteriorar los compuestos bioactivos con actividad antioxidante.

## REFERENCIAS

1. Funk, P. A. (2000). Evaluating the international standard procedure for testing solar cookers and reporting performance. *Solar Energy*, 68 (1), 1-7
2. Liu, F., Cheng, X., Liu, W., Miu, J., Wang, J., Cui, X. y Lu, X. (2021). Estudio sobre la Extracción de Polifenoles de Hojas de Arándano y sus propiedades antioxidantes. En *E3S Web de Conferencias* (Vol. 251, p. 02059). Ciencias EDP.
3. Cayupán, YSC, Ochoa, MJ, & Nazareno, MA (2011). Sustancias promotoras de la salud y propiedades antioxidantes de *Opuntia* sp. frutas Cambios en el contenido de compuestos bioactivos durante el proceso de maduración. *Química alimentaria*, 126 (2), 514-519.
4. Lavaisse, L. (2014). Aplicación de la enzima lacasa de origen microbiano en la síntesis de un polímero fenólico con propiedades antioxidantes (Tesis de grado). Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, Argentina.

**RENDIMIENTOS OPERATIVOS DE TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN  
PLANTACIONES DE ALGARROBO BLANCO**

**García, J. <sup>(1,2)</sup>\*, Cardona, G. <sup>(2)</sup>, Sánchez Ugalde, R. <sup>(2)</sup> y Sarmiento, M. <sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> *Becario CONICET (FCF/UNSE)*

<sup>(2)</sup> *Departamento de Producción Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina.*

*\*Correo Electrónico (autor de contacto): jorgegarcia5439@gmail.com*

**RESUMEN**

*Los tratamientos silviculturales son aquellas prácticas tendientes a incrementar los rendimientos económicos de los rodales, su ejecución adecuada en tiempo y forma conlleva a lograr plantaciones exitosas. La provincia de Santiago del Estero cuenta con casi 3000 ha forestadas con algarrobo blanco, en la cual la mayoría carece de manejo silvícola. El objetivo de este trabajo es evaluar rendimientos operativos de poda y raleo en plantaciones forestales de algarrobo blanco de diferentes edades. La muestra estuvo conformada por 4 productores con parcelas ubicadas en los departamentos Robles y Loreto de la provincia de Santiago del Estero. El trabajo de campo permitió registrar los tiempos operativos de prácticas de poda y raleo con diferentes herramientas. El estudio demuestra que la 1° poda de formación demanda 0,32 min/árbol, la 2° poda de conducción requiere 0,81 min/árbol y la 3° poda 1,21 min/árbol. Asimismo, se demostró que la actividad del primer raleo a desecho demanda en promedio 2.3 min/árbol.*

**ABSTRACT**

*Silvicultural treatments are those practices aimed at increasing the economic yields of the stands, their proper execution in a timely manner leads to successful plantations. The province of Santiago del Estero has almost 3000 hectares planted with white carob trees, most of which lack forestry management. The objective of this work is to evaluate operative yields of pruning and thinning in forest plantations of different ages. The sample consisted of 4 producers with plots located in the Robles and Loreto departments of the province of Santiago del Estero. The field work allowed to record the operative times of pruning and thinning practices with different tools. The study shows that the 1st formation pruning requires 0.32 min/tree, the 2nd conduction pruning requires 0.81 min/tree and the 3rd pruning 1.21 min/tree. Likewise, it was shown that the activity of the first thinning to disposal demands an average of 2.3 min/tree.*

*Palabras clave: prácticas silviculturales, estudio de tiempos, productividad.*

## Introducción

El algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) se destaca como especie forestal nativa de gran importancia en las Regiones Semiáridas Argentinas, es muy abundante en la zona centro y norte del país, en las provincias fitogeográficas del Chaco, Espinal y del Monte. En el marco de la Ley Nacional N°25.080/99, se incentiva a la forestación de especies nativas y exóticas en todo el territorio nacional, mediante un Apoyo Económico No Reintegrable (AENR). El algarrobo blanco es la principal especie nativa promocionada en la región Parque Chaqueño para realizar plantaciones comerciales. Las investigaciones del algarrobo blanco implantado cobran mayor impulso desde la sanción de la mencionada ley (Coronel de Renolfi *et al.*, 2014).

El manejo silvicultural del rodal es clave para garantizar madera en volumen y calidad. La poda forestal consiste en la eliminación de las ramas vivas o muertas de la parte inferior del fuste del árbol, utilizando técnicas y herramientas adecuadas, su objetivo principal es mejorar la calidad de la madera (Davel *et al.*, 2009). Por otro lado, el raleo forestal es una actividad la cual consiste en reducir gradualmente la densidad de la masa para concentrar el crecimiento en los mejores individuos. Estos tratamientos silviculturales tienen un gran impacto en la valoración del producto final.

Cardona *et al.*, (2018) señalan que en la provincia de Santiago del Estero son exiguos los estudios sobre tiempos operativos, rendimientos y costos forestales. Ante la escasez de investigación en aspectos económicos del algarrobo blanco, este trabajo pretende aportar información referida a los rendimientos operativos durante las actividades de podas y raleos en plantaciones puras de *Prosopis alba*.

## Materiales y Métodos

La provincia de Santiago del Estero está situada en el centro norte de Argentina, tiene una superficie de 145.690 km<sup>2</sup>, siendo la décima en extensión del país. Se encuentra ubicada entre los 25° 35' y los 30° 41' de latitud sur y entre los 61° 34' y los 65° 34' de longitud oeste. El estudio tuvo lugar en los departamentos Robles (localidades de Beltrán y Colonia El Simbolar) y departamento Loreto (ciudad homónima). Ambos departamentos se encuentran ubicados dentro del área de riego de la provincia (Figura 1).

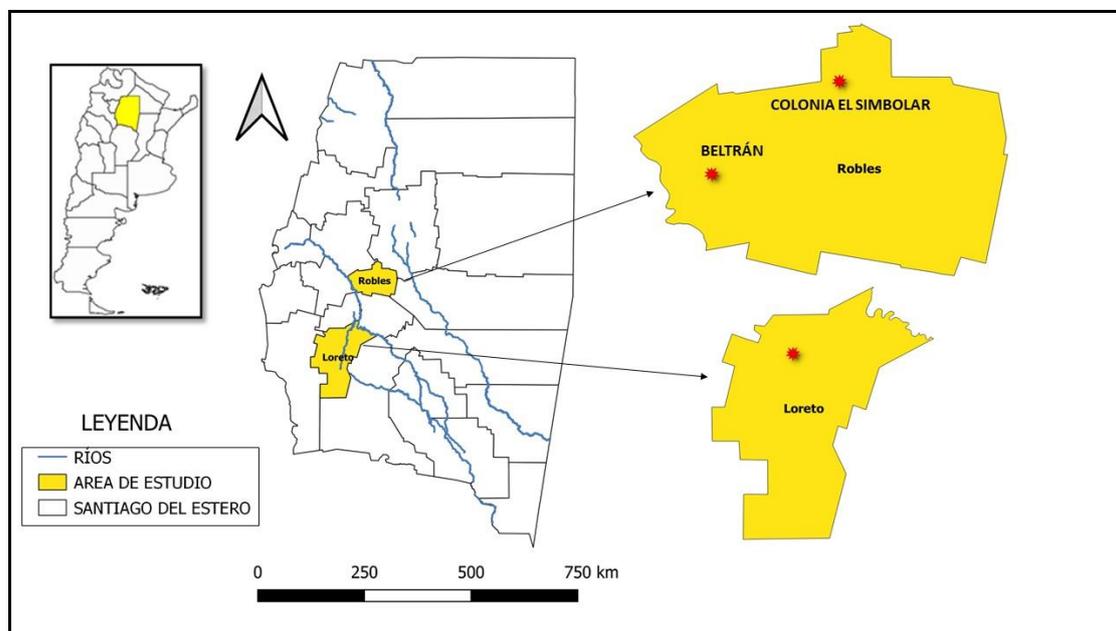


Figura 1. Área de estudio: Departamentos Robles y Loreto provincia de Santiago del Estero, Argentina

El muestreo de estudio fue del tipo intencional, se seleccionaron lotes de plantaciones de diferentes edades con el fin de evaluar el rendimiento en distintos contextos silvícolas. Las unidades experimentales consistieron en 4 lotes con plantaciones puras de algarrobo blanco, incluidos dentro de la categoría Pequeños Productores (Forestaciones de hasta 10 ha).

Los operarios participantes del estudio tuvieron todos los mismos niveles de experiencia, el jornal de trabajo considerado fue de 8 h/día (6 h efectivas y 2 h de descanso reglamentario).

El registro de tiempos y rendimientos operativos se efectuó mediante observación directa, la cual consistió en registrar in situ los tiempos de trabajo de las operaciones. La actividad se registró mediante cronometría por filmación, volcando posteriormente los datos en planillas electrónicas confeccionadas para tal fin. El cronometraje se computó en distintos momentos de la jornada laboral con diferentes operarios, con el fin de recoger las variaciones en el rendimiento de trabajo.

Para el estudio de poda se analizaron dos casos situados en el departamento Robles cuyos marcos de plantación fueron de 4m x 5m (500 pl/ha) y un tercer caso en el departamento Loreto con un marco de plantación de 4m x 4m (625 pl/ha). El estudio de raleo tuvo lugar en Colonia El Simbolar (Robles), dicha plantación cuenta con un marco de plantación de 4m x 4m (625 pl/ha).

## Resultados

A continuación, se presenta los resultados promedios de tiempos efectivos, tiempos operativos y coeficientes efectivos de trabajo de los 3 tipos de Podas ejecutadas y el 1° Raleo no comercial (Tabla 1). Cabe destacar, que la segunda poda fue una actividad que contempló dos tareas conjuntas, una primera pasada con motosierra para podar ramas gruesas y una segunda pasada con tijera y serrucho para las ramas remanentes (diámetros más finos).

Tabla 1. Tiempos operativos en actividades silvícolas de poda y raleo

TIPO DE PODA	Te MEDIO	TOT	r
1° Poda	0,32 min/árbol	0,37 min/árbol	0,86
2 ° Poda (Tijera + Serrucho)	0,42 min/árbol	0,56 min/árbol	0,75
2 ° Poda (Motosierra)	0,39 min/árbol	0,53 min/árbol	0,73
Total 2° Poda	0,81 min/árbol	1,09 min/árbol	0,74
3° Poda	1,21 min/árbol	1,94 min/árbol	0,62
1° Raleo	1 min/árbol	2.3 min/árbol	0.43

En la Tabla 2 se expone los resultados de rendimientos de poda y raleo por cuadrilla y por operario bajo diferentes condiciones silviculturales. Para el cálculo de poda, se consideró un 70% de la densidad inicial de plantación como actividad efectiva, ya que el porcentaje remanente es ocupado por árboles muertos, inexistentes o sin necesidad de ser intervenidos. La actividad de raleo contempló: apeo, trozado y apilado. La intensidad de raleo considerada fue del 50% de la densidad total.

Tabla 2. Rendimientos de superficie podada y raleada según tratamiento silvicultural

TRATAMIENTO	EDAD PLANTACION (AÑOS)	RENDIMIENTO CUADRILLA	N° DE OPERARIOS	REND/ PERSONA	J/ HA	PL/J
1° PODA	2	5 ha/día	4	1,25 ha/día	0,8	437
2° PODA	5	2 ha/día	3	0,66 ha/día	1,51	231
3 ° PODA	8	0,75 ha/día	3	0,25 ha/día	4	110
1 ° RALEO	7	0.5 ha/día	3	0.16 ha/día	6.25	50

## Discusión

El tiempo de poda en las distintas unidades experimentales fue sumamente variable, se pudo constatar la existencia de una relación directa entre rendimientos de los tratamientos silviculturales y edad de plantación, a medida que aumenta la edad de plantación el rendimiento de poda/raleo decae y los costos se incrementan.

Los resultados de rendimiento en la primera poda obtenidos en la presente investigación (6,4 h/ha) son comparables a los expuestos por Vega & Pérez (2010) quien menciona que el promedio de tiempo de poda en plantaciones jóvenes de *Prosopis alba*, oscila entre 6,31 h/ha y 10,89 h/ha. Por otro lado, Davel et al., (2009) sostienen que cuando la poda en Pino es realizada con motosierra se obtiene un rendimiento de 100 pl/jornal, siendo este valor similar al obtenido en la 3° poda del presente estudio (poda y trozado de leña) con 110 plantas/jornal.

Resulta útil mencionar, que los tiempos operativos de raleo encontrados en este estudio son semejantes a los reportados por Renolfi et al., (2014) quienes mencionan un tiempo efectivo medio de 1.66/árbol y un tiempo operativo total de 2.66 min/árbol, valores cercanos a los aquí presentados.

## Conclusiones

- La falta de manejo en tiempo y forma de las plantaciones forestales, ocasiona una mayor demanda de tiempo para la ejecución de los tratamientos silvícolas, lo cual repercute en los costos de la actividad.
- El rendimiento de la actividad de raleo se vio influenciada por las tareas complementarias de trozado y apilado.
- En los sitios estudiados se observó que la especie *Prosopis alba* requiere de una silvicultura de formación y conducción para garantizar una buena calidad de madera.

## REFERENCIAS

1. Cardona, G.; R. Sánchez Ugalde; J. García; Á. Veliz; C. Vega y M. Sarmiento. 2018. Metodología para determinar tiempos de implantación de *Prosopis alba* en Santiago del Estero. Revista Quebracho, 26(1), p.79–89.
2. Coronel de Renolfi, M. y A. T. Gómez, 2014. Estimación del costo del primer raleo de algarrobo blanco (*Prosopis alba*): metodología aplicada al caso de una plantación en Herrera, Santiago del Estero, Argentina. Ingeniería Solidaria, 10(17), p. 19–27. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.790>
3. Davel, M.; L. Tejera y M. Honorato. 2009. Poda y raleo a desecho en plantaciones de pinos. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_forestal16\\_manejo\\_forestal.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_forestal16_manejo_forestal.pdf)
4. Vega, C. D. y V. R. Pérez. 2010. Costos de la primera poda baja sistemática en *Prosopis alba*. XXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos, p.1–11.

## EFFECTO DEL DESGRASADO EN EL COLOR DE QUESOS UNTABLES DE CABRA

Camila Moreno Fernández<sup>(1)</sup>, Nelson Leguizamón<sup>(1)</sup>, Florencia Salinas<sup>(1)</sup> y Florencia Frau<sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [ffrau@unse.edu.ar](mailto:ffrau@unse.edu.ar)

### RESUMEN

*El queso de cabra es un producto de gran aceptación en el mercado; sin embargo, su alto contenido en grasas es un factor limitante para los consumidores que buscan una dieta saludable.*

*El color de los alimentos es un atributo sensorial que a menudo se pasa por alto y que en realidad puede cambiar la percepción del sabor de los consumidores. En el caso del queso, el sabor es un atributo importante que afecta la aceptación del consumidor y la comercialización. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto del desgrasado de la leche en el color de quesos unttables de cabra. Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los parámetros  $L^*$  y  $b^*$ , indicando que los quesos unttables bajos en grasa eran menos luminosos y más amarillentos que los quesos elaborados con leche entera. Los resultados obtenidos indican la necesidad de encontrar soluciones tecnológicas que permitan la obtención de quesos unttables de cabra bajos en grasa con un color similar a aquellos quesos elaborados con el contenido de grasa total de la leche. La presentación de quesos con un color amarillento no es aceptada por los consumidores habituales de productos caprinos.*

### ABSTRACT

*Goat cheese is a widely accepted product in the market; however, its high fat content is a limiting factor for consumers seeking a healthy diet. The color of food is an often overlooked sensory attribute that can actually change consumers' flavor perception. In case of cheese, flavor is an important attribute that affects consumer acceptance and marketing. The aim of this study was to evaluate the impact of milk defatting on the color of spreadable goat cheeses. Significant differences ( $p < 0.05$ ) were observed in the  $L^*$  and  $b^*$  parameters, indicating that low-fat spreadable cheeses were less luminous and more yellowish than cheeses made with full fat milk. The results obtained indicate the need to find technological solutions that allow obtaining low-fat spreadable goat cheese with a color similar to those made with the total fat content of milk. The presentation of cheeses with a yellowish color is not accepted by the usual consumers of goat products.*

**Palabras Clave:** Quesos bajos en grasa, aceptabilidad, calidad, desgrasado, tecnología de quesos

## **INTRODUCCIÓN**

La leche de cabra y los subproductos caprinos, como por ejemplo los quesos, son percibidos por los consumidores como ecológicos y con mayores beneficios para la salud. Los quesos artesanales de cabra se consideran una excelente fuente de proteínas, lípidos, vitaminas y elementos minerales. Hoy en día, la tendencia a consumir alimentos saludables en el mundo va en aumento.

El queso de cabra es un producto de gran aceptación en el mercado; sin embargo, su alto contenido en grasas es un factor limitante para los consumidores que buscan una dieta saludable.

El color de los alimentos es un atributo sensorial que a menudo se pasa por alto y que en realidad puede cambiar la percepción del sabor de los consumidores. En el caso del queso, el sabor es un atributo importante que afecta la aceptación del consumidor y la comercialización.

Los productos bajos en grasa, especialmente los quesos, presentan características sensoriales diferentes a la variedad sin la eliminación de la grasa; cuando faltan notas de sabor agradables en los quesos bajos en grasa, la atención de los consumidores puede dirigirse al color del queso y, por lo tanto, convertirse en un detrimento para las ventas si el color del queso está fuera de la norma. Se conoce que la remoción de grasa tiene impacto en el color de los alimentos, de manera que resulta importante su estudio al desarrollar nuevos alimentos bajos en grasa.

En quesos caprinos el color es un factor importante ya que los consumidores habituales de este alimento esperan productos más blancos que los quesos obtenidos de leche de vaca, de manera que las variaciones introducidas en su proceso de elaboración deben llevar a la obtención de quesos que mantengan el color blanco.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto del desgrasado de la leche en el color de quesos untables de cabra.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### Elaboración del queso

Se elaboraron tres batches de queso (de dos litros cada uno) a partir de leche fresca de cabra obtenida de un pequeño productor de la provincia de Santiago del Estero. Se realizaron dos ensayos independientes que produjeron un total de seis lotes de muestras de queso untables.

Para cada ensayo, la leche se pasteurizó a 75 °C durante 30 minutos y se adicionaron 0,035 g/L de CaCl<sub>2</sub>. Tres cuartas partes de la leche fue descremada, empleando una descremadora de mesa y realizando dos ciclos de desgrasado. El contenido de grasa final de la leche se estandarizó mezclando leche descremada con leche entera para obtener una concentración final de grasa (p/p) de 5,00 % (Q1) y 2 % (Q2).

La elaboración del queso se realizó de acuerdo a Frau (2011), empleado cultivos comerciales (Chr. Hansen).

### Mediciones de color

Las mediciones de color se realizaron con un colorímetro Minolta ChromaMeter CR-400, Osaka, Japón. El color de los quesos se analizó en la parte superior. Se tomaron tres lecturas y se promediaron para cada una de las tres repeticiones; el parámetro L mide la luminosidad o brillantez de la muestra; a mide la tonalidad del color verde a rojo y b las tonalidades de azul a amarillo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los valores promedio del análisis de color se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores de L\*, a\* y b\* para quesos untables de cabra en estudio

Parámetro	Quesos	
	Q1	Q2
<b>L*</b>	92,35 ± 0,91 <sup>a</sup>	80,93 ± 0,34 <sup>b</sup>
<b>a*</b>	-3,29 ± 0,50 <sup>a</sup>	-3,84 ± 0,12 <sup>a</sup>
<b>b*</b>	15,20 ± 0,95 <sup>a</sup>	23,48 ± 0,28 <sup>b</sup>

Los valores en la misma fila con distintos superíndices son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Q1: Queso con 5% de grasa; Q2: Queso con 2% de grasa

Todas las muestras presentaron valores altos de luminosidad (L\*), con predominio del componente amarillo (b\*) en comparación con el componente verde (a\*), lo que sugiere que el blanco amarillento contribuyó principalmente a las características de color del queso (Moreira et al., 2019).

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en L\*, siendo mayores en Q1, indicando el impacto de la grasa en la luminosidad. En un material sólido como el queso, la luz penetra en las capas superficiales y es dispersada por los glóbulos de grasa láctea y las bolsas de suero (Sánchez-Macías et al., 2010); por lo tanto, la disminución del número de glóbulos de grasa disminuiría el valor de L\*. No se observaron diferencias significativas en el valor de a\*, lo que indica que el proceso de desgrasado no afecta a este parámetro.

Se observó que b\* es significativamente mayor en Q2 ( $p < 0,05$ ); este resultado demuestra que la remoción de grasa da como resultado quesos más amarillos, similares a los productos obtenidos de leche de cabra, haciendo que los productos bajos en grasa sean menos aceptables para el consumidor habitual de quesos de cabra.

## CONCLUSIONES

El desgrasado de la leche influye significativamente en el color de los quesos untables de cabra, produciendo quesos menos luminosos y más amarillos que la variedad entera.

Los resultados obtenidos indican la necesidad de encontrar soluciones tecnológicas que permitan la obtención de quesos untables de cabra bajos en grasa con un color similar a aquellos quesos elaborados con el contenido de grasa total de la leche.

La presentación de quesos con un color amarillento no es aceptada por los consumidores habituales de productos caprinos.

## REFERENCIAS

1. Frau F (2011) Desarrollo de Quesos Untables de Cabra usando Fermentos Lácticos Autóctonos, como Estrategia Tecnológica para la Cuenca Caprina de Santiago del Estero.
2. Frau F, Leguizamón Carate JN, Salinas F, et al. (2021) Effect of vacuum packaging on artisanal goat cheeses during refrigerated storage. *Food Science and Technology (Brazil)* 41(2). Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos, SBCTA: 295–303. DOI: 10.1590/fst.36719.
3. R. Wadhvani and D. J. McMahon. 2012. Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking. *J. Dairy Sci.* 95 :2336–2346 <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-5142>.
4. Todaro M, Palmeri M, Cardamone C, et al. (2018) Impact of packaging on the microbiological, physicochemical and sensory characteristics of a “pasta filata” cheese. *Food Packaging and Shelf Life*, 17, 85-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.06.005>.

## CONSERVACIÓN DE ZANAHORIAS FRESCAS EN ATMOSFERA MODIFICADA PASIVA

Diego R. Gutiérrez<sup>(1,2)</sup>, Mariana J. Farías<sup>(1,2)</sup>, María L. Lemos<sup>(1,2)</sup>, Silvia Rodríguez<sup>(1,2)\*</sup>

<sup>(1)</sup> CIBAAL CONICET-UNSE, Villa El Zanjón, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup> - ICyTA - Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina.

\*[silviadepece@hotmail.com](mailto:silviadepece@hotmail.com)

### RESUMEN

En el NOA existen pequeños y medianos productores hortofrutícolas que comercializan sus productos a granel sin adición de valor agregado. Por ejemplo, la zanahoria se la expende en bolsas de 25 Kg (para su traslado a mercados concentradores) o envasadas en bolsas plásticas perforadas de 1 kg, para venta directa al público. En este trabajo se estudió el efecto del envasado en atmósfera modificada pasiva (AMP) en la conservación y calidad de zanahorias enteras. Se trabajó con zanahorias (*Daucus carota*) de la variedad Chantenay, cosechadas y lavadas en la zona de producción del Departamento Banda-Santiago del Estero. Las zanahorias fueron nuevamente lavadas con agua clorada (5 min-100 ppm HClO), escurridas bajo refrigeración, pesadas (aproximadamente 500 g) y envasadas en bolsas de polipropileno de 35  $\mu$ m de espesor, selladas y perforadas (control). Todas las muestras se almacenaron en cámaras a 5 °C durante 7 meses. Periódicamente se evaluó la evolución de: características sensoriales (aspecto general, color, olor y sabor, con jueces entrenados), gases del espacio de cabeza ( $O_2$  y  $CO_2$ ), color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), sólidos solubles, capacidad antioxidante y fenoles totales. El equilibrio de la concentración de la atmósfera interna de las bolsas selladas se alcanzó al mes con niveles de 3,15 % de  $CO_2$ . Las zanahorias mantuvieron buenas características sensoriales durante 6 meses en la atmósfera generada por la película plástica, y la vida útil estuvo limitada por el crecimiento de raíces, evidenciadas a partir del séptimo mes. Los sólidos solubles del control disminuyeron más lo largo del almacenamiento, influyendo en el sabor. No se observaron diferencias significativas en el contenido de fenoles ni de capacidad antioxidante durante el almacenamiento y entre tratamientos. De acuerdo a los resultados es posible conservar zanahorias refrigeradas en AMP con una vida útil de 6 meses a 5 °C.

### ABSTRACT

In the NOA there are many small and medium-sized fruit and vegetable producers who sell their products in bulk without adding value. For example, carrots are sold in 25-kg bags (for shipment to hub markets) or packed in 1-kg perforated plastic bags for direct sale to the public through greengrocers. In this work, the effect of passive modified atmosphere packaging (MAP) on the preservation and quality of whole carrots was studied. Carrots (*Daucus carota*) of the Chantenay variety, harvested and washed in the production area of the Department of Banda-Santiago del Estero were used. The carrots were again washed with chlorinated water (5 min-100 ppm HClO), drained under refrigeration, weighed (approximately 500 g) and packed in 35  $\mu$ m thick, perforated and perforated polypropylene bags (control). All samples were stored in chambers at 5 °C for 7 months. The evolution of sensory characteristics (general appearance, color, smell and taste, with trained judges), headspace gases ( $O_2$  and  $CO_2$ ), color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ), soluble solids, capacity antioxidant and total phenols were studied. The balance of the concentration of the internal atmosphere of the sealed bags was reached after a month with levels of 3.15% of  $CO_2$ . The carrots maintained good sensory characteristics for 6 months in the atmosphere generated by the plastic film, and the useful life was limited by the growth of roots, evidenced from the seventh month. The soluble solids of the control decreased more throughout the storage, influencing the flavor. No significant differences in phenol

*content or antioxidant capacity were observed during storage and between treatments. According to the results, it is possible to preserve refrigerated carrots in AMP with a shelf life of 6 months at 5 °C.*

*Palabras clave: Zanahoria, conservación, poscosecha, atmósferas modificadas pasivas.*

## **Introducción**

En la actualidad, el sector hortícola argentino enfrenta importantes desafíos originados, no solo por las posibilidades de diversificación productiva y su expansión, sino que también por la optimización del nivel tecnológico, la logística y la comercialización, la aplicación de normas de calidad, el crecimiento de la agroindustria, la diferenciación y valorización de sus producciones, así como por la necesidad de expansión de la producción local y regional [1].

En provincias del NOA, existen numerosos pequeños y medianos productores que se dedican a la producción de frutas y hortalizas, las que se comercializan a granel sin adición de valor agregado. En Santiago del Estero, la producción frutihortícola se concentra en la zona de riego del Río Dulce, debido a las condiciones de disponibilidad de agua para riego. Actualmente, la zanahoria (*Daucus carota* L.) se comercializa en bolsas de 25 Kg (para su traslado a mercados concentradores distantes, tal como Buenos Aires) o envasadas en bolsas de polietileno de baja densidad perforadas de 1 kg (para la venta directa al público a través de verdulerías o supermercados), luego del lavado que se realiza en el campo para eliminar la materia orgánica adherida. En general, debido al manejo poscosecha deficiente, las zanahorias tiene una vida útil que se reduce solo a un par de meses, debido a la aparición de podredumbres, crecimiento de raíces o a la disminución significativa de su calidad sensorial (color y sabor). Cabe destacar que el cultivo de esta hortaliza es también importante desde el punto de vista nutricional debido a su contenido significativo en carotenoides, el cual se relaciona con la intensidad del color [2] y vitaminas A, B y C [1].

En este trabajo se estudió el efecto del envasado en atmósfera modificada pasiva en la conservación y calidad de zanahorias enteras, con el fin de encontrar alternativas para su comercialización que permitan conservar esta hortaliza con buena calidad durante el tiempo adecuado para su comercialización.

## **Materiales y Métodos**

Se trabajó con zanahorias de la variedad Chantenay, cosechadas y lavadas en Departamento Banda-Santiago del Estero. Las zanahorias fueron trasladadas al laboratorio y nuevamente lavadas con agua clorada (5 min-100 ppm HClO), escurridas bajo refrigeración, pesadas (aproximadamente 500 g) y envasadas. Para generar la atmosfera modificada pasiva (AMP), se utilizaron bolsas de polipropileno (PP) de 35  $\mu\text{m}$  de espesor y selladas. Las velocidades de transmisión de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  a 25 °C y 90 % de humedad relativa a través del PP fueron: 5000 mL  $\text{O}_2 \text{ m}^{-2} 24\text{h}^{-1} \text{ atm}^{-1}$  y 18.000 mL  $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} 24\text{h}^{-1} \text{ atm}^{-1}$  y la velocidad de transmisión al vapor de agua fue 110 g  $\text{m}^{-2} 24\text{h}^{-1} \text{ atm}^{-1}$  (datos suministrados por INTI-Argentina). Como control se envasaron zanahorias en bolsas perforadas previamente (presión y composición igual a la atmosférica). Todas las muestras se almacenaron en cámaras a 5 °C durante 6 meses. Periódicamente se extrajeron 5 bolsas de cada tratamiento para realizar las siguientes determinaciones:

-Composición interna de gases en el envase: Se midieron las concentraciones de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  utilizando un analizador portátil de gases de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  (Checkpoint, PBI Dansensor, Ringsted, Dinamarca), tomando para ello 15 mL del espacio de cabeza de cada muestra, a través de un septum (parche sellador de silicona adherido a la película), utilizando la aguja del sensor. Los datos se expresaron en %.

-Análisis Sensorial: Se llevó a cabo con panel entrenado formado por nueve jueces. Para la evaluación de las muestras se utilizó una escala de 5 puntos para la apariencia general, donde: 5 = excelente, 3 = aceptable (establecido como límite para su comercialización), 1 = muy mala. El color y el olor se evaluaron mediante una escala de 5 puntos, correspondiendo para el primero, 5 = naranja intenso, a 1 = naranja pálido, mientras que para el segundo, 5 = fresco o propio característico, a 1 = olores extraños intensos, siendo el límite establecido para la comercialización el valor de 3 [3].

-El color se determinó usando un colorímetro Minolta CTR 300 (Japón), obteniendo los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , según [4], y se calculó el Croma y el Hue, de acuerdo a [3 y 4]

-La determinación de la capacidad antioxidante fue realizada utilizando el reactivo 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) y se expresó como equivalente de Trolox / g de tejido fresco (tf). El contenido de fenoles totales se determinó por espectrofotometría empleando el reactivo de Folin-Ciocalteu, según lo descripto por [3], y se expresaron como miliequivalentes de ácido clorogénico /100 g de tf.

-Análisis estadístico de los datos: Los resultados fueron analizados por medio de Análisis de Varianza (ANOVA) usando el Infostat Versión 2011 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina). Se llevaron a cabo tres ensayos completos y todas las determinaciones se realizaron por triplicado. Las medias se compararon por la prueba de diferencias mínima significativa (DMS) a un nivel de significancia de 0,05.

## Resultados y discusión

El equilibrio de la concentración de la atmósfera interna de las bolsas selladas se alcanzó al mes con niveles de aproximadamente 3,2 % de CO<sub>2</sub> y 17,8 % de O<sub>2</sub>, y este se mantuvo sin variaciones significativas hasta el final de la conservación. Las zanahorias mantuvieron buenas características sensoriales durante 6 meses (Figura 1A y B) en la atmósfera generada por la película plástica de PP, y la vida útil estuvo limitada por el crecimiento de raíces, evidenciadas a partir del sexto mes, mientras que en el control (bolsas perforadas) la reducción de color y sabor se manifestó a partir del tercer mes de almacenamiento refrigerado. Los sólidos solubles disminuyeron a lo largo del almacenamiento en promedio 0,7 y 2,5 °Bx para las muestras envasadas en bolsas selladas y perforadas, respectivamente. La mayor disminución del sabor en las muestras control se relacionó con la mayor pérdida de azúcares, cuantificados a través de los sólidos solubles. Esto se debería a que la intensidad respiratoria (donde el principal sustrato son los azúcares libres del tejido vegetal) en las zanahorias conservadas en las bolsas perforadas fue mayor respecto de las almacenadas en AMP, ya que el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> induce una disminución de la velocidad respiratoria.

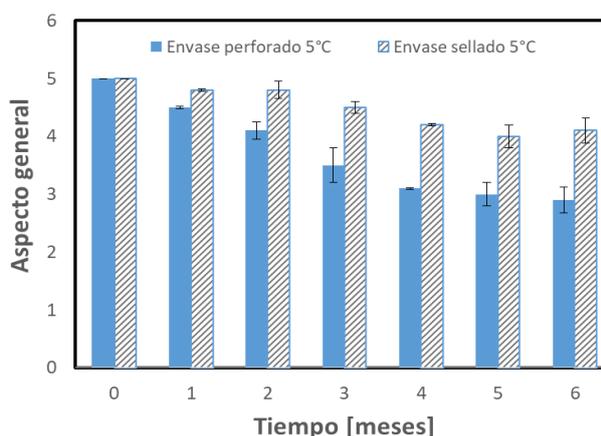


Figura 1:A- Imagen de la apariencia general de zanahorias enteras almacenadas en AMP durante 6 meses a 5 °C B- Evolución de la apariencia de zanahorias lavadas y conservadas a 5 °C por 6 meses en AMP y en envases perforados. DMS (0.05) = 0,41

Respecto del color, inicialmente las muestras presentaron los siguientes parámetros promedio, L\*: 59,6, Hue: 66 y Cromo: 49,5. En las muestras conservadas en AMP estos parámetros se mantuvieron sin variaciones significativas durante los 6 meses de almacenamiento, mientras que en las muestras control disminuyó significativamente su saturación expresada a través del Cromo y aumento de aproximadamente un 10 % del ángulo Hue a partir del tercer mes.

No se observaron diferencias significativas en el contenido de fenoles ni de la capacidad antioxidante durante el almacenamiento, como se observa en la Figura 2 A y B, respectivamente.

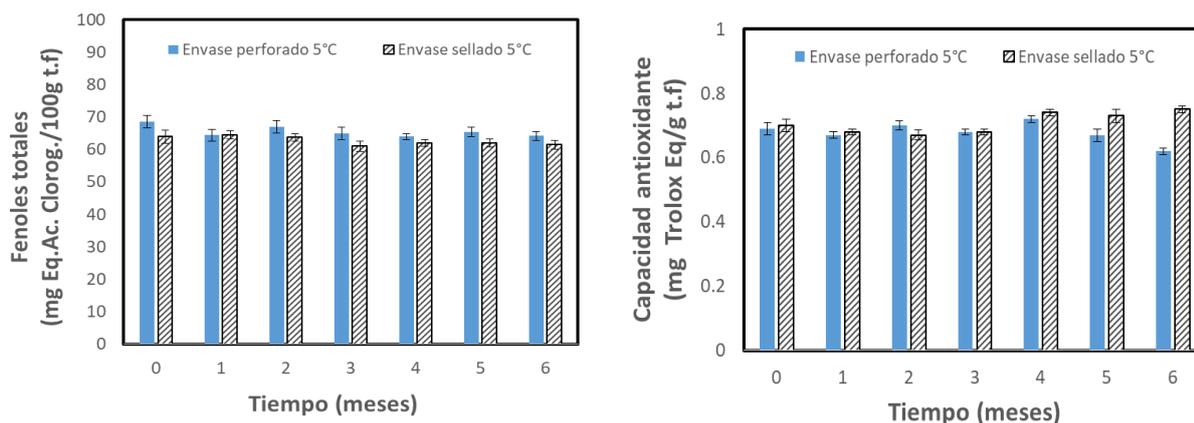


Figura 2: Evolución de la Capacidad antioxidante (A) y de fenoles totales (B) de zanahorias enteras almacenadas en AMP y en envase perforado durante 6 meses a 5 °C. A: DMS (0.03) = 0,4; B: DMS (0.05) = 3,5

La AMP generada por el PP reduciría la intensidad respiratoria de las zanahorias, utilizando al mismo tiempo menor cantidad de azúcares de sus tejidos. Las bolsas, además, mantuvieron la humedad relativa adecuada en el interior de los envases conservando mejor la apariencia general y el color, no observándose desarrollo de podredumbres durante el almacenamiento refrigerado.

## Conclusiones

En función de los resultados obtenidos, se puede concluir que la atmósfera interna (de aproximadamente 3 % de CO<sub>2</sub>) lograda por el envasado de las zanahorias con bolsas de polipropileno de 35 µm, permitió retener por mayor tiempo su calidad global. Esta propuesta tecnológica hace posible conservar esta hortaliza a 5°C durante 6 meses, sin la pérdida de color, sabor y desarrollo de podredumbres. Esta tecnología es factible y económica de aplicar tanto por medianos y pequeños productores, así como los consumidores a nivel de hogares y restaurantes.

## REFERENCIAS

1. A.M. Castagnino; K. Díaz; J. Fernández Lozano; A. Guisolis; O. Liverotti; M.B. Rosini; S. Sasale. Panorama del sector hortícola argentino: 2. Comercialización en el mercado interno y externo. *Horticultura Argentina* (2020) 39 (99).
2. N. Ventrera; L. Vignoni; M.S. Alessandro; M. Césari; R. Césari; V. Guinle; A. Giménez; O. Tapia. 2013. Caracterización por contenido de β-carotenos de ocho cultivares de zanahoria (*Daucus carota* L.) y su relación con el color. *Rev. FCA UNCUYO* (2013) 45(2): 211-218.
3. A. C. Torales; D.R. Gutierrez; S. Rodriguez. Influence of passive and active modified atmosphere packaging on yellowing and chlorophyll degrading enzymes activity in fresh-cut rocket leaves. *Food Packaging and Shelf Life*. Volume 26 (2020). <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2020.100569>.
4. Gutierrez, D.; Chaves, A.; Rodriguez, S. UV-C and ozone treatment influences on the antioxidant capacity and antioxidant system of minimally processed rocket (*Eruca sativa* Mill.). *Postharvest Biology and Technology*. Volume 138 (2019), p. 107-113.

## EVALUACION PRELIMINAR DE ESPECIES NATIVAS COMO BIOMORDIENTES PARA EL TEÑIDO CON TINTES NATURALES

**Badami P. <sup>(1)\*</sup>, Barraza J. <sup>(1)</sup>, Roger E. <sup>(1)</sup>, y González E. <sup>(1)</sup>**

*(1) Instituto Jardín Botánico. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av Costanera Diego Maradona s/n. Santiago del Estero, Argentina*

*\*Correo Electrónico (autor de contacto): [profpbadami@gmail.com](mailto:profpbadami@gmail.com)*

### RESUMEN

*Santiago del Estero es una provincia con un marcado acervo cultural: los tejidos, la música, las danzas y las creencias, son y serán parte de su identidad. Dentro de estas expresiones artísticas, la elaboración de textiles artesanales es una de las más antiguas que perdura hasta la actualidad. Si bien originalmente eran destinados al uso familiar, en los últimos tiempos la venta de estos productos constituye parte de los ingresos de las comunidades. Antiguamente el teñido era realizado utilizando tintes extraídos de plantas, sin embargo, con el tiempo estos fueron reemplazados por tintes artificiales que no solo van en desmedro de la tradición, sino que se ha demostrado que muchos son tóxicos y nocivos sobre el ambiente. Últimamente la preferencia de los consumidores por las sustancias naturales ha provocado el resurgimiento de los tintes naturales. Sin embargo, dentro del proceso de teñido con tintes naturales, para la fijación del tinte se utilizan sales metálicas o "mordientes" contaminantes. Por ello un avance importante implica encontrar fuentes naturales seguras, no tóxicas y ecológicas que puedan ser utilizadas como biomordientes. En este trabajo se presenta un estudio preliminar del empleo de cenizas de especies nativas del monte santiagueño para ser usadas como biomordientes. Las cenizas se obtuvieron de la calcinación de especies nativas: chañar, tusca, algarrobo negro, algarrobo blanco, brea, vinal, quebracho blanco, jume y cardón. El tinte empleado para evaluar la eficacia del biomordiente fue extracto de *Tessaria dodoneifolia* también llamada "suncho o chilca dulce". Como referencia se empleó el mordiente sintético alumbre ( $KAl(SO_4)_2$ ). Los resultados hasta el momento indican que la mayoría de las cenizas fijaron el tinte de manera eficaz, variando levemente las tonalidades, pero mostrando solidez en el color adquirido.*

### ABSTRACT

*Santiago del Estero is a province with a strong cultural heritage: fabrics, music, dances, and beliefs are and will be part of its identity. Within these artistic expressions, the elaboration of handmade textiles is one of the oldest and still survives to this day. Although originally intended for family use, in recent times the sale of these products has become part of the income of the communities. In the past, dyeing was done using dyes extracted from plants, but over time these have been replaced by artificial dyes that not only detract from tradition, but many have been shown to be toxic and harmful to the environment. Lately, consumer preference for natural substances has led to a resurgence of natural dyes. However, in the process of dyeing with natural dyes, metallic salts, or polluting "mordants" are used to fix the dye. Therefore, a breakthrough involves finding safe, non-toxic, and environmentally friendly natural sources that can be used as biomaterials. This paper presents a preliminary study of the use of ashes from native species of the Santiago del Estero forest to be used as biomaterials. The ashes were obtained from the calcination of native species: chañar, tusca, algarrobo negro, algarrobo blanco, brea, vinal, quebracho blanco, jume and cardón. The dye used to evaluate the effectiveness of the biomordent was extract of *Tessaria dodoneifolia* also called "suncho or chilca dulce". The synthetic mordant alum ( $KAl(SO_4)_2$ ) was used as a reference. The results so far*

indicate that most of the ashes fixed the dye effectively, varying slightly in shade, but showing fastness in the colour acquired. The synthetic mordant alum ( $KAl(SO_4)_2$ ) was used as a reference. The results so far indicate that most of the ashes fixed the dye effectively, varying slightly in shade, but showing fastness in the colour acquired.

**Palabras claves:** tintes naturales, monte, nativas, biomordientes.

## Introducción

Santiago del Estero es una provincia con un marcado acervo cultural: los tejidos, la música, las danzas y las creencias, son y serán parte de su cultura e identidad. Dentro de estas expresiones artísticas, la elaboración de textiles artesanales es una de las más antiguas que perdura hasta la actualidad. Si bien, originalmente estos textiles eran destinados al uso familiar, en los últimos tiempos se ha acrecentado la venta como una forma de acrecentar los ingresos de las comunidades. Este es un claro ejemplo de la importancia de lograr un aprovechamiento integral de los recursos forestales no madereros que pueden obtenerse del monte santiagueño como una oportunidad de desarrollo de las comunidades.

Desde tiempos antiguos en esta región para la elaboración de textiles se utilizaban tintes extraídos de plantas del monte, sin embargo, y debido a diversos factores, estos fueron reemplazados por tintes artificiales que no solo van en desmedro de la tradición y la calidad del producto, sino que se ha demostrado que muchos son tóxicos y presentan efectos nocivos sobre el ambiente. En los últimos tiempos la preferencia de los consumidores por las sustancias naturales, ha provocado el resurgimiento de los tintes naturales, “amigables” con el ambiente y más biodegradables que los sintéticos [1]. Sin embargo, el grado de fijación del color ha sido una preocupación de los investigadores existiendo trabajos que permitieron comprender el mecanismo de tinción en diversos sustratos textiles, incluida la lana. Una de las maneras de mejorar la fijación es la utilización de sales metálicas llamadas *mordientes* que interactúan con la fibra y modifican las características del color y las propiedades de solidez de los materiales teñidos. A pesar de ser el mordentado una parte fundamental del teñido, su empleo acarrea grandes inconvenientes al ambiente dado que se generan aguas residuales conteniendo iones metálicos tóxicos que provocan un impacto negativo a la salud y al ambiente [2]. Sobre estos antecedentes, un avance importante al proceso implica encontrar fuentes naturales seguras, no tóxicas y ecológicas que puedan ser utilizadas como biomordientes: materiales naturales biológicos que tienen ion(es) metálico(s), taninos, etc. en su mayoría provenientes de fuentes vegetales. Es conocido por las comunidades de artesanas del telar, las llamadas “teleras” sobre el uso de cenizas como sustancias para “amortiguar” o mordentar las fibras a teñir. A pesar de este conocimiento popular no existen estudios que sistematicen a estas especies en la bibliografía. Resulta por esto imperioso llevar a cabo investigaciones para caracterizar a las especies conocidas y buscar nuevas que puedan también servir para reemplazar a las sintéticas. Es por ello, que en este trabajo se presenta un estudio preliminar del uso de especies nativas del monte de Santiago del Estero para el uso como mordientes para el teñido ecológico de textiles.

## Materiales

Las especies analizadas como biomordientes fueron recolectadas en marzo del presente año de la localidad de La Lagunilla, Departamento Juan Felipe Ibarra, Santiago del Estero.

Las especies recolectadas fueron partes de troncos de chañar (*Geoffroea decorticans*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*), algarrobo blanco (*Prosopis alba*), brea (*Parkinsonia praecox*), tusca (*Vachellia aroma*), vinal (*Prosopis ruscifolia*), quebracho colorado (*Schinopsis balansae*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), jume negro (*Allenrolfea vaginata*) y cardón (*Stetsonya coryne*). A fin de comparar los resultados se empleó como mordiente sintético a Alumbre ( $KAl(SO_4)_2$ ). El tinte natural empleado para el proceso de teñido fue un extracto de *Tessaria dodoneifolia* recolectada de la localidad de El Zanjón, Santiago del Estero. Las fibras para teñir fueron lana de oveja adquirida a artesanas del Departamento San Martín, Santiago del Estero.

## Métodos

Para el estudio de los mordientes, una vez recogidas las especies antes descritas, se procedió a limpiarlas y calcinarlas hasta obtenerse sus cenizas las cuales fueron almacenadas en recipientes herméticos hasta su utilización.

*Preparación del Mordiente*

En vasos de precipitados se colocaron 30 g cenizas de cada especie y se adicionaron 500 ml de agua potable. A continuación, se calentaron a ebullición durante una hora y se dejaron reposar por 24 h. Transcurrido el tiempo, se filtraron. Como mordiente sintético de referencia se utilizó una solución de alumbre (5 g en 500 ml agua).

#### Preparación de las fibras

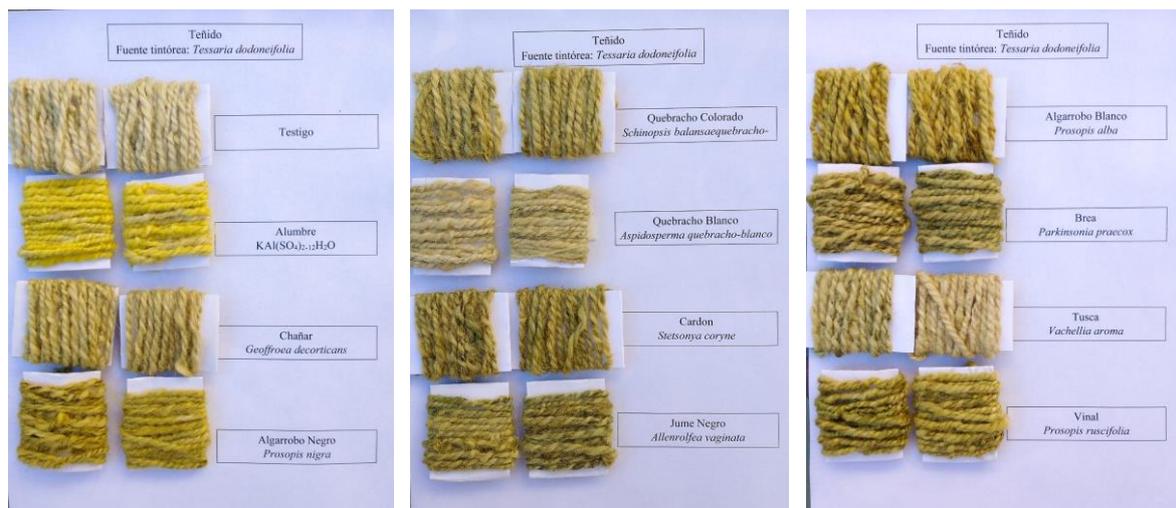
Una vez lavadas las fibras, se prepararon madejas de aproximadamente 2 g cada una. Cada madeja se etiquetó a fin de poder identificarse al final del procedimiento. Una vez preparadas, se colocaron dos madejas en cada los baños de mordientes y se calentaron, por el lapso de una hora, en planchas calefactoras cuidando de no superar los 40 grados. Luego de ese tiempo, se quitaron de la fuente de calor y se dejaron reposar durante 24 h.

#### Teñido

Simultáneamente con el paso anterior se prepararon los tintes. Para ello se empleó como fuente tintórea *Tessaria dodoneifolia*, especie muy utilizada en las comunidades campesinas como tinte natural. Para el baño de teñido se pesaron 120 g de *T. dodoneifolia* seca y se añadieron 2 l de agua. Se calentó a ebullición durante una hora, se quitó la fuente de calor y se dejó reposar durante 24 h. Transcurrido el tiempo, se filtró el tinte y se colocaron las madejas previamente mordentadas. También se colocaron dos muestras de lanas sin mordentar como testigo. Se calentó durante una hora cuidando no superar los 40 grados y se dejó reposar 24 h.

Transcurrido el tiempo se enjuagaron las madejas y se dejaron secar para posteriormente preparar el muestrario.

## Resultados



**Figura 1:** Muestrario de lanas de oveja teñida con extractos de *T. dodoneifolia* con cenizas de diferentes especies nativas del monte.

La Figura 1 muestra los resultados obtenidos hasta el momento. Tal como puede observarse, las cenizas de todas las especies actuaron como mordientes, es decir presentaron fijación y solidez del tinte. Además, dependiendo de la especie fue la diferente tonalidad de las fibras, como puede observarse los colores menos intensos resultaron los mordentados con tusca y quebracho blanco. Estudio posteriores cuantificarán el contenido de las principales especies químicas responsables de este comportamiento observado.

## Conclusiones

La búsqueda de especie nativas cuyas cenizas puedan utilizarse como fijadores y modificadores del color de los tintes naturales será un gran avance en el área de los productos forestales no madereros, como así también en la mejora del proceso de teñido con tintes naturales. Hasta el momento, los resultados son favorables habiéndose logrado no solo la fijación y modificación de las tonalidades sino también firmeza y solidez en el teñido.

## REFERENCIAS

1. Shahid, M. Shahid-ul-Islam, Mohammad F. Recent advancements in natural dye applications: a review. *Journal of Cleaner Production*, 53, 310-331. 2013.

2. Shahid-ul-Islam, Mohammad F. Ecological dyeing of wool with biomordants. Capítulo 5. En: *Sustainable Fibres and Textiles*. Editores: Subramanian Muthu. eBook ISBN: 9780081020425. 2017.  
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102041-8.00005-6>.

## GESTION ARMONIZADA DE ALERGENOS A LA CADENA ALIMENTARIA DE UNA CITRÍCOLA DE TUCUMAN

Chauvet, Susana<sup>(1)</sup>, Albarracín, Patricia<sup>(2)</sup>, Belló, B. Elí<sup>(3)</sup>, Alves, Nancy<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Gabinete de Calidad Total, Depto. de Ingeniería Procesos y Gestión Industrial, FACET, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina

<sup>(2)</sup>Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica de Tucumán, Tucumán, Argentina

<sup>(3)</sup>Depto. de Mecánica, FACET- Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina  
Correo Electrónico (autor de contact): schauvet@herrera.unt.edu.ar

### RESUMEN

*La gestión de alérgenos debe ser una parte integrada del aseguramiento de la inocuidad alimentaria y deben considerar el riesgo derivado de los alimentos alérgenos, junto con otros riesgos de inocuidad alimentaria. El Codex Alimentarius modificó el Código de Prácticas sobre la gestión de los alérgenos alimentarios y planteó la necesidad del enfoque armonizado en la cadena alimentaria y la necesidad de la evaluación de riesgo de contacto cruzado, no indicando como hacerlo, sino planteando una serie de principios. En este trabajo se presenta una metodología para realizar el análisis de riesgo de contacto cruzado con alérgenos, mediante un conjunto de preguntas con posibles respuestas "SI" o "NO" que permiten determinar si se trata de un insumo o una etapa crítica de proceso. Esta metodología fue aplicada a una cadena alimentaria del limón, desde su cosecha hasta su industrialización. Los datos obtenidos permitieron identificar los puntos críticos y analizar si las medidas implementadas son suficientes o se deben reformular. La técnica resulto sencilla de aplicar porque solo necesita tener el listado de materias primas e insumos y las etapas de la cadena alimenticia afectada por la empresa y sus proveedores, lo que la hace factible de ser utilizada para otros alimentos y así cumplir con las nuevas directivas*

### ABSTRACT

*Allergen management should be an integrated part of food safety assurance and should consider risk from food allergens along with other food safety risks. The Codex Alimentarius modified the Code of Practice on the management of food allergens and raised the need for a harmonized approach in the food chain and the need for cross-contact risk assessment, not indicating how to do it, but proposing a series of principles. This paper presents a methodology to carry out the risk analysis of cross-contact with allergens, through a set of questions with possible answers "YES" or "NO" that allow determining if it is an input or a critical stage of the process. This methodology was applied to a lemon food chain, from its harvest to its industrialization. The data obtained made it possible to identify the critical points and analyze whether the measures implemented are sufficient or should be reformulated. The technique was easy to apply because it only needs to have the list of raw materials and supplies and the stages of the food chain affected by the company and its suppliers, which makes it feasible to be used for other foods and thus comply with the new directives.*

**Palabras Clave:** Alérgeno, Análisis de Riesgo, Cadena de Suministro, Inocuidad

## Introducción

Los alérgenos alimentarios son compuestos que pueden encontrarse en los alimentos que consumimos y dañan la salud de las personas sensibles a ellos. Son sustancias que en un principio son inocuas, pero que provocan una reacción exacerbada del sistema inmunológico en algunos consumidores [1]. La gestión de alérgenos debe ser una parte integrada del aseguramiento de la inocuidad alimentaria y deben considerar el riesgo derivado de los alimentos alérgenos, junto con otros riesgos de inocuidad alimentaria [2]. Es decir, las empresas deberán tener implantados planes que incluyan la gestión de los alérgenos, desde las materias primas y suministros, hasta la propia fabricación, sea en instalaciones propias o de terceros

La industria alimentaria ha realizado importantes esfuerzos en la aplicación de prácticas de gestión de alérgenos. Ello ha llevado a la reducción de la exposición involuntaria a los alérgenos en las personas alérgicas, pero también ha originado la diseminación del etiquetado preventivo.

El Codex Alimentarius [3] modificó el Código de Prácticas sobre la Gestión de los Alérgenos Alimentarios y planteó que las alergias alimentarias es una hipersensibilidad a los alimentos mediada por el sistema inmunológico y que es una cuestión cada vez más preocupante en relación con la inocuidad de los alimentos a escala mundial y se han convertido en una pesada carga para la salud pública e individual. Plantea que la gestión de alérgenos debe tratarse con un enfoque armonizado en la cadena alimentaria.

El Código de Prácticas sobre la Gestión de los Alérgenos Alimentarios [3], establece principios, tomando el concepto de cadena alimentaria. Ellos son:

- La introducción de un alérgeno pueda afectar en forma negativa al perfil de alérgenos de un alimento en etapas posteriores de la cadena alimentaria, la producción primaria debería gestionarse de manera que se reduzca la probabilidad de introducir dichos alérgenos.
- El diseño del establecimiento debería evitar o reducir al mínimo la posibilidad de contacto cruzado con alérgenos en lo que respecta a la delimitación y al aislamiento de las zonas, el emplazamiento del equipo, el flujo del proceso, el movimiento del personal y los sistemas de ventilación.
- La gestión eficaz de los alérgenos alimentarios se facilita implantando programas eficaces de mantenimiento y limpieza que eviten o reduzcan al mínimo la posibilidad de contacto cruzado con alérgenos.
- El contacto cruzado con alérgenos puede deberse a una serie de factores en la elaboración, la preparación y la manipulación de los alimentos, algunos de los cuales implican una mayor posibilidad de contacto cruzado con alérgenos que otros.
- Las medidas de control aplicadas para evitar o reducir al mínimo la probabilidad del contacto cruzado con alérgenos deberían basarse en la evaluación de riesgos realizada por los operadores de empresas de alimentos.
- Las prácticas de higiene personal deberían evitar o reducir al mínimo la posibilidad de que los manipuladores de alimentos contribuyan al contacto cruzado con alérgenos.
- Los alimentos que contienen alérgenos deberían manipularse durante el transporte de modo que se evite el contacto cruzado con alérgenos.
- Los consumidores deberían tener acceso a información correcta y adecuada sobre la naturaleza alérgica de un alimento.

En este trabajo se presenta una metodología para realizar el análisis de riesgo de contacto cruzado con alérgenos que fue aplicada a una Cítrica que exportan su producción y debe adecuar sus procesos al tratamiento de los alérgenos alimentarios.

## Materiales y Métodos

La metodología para realizar el análisis de riesgo de contacto cruzado, uso como base para su implementación una serie de preguntas. Se analizó si se trata de una materia prima/insumo o es una etapa de proceso/almacenamiento o transporte.

Para el caso de materia prima/insumo se estructuró un árbol de decisión para definir si se trata de un riesgo crítico o no. Se plantearon las preguntas:

- 1) Es un alérgeno (SI/NO)
- 2) El proveedor declara contacto cruzado con alérgeno (SI/NO)
- 3) En caso de contestar SI en 2): ¿Se usa en cantidades que constituya daño salud? (SI/NO)

Se definió que, en caso de ser positiva la pregunta 1) o 3) se trata de un Riesgo Crítico.

Para una etapa de proceso/almacenamiento o transporte las preguntas propuestas fueron:

- 1) ¿Se procesa un alérgeno? (SI/NO)
- 2) ¿Se podría compartir la etapa con alérgeno? (SI/NO)
- 3) ¿El personal puede contaminar con alérgeno? (SI/NO)
- 4) Si 3) es SI: ¿Falla frecuentemente las medidas de control? (SI/NO)
- 5) ¿En el sitio/ proximidad se maneja alérgeno? (SI/NO)
- 6) Si 5) es SI: ¿Si falla la medida de control puede tener alto impacto? (SI/NO)

Se definió que si las preguntas 1), 2), 4) o 6) su respuesta es SI, se trata de un riesgo crítico. Para cada riesgo crítico, se definió las medidas de control que se aplican para evitar o reducir al mínimo la probabilidad del contacto cruzado con alérgenos o se establecen en caso de no tener medidas aplicadas.

## Resultados y Discusión

La metodología fue aplicada a una cítrica, que posee producción primaria, traslado de fruta, Empaque e Industrialización de limón. Se aplicó la metodología desde las Fincas hasta el traslado de los productos terminados, en este caso Jugos, Cáscara deshidratada, Pulpa y Aceite esencial de limón. En los distintos procesos, solo se utiliza Sulfito (alérgeno) en el proceso de jugo, en el resto de los procesos no se agregan alérgenos. Cabe mencionar que no todos los jugos llevan como conservante sulfito, sino sólo los por pedidos de clientes, lo que puede conducir a una situación de contacto cruzado con un jugo sin sulfitar. Si se analiza la cadena alimentaria de la empresa, sólo existe la posibilidad de contacto cruzado en fincas al tener la producción primaria cerca de Fincas con soja y/o trigo, que se producen en Tucumán; en el uso de transporte, que se terceriza y pueden trasladar alérgenos (soja, trigo u otros); y como siempre, el personal mediante contacto cruzado al consumir alérgenos en las zonas productivas.

Al aplicar la metodología, en fincas, en la etapa de replante de plantas nuevas, se obtuvo las 6 preguntas negativas, siendo el riesgo no crítico (comer fuera comedor y no lavarse las manos), ya que aplican las Buenas Prácticas Agrícolas relativas al personal, se capacita en temas de alérgenos y se cuenta con cortinas forestales, alambrados y caminería, a fin de tener separación física de cultivos alérgenos.

Cuando se aplicó a la etapa de transporte de fruta a granel para industria, se obtuvo:

- 1) ¿Se procesa un alérgeno? NO
- 2) ¿Se podría compartir etapa con alérgeno? SI
- 3) ¿El personal puede contaminar con alérgeno? NO
- 4) Si 3) es SI: ¿Falla frecuentemente las medidas de control? ----
- 5) ¿En el sitio/ proximidad se maneja alérgeno? NO
- 6) Si 5) es SI: ¿Si falla la medida de control puede tener alto impacto? ---

Por lo tanto, resultó crítico y las medidas de control que se cuentan son: 1) con una especificación técnica relativo a la limpieza del transporte que deben cumplir los proveedores del transporte, y 2) el control de la limpieza transporte, antes de la carga de la fruta.

Al aplicar la metodología en la etapa de Preselección (Empaque), todas las preguntas resultaron negativas, no constituyendo un riesgo de contacto cruzado de alérgeno.

En la adquisición de Metabisulfito de Potasio o Sodio, o Anhídrido Sulfuroso, se aplicó la metodología, resultando.

- 1) Es un alérgeno: SI
- 2) El proveedor declara contacto cruzado con alérgeno: NO

3) En caso de contestar SI en 2): ¿Se usa en cantidades que constituya daño salud? ---  
Resultando crítico al contacto cruzado por un ser un alérgeno. La medida de control es el Etiquetado como alérgeno.

Al aplicar la metodología a la de Preparación de Lote y Envasado de Jugo sin sulfitos, tomando en cuenta que no todo jugo es sulfitado y que se utilizan equipos en común, pero no simultáneos:

- 1) ¿Se procesa un alérgeno? NO
- 2) ¿Se podría compartir etapa con alérgeno? SI
- 3) ¿El personal puede contaminar con alérgeno? NO
- 4) Si 3) es SI: ¿Falla frecuentemente las medidas de control? ----
- 5) ¿En el sitio/ proximidad se maneja alérgeno? NO
- 6) Si 5) es SI: ¿Si falla la medida de control puede tener alto impacto? ---

Por lo que resultó crítico y las medidas de control establecidas son: 1) Producción Programada y 2) Limpieza de la línea.

Al aplicar la metodología a la etapa de almacenamiento de insumos, resultó ser un riesgo crítico para contacto cruzado, como consecuencia de la rotura del envase de un alérgeno (Metabisulfito de Potasio o Sodio) y contamine lo depositado en la parte inferior. Para esta etapa las medidas de control diseñadas fueron que los productos alérgenos se almacenan separados, identificados y en la parte inferior de las estanterías para evitar contaminación superior, en caso de rotura del envase.

La metodología permitió determinar las etapas de los procesos que son críticos y establecer si se cuenta con medidas de control para reducir o eliminar la probabilidad de contacto cruzado o si se deben establecer nuevas medidas. Cuando se aplicó a los insumos permitió detectar donde se puede tener situaciones de contacto cruzado y que se necesite reformular medidas de control.

La metodología es sencilla de aplicar a distintos procesos e insumos, ayudando a enfocarse a los críticos para analizar si las medidas con que se cuenta son suficientes para mantener bajo control.

## Conclusiones

Las empresas deben adecuar la gestión de alérgenos, con un enfoque de armonizar la cadena alimentaria, ya que el agregado no intencional de un alérgeno puede afectar las etapas subsiguientes. Para el logro de este objetivo, la metodología propuesta para el análisis de riesgo de contacto cruzado, mediante preguntas, permitió identificar las etapas de proceso y materia e insumos que pueden ser críticos, al momento de considerar la gestión de los alérgenos y analizar si las medidas de control son suficientes o se deben replantear. Por tratarse de una metodología sencilla, que se aplicó a la cadena alimentaria desde la producción primaria de limón, pasando por el Empaque y la industrialización de la fruta, puede ser aplicada, sin cambios a otros productos, solo detallando bien la parte de cadena alimentaria sobre la que puede actuar o solicitar las medidas aplicadas, en el caso de proveedores.

## REFERENCIAS

1. H. González Alemán. “Guía de Gestión de Alérgenos en la Industria Alimentaria; 2013. Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas. FoodDrinkEurope.
2. C. M, Villamizar Duarte, J. Duarte Antolinez, “Norma ISO 22000:2018 Como fundamento en el análisis de alérgenos en empresas de productos horneados”; 2019. Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Calidad y Gestión Integral. Universidad Santo Tomas, Maestría en calidad y Gestión Integral. Floridablanca.
3. Codex Alimentarius, “Código de Prácticas sobre la Gestión de los alérgenos alimentarios por parte de los Operadores de empresas de alimentos CXC 80-2020”; 2020, URL: [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/de/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B80-2020%252FCXC\\_080s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/de/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B80-2020%252FCXC_080s.pdf)

## EFFECTS OF COVER CROPS ON SOIL GLOMALINS

María J. Vasquez<sup>(1)\*</sup>, Lucía B. Veliz<sup>(1)</sup>, Analia L. Anriquez<sup>(1)</sup>, Gabriela Abdala<sup>(1)</sup>, Salvador Prieto Angueira<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Santiago del Estero, Argentina.

\*mjvyoshi@gmail.com

### RESUMEN

En la región chaqueña, los sistemas agrícolas de secano se basan en las secuencias soja y maíz. Este esquema no es sostenible ya que el aporte de residuos vegetales es inferior al de la vegetación natural por lo que gradualmente ha ido disminuyendo el contenido de materia orgánica del suelo. Es por ello por lo que es necesario encontrar rotaciones de cultivos y sistemas de labranzas que mantengan o aumenten las reservas de carbono orgánico del suelo. Con este fin se han generalizado prácticas conservacionistas tales como la siembra directa, rotaciones de cultivo y cultivos de cobertura (CC). Si bien se conocen los beneficios de los CC (mantienen el suelo cubierto, atenúan la pérdida de carbono, previenen la erosión, incorporar N al sistema, etc.), aún son escasos los estudios sobre los efectos en suelos de la región chaqueña. Para evaluar si una práctica de manejo es conservadora del recurso suelo, se utilizan diversos indicadores de calidad, tales como las glomalinas (indicador biológico). Estas son glicoproteínas, producidas por hongos del suelo formadores de micorrizas (HFM) y participan en el secuestro y almacenamiento de C del suelo. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de los CC, en la secuencia soja – maíz, sobre el contenido de glomalinas totales (GT) y fácilmente extraíble (GFE) del suelo. Los tratamientos fueron; CC utilizando i) *Secale cereale* (C), ii) *Vicia villosa* (V) inoculada con *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae*; iii) asociación de cultivos *S. cereale* + *V. villosa* (M) y iv) barbecho químico, sin cultivo de cobertura (BQ). La inclusión de CC en la secuencia soja-maíz disminuyen el contenido de glomalinas. Son necesarios estudios de mayor duración e incorporando otros indicadores de calidad para obtener resultados más concluyentes.

### ABSTRACT

In the Chaco region, rainfed agricultural systems are based on the soybean and corn sequences. This scheme is not sustainable since the contribution of plant residues is lower than that of natural vegetation, which is why the content of organic matter in the soil has gradually decreased. That is why it is necessary to find crop rotations and farming systems that maintain or increase soil organic carbon reserves. To this end, conservation practices such as direct seeding, crop rotations and cover crops (CC) have become widespread. Although the benefits of CC are known (they keep the soil covered, reduce carbon loss, prevent erosion, incorporate N into the system, etc.), there are still few studies on the effects on soils in the Chaco region. To assess whether a management practice is conservative of the soil resource, various quality indicators are used, such as glomalins (biological indicator). These are glycoproteins, produced by soil fungi forming mycorrhizae (HFM) and participate in the sequestration and storage of C from the soil. The objective of the work was to evaluate the effect of the inclusion of CC, in the sequence soybean - corn, on the content of total glomalins (GT) and easily extractable (GFE) of the soil. The treatments were; CC using i) *Secale cereale* (C), ii) *Vicia villosa* (V) inoculated with *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae*; iii) association of crops *S. cereale* + *V. villosa* (M) and iv) chemical fallow, without cover crop (BQ). The inclusion of CC in the soybean-corn sequence decreases the content of glomalins. Studies of longer duration and incorporating other quality indicators are necessary to obtain more conclusive results.

Palabras claves: región chaqueña, centeno, vicia.

## Introducción

En la región chaqueña, los sistemas agrícolas de secano se basan en rotaciones anuales con los cultivos primavera-estivales de soja y maíz (soja-maíz o soja-soja-maíz), con ocasional y muy baja participación de cultivos invernales (SIIA, 2017) (Sistema Integrado de Información Agropecuaria). Este esquema no es sostenible ya que el aporte de residuos vegetales es inferior al de la vegetación natural por lo que gradualmente ha ido disminuyendo el contenido de materia orgánica del suelo. Además el predominio del cultivo de soja aportaría un mayor grado de vulnerabilidad por la baja relación C/N y los escasos aportes de rastrojos respecto al maíz.

Uno de los grandes desafíos agronómicos actuales es encontrar rotaciones de cultivos y sistemas de labranzas que mantengan o aumenten las reservas de carbono orgánico del suelo. Con este fin se han generalizado prácticas conservacionistas tales como la siembra directa, rotaciones de cultivo y cultivos de cobertura (CC). Estos últimos se realizan específicamente para mantener el suelo cubierto, atenuar la pérdida de carbono de los suelos, prevenir la erosión, capturar nutrientes reduciendo la pérdida por lixiviación, contribuir al control de malezas y, en caso de ser leguminosa, incorporando N al sistema [1].

Para evaluar si una práctica de manejo es conservadora del recurso suelo, se utilizan diversos indicadores de calidad del suelo, físicos, químicos y biológicos. Entre estos últimos se mencionan las glomalinas, Estas son glicoproteínas, producidas por hongos formadores de micorrizas (HFM), las cuales participan en el secuestro y almacenamiento de C del suelo. Cuanta más glomalina haya en un suelo en particular, mejor calidad presentará probablemente. Cuando aumenta la interdependencia entre plantas y hongos micorrícicos aumenta la cantidad de glomalinas en el suelo. Estos hongos productores de glomalinas viven dentro de las raíces de las plantas y en el suelo circundante extendiendo mediante sus hifas, el alcance de las raíces de las plantas [2].

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de cultivos de cobertura, en la secuencia soja – maíz, sobre el contenido de glomalinas del suelo.

## Materiales y Métodos

Los ensayos se llevaron a cabo en el establecimiento Santa Inés, en la localidad de Isca Yacu (27°06'S, 64°39'W), Santiago del Estero, Argentina. La provincia pertenece a la Región Chaqueña en la unidad Chaco semiárido.

Se realizaron cuatro tratamientos con tres repeticiones. Los tratamientos fueron; i) barbecho químico sin cultivo de cobertura, como testigo (BQ); ii) cultivo puro de centeno (*Secale cereale*) (C); iii) cultivo puro de vicia (*Vicia villosa*) inoculada con *Rhizobium leguminosarum* biovar viciae (V) y iv) asociación de cultivos 25% centeno + 75% vicia (M).

Para cada ensayo el cultivo antecesor fue soja en siembra directa sin CC previos. La distancia de siembra fue para todos los cultivos 0,52 cm. Previo a la siembra de los CC bajo siembra directa, se realizó una aplicación de los siguientes herbicidas: 2 L ha<sup>-1</sup> de Glifosato Power Plus; 0,5 L ha<sup>-1</sup> de 2,4-D éster y 3 g ha<sup>-1</sup> de Metsulfuron para controlar rebrotes de *Parietaria debilis*.

El crecimiento de los CC fue interrumpido mediante secado químico en septiembre (aproximadamente 4 meses antes de la siembra del cultivo de maíz), utilizando los siguientes herbicidas: 2 L ha<sup>-1</sup> de Roundup Full, 0,5 L ha<sup>-1</sup> de 2,4-D éster y 0,15 L ha<sup>-1</sup> de Dicamba. La toma de muestras de suelo se realizó en diciembre, días previos a la siembra del maíz. Se tomaron muestras de 0-5 cm y de 5- 20 cm de profundidad. Las variables evaluadas fueron: i) glomalinas totales (GT), fracción más recalcitrante de la glicoproteína y ii) glomalinas fácilmente extraíble (GFE) o fracción más lábil que se encuentra débilmente unida a las partículas del suelo. Las glomalinas se extrajeron en varios pasajes con citrato de sodio y centrifugación. La determinación de proteína se realizó por el método de Bradford.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con cuatro tratamientos (BQ, C, V, M) y tres repeticiones. Las variables evaluadas se analizaron mediante ANOVA cuya fuente de variación fueron tratamientos, profundidad y la interacción tratamiento\*profundidad. Se utilizó test de Duncan para la comparación de medias ( $\alpha = 0,05$ ).

## Resultados y Discusión

Los valores medios de GFE y GT mostraron diferencias significativas entre profundidades. En la primera profundidad (0-5 cm) se determinaron los mayores contenidos de GT y GFE en comparación con la segunda profundidad (5-20cm) (Tabla 1). Esta diferencia en las profundidades podría deberse a que, bajo

siembra directa, se produce una redistribución o estratificación del carbono orgánico en el perfil debido a la supresión de la mezcla del suelo por el laboreo y a la presencia de residuos en superficie [3].

Tabla 1. Valores medios de glomalinas fácilmente extraíbles (GFE) y glomalinas totales (GT) en dos profundidades de suelo (0-5 cm y 5-20 cm).

Profundidad (cm)	GFE (mg glomalina g <sup>-1</sup> suelo)	GT (mg glomalina g <sup>-1</sup> suelo)
0 - 5	1,0 b	5,0 b
5 - 20	0,5 a	4,2 a

Los valores medios de GFE y GT mostraron diferencias significativas entre Tratamientos. El contenido de GFE fue significativamente menor en todos los tratamientos con CC en comparación con el tratamiento BQ (Figura 1).

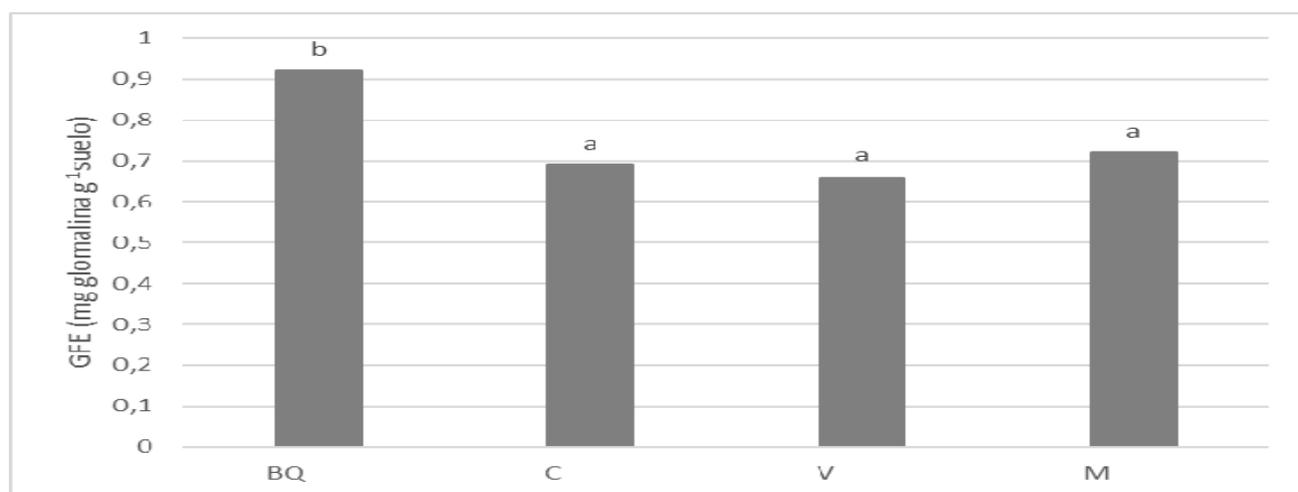


Figura 1. Contenido de glomalina fácilmente extraíble (GFE) en tratamiento sin cultivo de cobertura (BQ) y con cultivos de cobertura: centeno (C), vicia (V) y asociación centeno +vicia (M). Letras diferentes indican diferencias significativas (Duncan  $\alpha = 0,05$ ).

El contenido de GT fue significativamente menor en el tratamiento C comparado con BQ (Figura 2).

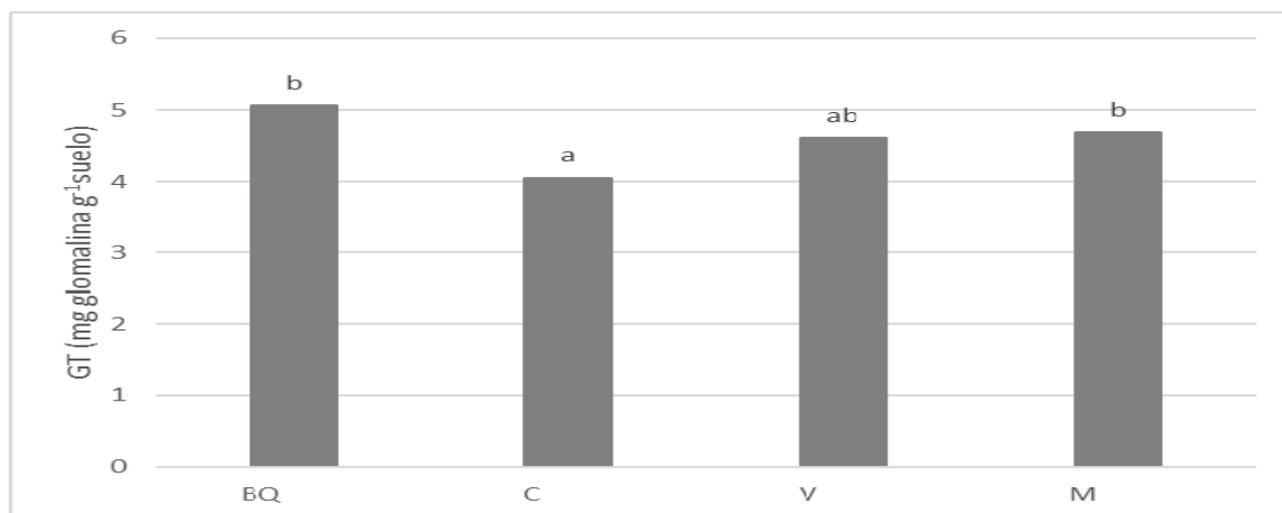


Figura 2. Contenido de glomalina total (GT) en tratamiento sin cultivo de cobertura (BQ) y con cultivos de cobertura: centeno (C), vicia (V) y asociación centeno +vicia (M). Letras diferentes indican diferencias significativas (Duncan  $\alpha = 0,05$ ).

Las disminuciones en el contenido de glomalinas pudieron deberse a una disminución en la abundancia de hongos formadores de micorrizas. Frasier y colaboradores [4] encontraron menor abundancia de hongos en el

primer año de la rotación en un ensayo de 3 años. Esta disminución de la abundancia de hongos fue temporal o transitoria y se atribuyó a que las plantas tienden a derivar menos C a los hongos micorrícicos cuando aumenta el nivel de N disponible en el suelo como resultado de la descomposición de los residuos, con baja relación C/N.

Por otro lado, los herbicidas aplicados para interrumpir el crecimiento de los CC, pudieron afectar a los hongos micorrícicos, provocando una disminución en la producción de glomalinas. Esto está en concordancia con lo expresado en [5] quienes indican que ciertas prácticas de manejo, como las rotaciones de cultivo y la aplicación de pesticidas o fertilizantes, pueden afectar negativamente a la comunidad de hongos del suelo. Asimismo, indican que, estos efectos son dependientes de las condiciones ambientales donde se llevan a cabo los ensayos (tipo de suelo, disponibilidad de nutrientes, clima, comunidad microbiana, etc.).

### **Conclusión**

La inclusión de CC en la secuencia soja-maíz disminuyen el contenido de glomalinas del suelo, sin embargo, los resultados obtenidos no son concluyentes, ya que se necesitan estudios de mayor duración. Estos estudios deben incluir además otros indicadores de calidad de suelo que proporcionen datos que sustenten o corroboren los obtenidos en el presente trabajo.

### **Agradecimientos**

Este trabajo se realizó en el marco del Proyecto: Cultivos de coberturas en la región chaqueña: impacto en la materia orgánica y comunidades microbianas del suelo. Código 23/A258 (CICyT-UNSE).

### **REFERENCIAS**

1. A. Quiroga A, R. Fernández, I. Frasier y C. Scianca. “Cultivos de cobertura. Análisis de su inclusión en distintos sistemas de producción”. En Jornadas Nacionales: Sistemas Productivos Sustentables. Fósforo, Nitrógeno y Cultivos de Cobertura. AACCS (2) (2009). Bahía Blanca, Argentina.
2. G.S. Vaidya, M.C. Rillig, y H. Wallander. “El papel de la glomalina en la erosión del suelo”. *Mundo científico* (2011). 9 (9), 82-85.
3. C. Álvarez; M. Barraco; C. Cazorla; J.C. Colazo; J.M. de Dios Herrero; A. Lardone; P. Girón; S. Restovich y S. Rillo. (2016). “Mejora de propiedades edáficas con inclusión de cultivos de cobertura en agroecosistemas pampeanos”. En: Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Río Cuarto.
4. I. Frasier, E. Noellemeyer, E. Figuerola, L. Erijman, H. Permingeat and A. Quiroga. “High-quality cover crop residues favor changes in the microbial community and enhance C and N sequestration”. *Global Ecology and Conservation*, 6, (2016) 242-256.
5. M. E. Morales, G. A. Iocoli, M. B Villamil, and M. C. Zabaloy. “Efecto de los cultivos de cobertura invernales sobre el microbioma del suelo: revisión sistemática de la literatura”. *Revista Argentina de Microbiología*. (2021).

## RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PASTIZALES ARBUSTIFICADOS DEL CHACO SEMIÁRIDO. EFECTOS EN LAS FRACCIONES DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Analia L. Anriquez<sup>(1)\*</sup>, Luciana S. Agüero<sup>(1)</sup>, José L. Delgado<sup>(1)</sup>, Juan E. Silberman<sup>(1)</sup>, y Rubén D. Coria<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

<sup>(2)</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Santiago del Estero.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [analianriquez@gmail.com](mailto:analianriquez@gmail.com)

### RESUMEN

En la región Chaqueña, una de las alternativas que se plantean para controlar la invasión de especies arbustivas, es la restauración y rehabilitación de los pastizales arbustificados, mediante el uso de rolado, siembra de especies forrajeras subtropicales y/o fuego prescripto. Estas prácticas al controlar las especies arbustivas y favorecer las herbáceas proporcionan a los pastizales su potencial forrajero. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de las prácticas de restauración y rehabilitación en el C y N de las fracciones de la materia orgánica del suelo (MOS). El ensayo se estableció en la subregión Chaco semiárido, en un sitio ecológico bajo, ocupado por un pastizal arbustificado, los tratamientos aplicados fueron: T- pastizal arbustificado (como testigo); R- restauración (rolado + clausura + fuego prescripto); G- rehabilitación con Gatton Panic (rolado + siembra de *Megathyrsus maximus* cv. *maximus*) y B- rehabilitación con Buffel Texas (rolado + siembra de *Cenchrus ciliaris* cv. *texas*). Se evaluó el impacto sobre: carbono orgánico del suelo (COS), carbono de la materia orgánica asociado a minerales (C-MOAM), carbono de la materia orgánica particulada (C-MOP), nitrógeno total (Nt), nitrógeno de la materia orgánica asociada a minerales (N-MOAM), nitrógeno de la materia orgánica particulada (N-MOP). Los resultados encontrados en este trabajo indican que: i) las prácticas de rehabilitación rolado, fuego y clausura mantienen los contenidos de C, N de las diferentes fracciones y ii) el rolado y la incorporación de pasturas exóticas aumentan el contenido de Nt. Estos resultados ponen en evidencia que el manejo y la tecnología usada para restaurar y rehabilitar pastizales de los sitios bajos arbustificados presentan bajo impacto en el recurso suelo, sin embargo, aún resta afianzar los conocimientos generados y resolver los interrogantes que se plantean con respecto al impacto en otros indicadores de calidad, para garantizar un manejo sustentable más confiable.

### ABSTRACT

In the Chaco region, one of the alternatives proposed to control the invasion of shrubby species is the restoration and rehabilitation of shrubby grasslands, through the use of roller-chopping, seeding of subtropical forage species and/or prescribed fire. These practices, by controlling shrub species and favoring herbaceous ones, provide grasslands with their forage potential. The objective of this work was to evaluate the impact of restoration and rehabilitation practices on the C and N of the fractions of soil organic matter (SOM). The trial was established in the semi-arid Chaco subregion, in a low ecological site, occupied by a bushy grassland, the treatments applied were: T- bushy grassland (as control); R- restoration (roller-chopping + closure + prescribed fire); G- rehabilitation with Gatton Panic (roller-chopping + seeding of *Megathyrsus maximus* cv. *maximus*) and B- rehabilitation with Buffel Texas (roller-chopping + seeding of *Cenchrus ciliaris* cv. *texas*). The impact was evaluated on: soil organic carbon (SOC), organic matter carbon associated with minerals (C-MOAM), particulate organic matter carbon (C-MOP), total nitrogen (Nt), organic matter nitrogen mineral-associated organic matter (N-MOAM), nitrogen from particulate

organic matter (N-MOP). The results found in this work indicate that: i) roller-chopping, fire and closure rehabilitation practices maintain the C, N contents of the different fractions and ii) roller-chopping and the incorporation of exotic pastures increase the Nt content. These results show that the management and technology used to restore and rehabilitate grasslands of low shrubby sites have low impact on the soil resource, however, it is still necessary to consolidate the knowledge generated and resolve the questions that arise regarding the impact in other quality indicators, to guarantee a more reliable sustainable management.

*Palabras clave:* Roller chopping, prescribed fire, Gatton panic, Buffel Texas

## Introducción

En el Chaco semiárido el manejo inadecuado de bosques y sabanas para fines ganaderos modificó el equilibrio entre la vegetación leñosa y herbácea en detrimento de esta última y favoreciendo las leñosas arbustivas (*Prosopis*, *Senegalia*, *Celtis*, *Schinus*, *Larrea*). Así se transformaron los bosques y pastizales naturales, en bosques secundarios o fachinales, caracterizados principalmente por presentar escasa vegetación herbácea (base forrajera para la producción ganadera) y como consecuencia se produce una pérdida de productividad afectando directamente a sistemas ganaderos, y generando una disminución de los servicios ambientales de estos ecosistemas (Oliva, 2018).

Los cambios en la vegetación, asociados a un cambio en el uso de la tierra, tienen consecuencias directas en muchas propiedades del suelo, siendo la materia orgánica, la más afectada al ser uno de los parámetros más sensible a las prácticas de manejo del suelo. La materia orgánica es clave en la calidad de los suelos porque es sumidero de nutrientes, mejora la estructura, promueve la actividad biológica y es responsable de la sostenibilidad de los agroecosistemas ya que contribuye a la resiliencia de estos (Viglizzo y Jobbágy, 2010).

El manejo y la tecnología usada actualmente para rehabilitar los pastizales de los sitios arbustificados se basa principalmente en el uso del fuego, tratamientos mecánicos con rolo y siembra de gramíneas forrajeras (Kunst et al., 2012). Estas prácticas de manejo y la tecnología usada demandan mucha atención, especialmente en esta región ya que presenta un ambiente frágil, donde los cambios producidos por los disturbios pueden derivar en otros procesos de degradación del suelo. Para evaluar la calidad del suelo se utilizan el C y N que componen las diferentes fracciones de la materia orgánica del suelo (MOS) (Bünemann et al., 2018). Es por ello por lo que, el objetivo del trabajo fue: evaluar el impacto de prácticas de rehabilitación de pastizales arbustificados, sobre el C y N de las fracciones de la materia orgánica del suelo.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en sitios de pastizal arbustificado en la E.E.A INTA Santiago del Estero (28°3'S - 64°15'O), perteneciente al Chaco Semiárido. Los suelos fueron clasificados como Haplustoles típicos. Los tratamientos fueron: i) pastizal arbustificado, testigo (T); ii) rolado + clausura + fuego + clausura (R); iii) rolado + siembra de *Megathyrsus maximus* var. *maximus* (Jacq) (Gatton Panic) + clausura; iv) rolado + siembra de *Cenchrus ciliaris* var Texas (Buffel Texas) + clausura. El rolo (ancho = 2,5 m y peso  $\approx$  900 kg) se aplicó en cuatro pasadas y fue traccionado por un tractor de 100 hp, que aplastó y trituró arbustos menores a 3 m de altura. Las clausuras se realizaron durante dos temporadas de crecimiento para acumular biomasa aérea. Las condiciones en las que se utilizó el fuego prescrito fueron: biomasa herbácea  $>$  3000 kg MS ha<sup>-1</sup>, temperatura del aire 20-30 °C, velocidad del viento 12-25 km/h y humedad relativa del aire 25-35%. El largo de llama producido fue  $>$  3m.

El muestreo de suelos se realizó en abril. Se tomó una muestra de suelo compuesta de tres submuestras en cada parcela (20 x 20 m) de cada tratamiento, a 0-15 cm de profundidad. Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas por 2 mm. Se registraron valores de 16.770, 16.080 y 19.540 Kg/ha de MS de la biomasa aérea (biomasa en pie + mantillo) acumulada hasta la fecha del muestreo para los tratamientos R, B y G, respectivamente.

Se determinaron las siguientes variables: carbono orgánico del suelo (COS), carbono de la materia orgánica asociado a minerales (C-MOAM), carbono de la materia orgánica particulada (C-MOP), nitrógeno total (Nt), nitrógeno de la materia orgánica asociada a minerales (N-MOAM), nitrógeno de la materia orgánica particulada (N-MOP). Las variables fueron analizadas mediante ANOVA cuya fuente de variación fueron los tratamientos. Se utilizó test de Duncan para la comparación de medias ( $\alpha = 0,05$ ).

## Resultados y discusión

Los valores medios de COS, C-MOAM y C-MOP no mostraron diferencias estadísticas significativas, entre los tratamientos (Tabla 1). Si bien es reconocido que los disturbios, sobre todo el fuego, son capaces de incrementar la mineralización de la MOS, la falta de diferencias significativas entre tratamientos pudo deberse a un efecto de compensación entre las entradas y salidas de carbono. La incorporación de residuos orgánicos (hojarasca, raíces y rizodeposición) desde las pasturas (implantadas y nativas) y desde los residuos leñosos arbustivos aplastados por el rolo podrían haber contrarrestado las posibles pérdidas de C por mineralización. El tratamiento roloado con fuego tampoco impactó sobre estas variables debido a la baja intensidad de estos disturbios. Esto se debe a que los fuegos prescritos son muy rápidos y a que el calor desarrollado durante la quema prescrita no superó los 400° C, ya que a temperaturas menores no produce modificaciones en los contenidos de nutrientes del suelo mineral (Kunst et al., 2012). Por otro lado, los sitios quemados fueron clausurados una vez realizada la quema, con lo que, logran recuperarse en cortos períodos de tiempo.

Tabla 1. Valores medios (g kg<sup>-1</sup> suelo) de C orgánico del suelo (COS), C de la materia orgánica asociada a minerales (C-MOAM), C de la materia orgánica particulada (C-MOP), N total (Nt), N de la materia orgánica asociada a minerales (N-MOAM), N de la materia orgánica particulada (N-MOP)

Tratamientos	COS	C-MOAM	C-MOP	Nt	N-MOAM	N-MOP
T	19,99 a	10,23 a	9,77 a	1,51 a	0,94 a	0,57 ab
R	20,44 a	10,60 a	9,84 a	1,50 a	1,00 ab	0,50 ab
G	20,91 a	11,02 a	9,89 a	1,77 b	1,08 ab	0,69 b
B	21,34 a	11,13 a	10,22 a	1,59 a	1,01 ab	0,58 ab

Referencias: (T) pastizal arbustificado, testigo; (R) roloado + clausura + fuego + clausura, (G) roloado + Gatton Panic + clausura y (B) roloado + Buffel + clausura. Letras diferentes indican diferencias significativas (Duncan  $\alpha = 0,05$ ).

Los valores medios de Nt mostraron diferencias estadísticas significativas, entre los tratamientos (Tabla 1). Los mayores valores de Nt se observaron en los tratamientos con pasturas implantadas. El mayor contenido de Nt en el tratamiento G comparado con T, posiblemente se deba a que la contribución de biomasa con mayor relación C/N de las comunidades leñosas de T, condicionan la mineralización y aportan una menor proporción de N que los pastizales (Di Gerónimo et al., 2018). Gatton Panic presenta mayor producción de materia seca que Buffel y por ende mayor contenido de N. En Santiago del Estero se registraron valores de acumulación de forraje de *Megathyrsus maximus* var *maximus* de 5,75 t MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> con porcentaje de proteína cruda de 12,0 % hasta 5,5%. Mientras que para *Cenchrus ciliaris* var Texas se informaron rendimientos de 3,3 t MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> con porcentaje de proteína bruta de 12-15 % durante el rebrote inicial y luego decae marcadamente hasta descender hasta el 7-8 % al final de la estación de crecimiento.

El contenido de Nt en R no presentó diferencias significativas comparado con T, por lo que se podría inferir, que los efectos de las practicas roloado + fuego sobre la mineralización del N, pudieron ser compensados por el manejo posterior del pastizal nativo. Estos resultados coinciden con Albanesi & Anriquez (2003) quienes informaron que, dos años después del fuego, el Nt en sitios de pastizal no difirió de los valores registrados en pastizales arbustificados aun cuando se produjo una disminución significativa inmediatamente después del fuego. En este estudio las prácticas de baja intensidad y la clausura posterior del sitio favorecieron la conservación del Nt.

Las practicas utilizadas roloado + fuego + clausura no evidenciaron efectos sobre el N-MOAM ni el N-MOP, al ser de baja intensidad. Es muy importante el manejo de la vegetación en la recuperación de las propiedades del suelo después del fuego, ya que las características de la vegetación es uno de los numerosos factores que condicionan el efecto del fuego y la recuperación del suelo. Por un lado, la estructura de la vegetación preexistente condiciona la intensidad de los incendios, y por otro, la identidad y características de las especies condicionan la capacidad de recuperación del sistema y por ende la dinámica sucesional que se produce después del disturbio. Por ello, a medida que transcurre el tiempo después de un incendio, y simultáneamente con el avance de la sucesión vegetal, se podría esperar una paulatina recuperación del suelo. La clausura del sitio después del fuego prescrito permite la restitución del N a valores similares a sitios no quemados (Albanesi & Anriquez, 2003).

El mayor valor de N-MOP en el tratamiento G podría deberse al aporte de la pastura, la cual contribuye anualmente con materia orgánica fresca de baja relación C/N, lo que podría permitir un incremento en los valores de N-MOP. Las dos fracciones N-MOAM y N-MOP en conjunto son las determinantes de la diferencia en Nt entre el tratamiento G y los demás tratamientos.

## Conclusión

Las prácticas de rehabilitación rolado+ fuego + clausura mantienen los contenidos de C y N de las diferentes fracciones de la MOS, mientras que el rolado + incorporación de pasturas exóticas aumentan el contenido de Nt. Estos resultados ponen en evidencia que el manejo y la tecnología usada para restaurar y rehabilitar pastizales de los sitios bajos arbustificados presentan bajo impacto en el recurso suelo, sin embargo, aún resta afianzar los conocimientos generados y resolver los interrogantes que se plantean con respecto al impacto en otros indicadores de calidad, para garantizar un manejo sustentable más confiable

## Agradecimientos

Este trabajo se realizó en el marco del Proyecto: Manejo de bosques y pastizales para la restauración de la materia orgánica y las funciones de las comunidades microbianas del suelo. Código 23/A257 (CICYT-UNSE).

## REFERENCIAS

1. Albanesi A., Anriquez A. 2003. El fuego y el suelo. EN: Fuego en los ecosistemas argentinos. Kunst, C., S. Bravo y J. Panigatti (eds) Editorial INTA. Cap 5: 47-60.
2. Bünemann, EK, Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, RE, De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens L., Geissen V., Kuyper W., Mäder P., Pulleman M., Sukkel W., Willem J., Brussaard, L. 2018. Calidad del suelo: una revisión crítica. *Biología y bioquímica del suelo*, 120, 105-125.
3. Di Gerónimo, PF, Videla, CDC, & Laclau, P. 2018. Distribución de carbono y nitrógeno orgánico en fracciones granulométricas de suelos bajo pastizales, agricultura y forestaciones. *Ciencia del suelo*, 36 .
4. Kunst, C., Ledesma, R., Bravo, S., Albanesi, A., Anriquez, A., Van Meer, H., & Godoy, J. 2012. Disrupting woody37ecup steady states in the Chaco region (Argentina): Responses to combined disturbance treatments *Ecological Engineering*. *Ecological Engineering* 42 (2012) 42– 53.
5. Oliva, G., 2018. Recuperación de pastizales naturales: ¿activa o pasiva? *Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina*, 62.
6. Viglizzo E.F., Jobbágy E. 2010. Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental. Ediciones INTA. 102p.

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**EMERGENCIA DE MALEZAS PREVIO AL SECADO DE CULTIVOS DE SERVICIO Y  
ANTES DE LA SIEMBRA DE MAÍZ**

**Ochoa María del C<sup>(1)\*</sup>, Franco Fuentes<sup>(1)</sup>, Paola B. Pereyra<sup>(1)</sup>, Fernando Céspedes<sup>(1)</sup>, Pablo Grimaldi<sup>(2)</sup>, Enzo Gerez<sup>(1)</sup>, Fernando González<sup>(1)</sup> y Prieto Angueira, Salvador<sup>(1,3)</sup>**

<sup>(1)</sup>Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, Santiago del Estero, Argentina. <sup>(2)</sup>Laboratorio Ecotono, INIBIOMA-CONICET <sup>(3)</sup>EEA INTA Santiago del Estero, Jujuy 850, Santiago del Estero, Argentina. \*: [mcochoa@unse.edu.ar](mailto:mcochoa@unse.edu.ar)

**RESUMEN**

*El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de los cultivos de servicio (CS) sembrados en sistemas de siembra directa (SD) sobre la comunidad y abundancia de malezas durante el periodo de crecimiento de los CS y luego de su secado hasta la siembra del cultivo principal (CP). El ensayo se realizó en 2021 en Isca Yacu, Santiago del Estero. Los CS evaluados fueron , 3 cultivos puros, centeno (C, Secale cereale L.), vicia (V, Vicia villosa Roth) inoculada con Rhizobium leguminosarum biovar viciae (VI) y no inoculada (VNI) y 4 consociaciones de C y V con distinta proporción de la gramínea y arreglo espacial de la mezcla y el tratamiento control barbecho químico (BQ). Los CS se sembraron el 29/04/21. Se evaluó la densidad y biomasa de malezas por especie y total. Las evaluaciones se hicieron antes del secado de los cultivos de servicio (ASCS, 26/08/21) y antes de la siembra del CP (ASCP): (14/10/21, 24/11/21, 15/12/21 y 06/01/22), maíz. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) en el número de malezas emergidas y la biomasa de las mismas durante el periodo de crecimiento de los CS. La densidad de malezas fue significativamente menor en todos los CS (menos VNI) al BQ al momento del secado. Las especies de malezas presentes durante el periodo antes de la siembra del cultivo principal (ASCP) difirieron entre fecha de evaluación. Los CS, C y VNI de menor producción de biomasa y cobertura al momento del secado fueron los que no tuvieron un mayor control de malezas respecto al BQ durante el período ASCP. Por el contrario, los tratamientos que tuvieron significativamente ( $p < 0.05$ ) mayor control de malezas, fueron VI y las 4 mezclas con una reducción promedio respecto al BQ de un 82 %. Por lo tanto, la realización de CS permite reducir la densidad y biomasa de malezas ASCS como así también la densidad luego del secado de los CS y hasta la siembra del CP.*

**Palabras clave:** malezas, siembra directa, maíz, cultivos de cobertura, emergencia.

**ABSTRACT**

*The objective of this study was to evaluate the impact of service crop (SC) in No tillage (NT) systems on the weed communities and its abundance during the growth period of the SC and after its suppression until the sowing of the main crop (MC). The experiment was done in 2021 in Isca Yacu, Santiago del Estero (27°06' S, 64°39' W). The SC evaluated were 7, 3 pure cultures, rye (C, Secale cereale L.), hairy vetch (V, Vicia villosa Roth) inoculated with Rhizobium leguminosarum biovar viciae (VI) and not inoculated (VNI) and 4 consociations of C and V with different proportion of the grass and spatial arrangement of the mixture and control treatment, chemical fallow (F). The SC were sown on 04/29/21. Weed density and biomass by species and total were evaluated. The evaluations were made before the drying of the SC (BDSC, 26/08/21) and before the seeding of the main crop (BSMC): (14/10/21, 24/11/21, 15/12/21 and 06/01/22) which was maize. Significant differences ( $p < 0.0001$ ) were found in the number of weeds emerged during the growth period of the SC. Weed density at drying was significantly lower in all the SC than F, except in NIV. Weed species present during the period before planting of the main crop (BSMC) differed between evaluation dates. The*

SC, C and VNI with lower biomass production and coverage at the time of drying were those that did not have greater weed control with respect to F during the ASCP period. The treatments which had significantly ( $p < 0.05$ ) a greater control of weeds, were VI and the 4 mixtures with an average reduction respect to the BQ of 82%. Thus, sowing SC reduce the density and biomass of weed BDSC and also reduce the density BSMC.

**Key word:** weed, no tillage, corn, cover crops, emergency.

## INTRODUCCION

En Santiago del Estero, en años recientes la siembra de cultivos de servicio (CS) durante el otoño comenzó a ser una práctica más frecuente entre los productores ya que no solo generan cobertura protegiendo el suelo de erosión y aportando restos vegetales, sino que también incrementan la competencia contra las malezas y por lo tanto permiten su control (Prieto Angueira et al., 2020). Los CS afectan a las poblaciones de malezas de manera directa, por competencia por recursos (luz, agua y nutrientes) mientras están vivos (Osipitan et al., 2018), e indirecta, mediante supresión física de los residuos dejados en superficie luego del secado, que impiden la emergencia de malezas reduciendo la penetración de luz (Osipitan et al. 2018). Existe una gran variación en los resultados reportados sobre el éxito de los CS como supresores de malezas (Osipitan et al., 2018). Diferentes especies de malezas en diversos ambientes, responden de manera distinta a los CS, en función de la especie de CS y biomasa producida, momento de siembra, momento y método de secado, el tiempo comprendido entre el secado de los CS y la siembra del cultivo principal (CP), estrategias de manejo del CP y del CS y de las variables ambientales (Osipitan et al., 2018). Las especies más utilizadas como CS son las gramíneas, principalmente cereales de invierno, debido a su rápido crecimiento y eficiencia en la absorción de N, siendo el centeno (*Secale cereale*) la especie más usada (Bertolotto y Marzetti, 2017). Entre las especies leguminosas predominan las vicias (*Vicia villosa* y *V. sativa*). *V. villosa* debido a su porte más rastrero permite una cobertura más temprana del suelo y por ende mayor competencia con malezas (Bertolotto y Marzetti, 2017). El impacto que tienen los CS invernales, sobre las malezas es más visible en las de ciclo otoño-invierno-primavera (OIP), actualmente se está evaluando el impacto que la práctica puede tener sobre algunas primavera-estivales que afectan los sistemas productivos, como son los *Amaranthus* sp. y las gramíneas anuales, entre otras (Bertolotto y Marzetti, 2017). Si bien, se conoce el comportamiento de los principales CS en los sistemas de producción de grano de secano de Santiago del Estero, existen pocos antecedentes del efecto sobre el control de malezas. Por lo tanto, se necesita generar información sobre el impacto de los CS sembrados en siembra directa (SD) sobre la comunidad y abundancia de malezas durante el periodo de crecimiento de los CS y luego de su secado hasta la siembra del CP.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el 2021 en el establecimiento Santa Inés, Isca Yacu, Departamento Jiménez, provincia de Santiago del Estero (27°06'S, 64°39'W). Los tratamientos fueron: cultivos puros, consociaciones de cultivos, tratamiento control (sin CS) y barbecho químico (BQ) (Tabla 1). Los cultivos puros incluyeron, centeno (C, *Secale cereale* L.) y vicia (V, *Vicia villosa* Roth) inoculada (VI) y no inoculada (VNI) con *Rhizobium leguminosarum biovar viciae*. Las consociaciones de C y V fueron 4, con distinta proporción de Centeno y arreglo espacial de la mezcla. En las mezclas se mantuvo la densidad de siembra de V y se redujo la densidad de centeno al 75, 50 y 25% respecto a C. El distanciamiento entre surcos fue de 0.52 m, salvo en la mezcla de 25% en interseembra donde el distanciamiento fue de 0.26 m y se alternó un surco puro de cada especie. Los CS se sembraron el 29/04/21, después de la cosecha de soja del lote. Su crecimiento se interrumpió mediante secado químico con una mezcla de glifosato (1,8 kg.ha<sup>-1</sup>), 2,4-D (0,7 L.ha<sup>-1</sup>) y dicamba (0,2 L.ha<sup>-1</sup>) el 26/08/21. Se evaluó en cada parcela (16 m x 20 m), la densidad de malezas por especie y total en 10 puntos de 0.25 m<sup>2</sup>. Las evaluaciones se hicieron antes del secado de los CS (ASCS, 26/08/21) y antes de la siembra del CP (ASCP), 14/10/21, 24/11/21, 15/12/21 y 06/01/22, que fue maíz. El 15/12/21 se hizo la aplicación de herbicidas en todo el experimento con atrazina (1,7 kg.ha<sup>-1</sup>), paraquat (2 L.ha<sup>-1</sup>) y 2,4-D (2 L.ha<sup>-1</sup>) replicando el manejo del productor previo a la siembra del maíz. Las plantas de malezas extraídas de cada marco se colocaron en estufa a 60°C durante 72 horas y se registró el peso seco de cada muestra para la determinación de la biomasa total de malezas. La biomasa total se determinó ASCS y ASCP. Los resultados de densidad y biomasa se expresaron en m<sup>-2</sup>. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. La densidad de malezas ASCS y total antes de la siembra del cultivo principal (ASCP), se analizó con modelos lineales generalizados mixtos (MLGM) con el

tratamiento como efecto fijo y utilizando una distribución tipo Poisson. La biomasa total de malezas se analizó con modelos lineales generales y mixtos y las comparaciones de media con LSD de Fischer.

Tabla 1: Denominación de los tratamientos evaluados, densidad de siembra expresada en semillas m<sup>-2</sup> y kg ha<sup>-1</sup> y producción de biomasa y cobertura al momento de secado de los CS. En las consociaciones se indica primero la densidad de vicia y luego de centeno.

Cultivo de servicio (CS)	Densidad de siembra		Biomasa aérea	Cobertura*
	Semillas m <sup>-2</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	%
<b>Sin CS - Barbecho Químico (BQ)</b>	---	---	---	---
<b>Centeno (C)</b>	200	40	3533	24.5
<b>Vicia inoculada (VI)</b>	50	20	4720	99.4
<b>Vicia (100%) + Centeno (75%) (C75)</b>	50+150	20+30	5356	95.1
<b>Vicia (100%) + Centeno (50%) (C50)</b>	50+100	20+20	5140	96.3
<b>Vicia (100%) + Centeno (25%) (C25)</b>	50+50	20+10	4915	98.4
<b>Vicia sin inocular (VNI)</b>	50	20	1991	59.4
<b>Vicia (100%) + Centeno (25%) en Intersiembra (IS)</b>	50+50	20+10	5367	97.7

## Resultados

Durante el período de crecimiento de los CS (29/04 a 26/08/2021) las malezas presentes fueron *Parietaria debilis*; *Descurainia spp*; *Sonchus oleraceus*; *Carduus thoermeri*; *Glandularia dissecta*; *Gamochaeta spicata*; *Chenopodium album* y *Araujia aff odorata*, siendo la primera la que predominó en todos los tratamientos. La cantidad total de especies de malezas presentes fue menor en todos los CS respecto al BQ. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) en el número de malezas emergidas durante el periodo de crecimiento de los CS. Salvo en VNI, la densidad de malezas fue significativamente menor al BQ al momento del secado (Figura 1). En promedio la realización de C, VI y las mezclas redujeron un 95.7% la cantidad de malezas. Como se explicara, *Parietaria debilis* fue la maleza que prevaleció durante este período. En el BQ la cantidad promedio fue de 269 pl.m<sup>-2</sup> de malezas mientras que en los tratamientos de menor densidad (C, IS y VI) de malezas fue en promedio de tan solo 3.6 pl.m<sup>-2</sup>.

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) en la biomasa de la totalidad de las malezas. La biomasa de las malezas fue significativamente ( $p < 0.05$ ) menor en todos los tratamientos con CS, siendo la reducción promedio respecto al BQ de casi 100%. Las especies de malezas presentes ASCP, difirieron entre fecha de evaluación. El 14/10/21 la especie que predominó continuó siendo *Parietaria debilis*, con una densidad en BQ y VNI, en densidades de 1 a 2 pl.m<sup>-2</sup>. El 24/11/21, si bien la densidad de malezas fue baja (inferiores a 2 pl.m<sup>-2</sup>), se observó la emergencia de malezas de ciclo primavero estival (CPE), principalmente *Amaranthus*, *Ipomoea nil* y gramíneas. El 15/12/21, hubo un incremento en la densidad de las especies CPE, siendo las más frecuentes *Amaranthus* y gramíneas (*Choris*, *Echinochloa*, *Eleusine*, *Leptochloa*, *Urochloa* y *Sorghum*). Luego de la aplicación de atrazina, paraquat y 2,4-D 2, el 06/01/22, las únicas especies presentes fueron gramíneas. Su densidad fue mayor en VNI y BQ con valores promedio de 10.5 y 13.5 pl.m<sup>-2</sup>. Al analizar la cantidad total de malezas emergidas ASCP, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 2). Los que tuvieron significativamente ( $p < 0.05$ ) un mayor control de malezas, fueron VI y las 4 mezclas con una reducción promedio respecto al BQ de un 82 % (Figura 2). Los CS, C y VNI de menor producción de biomasa y cobertura al momento del secado (Tabla 1) fueron los que no tuvieron un mayor control de malezas respecto al BQ durante el período ASCP.

## Discusión

Todos los CS con excepción de VNI permitieron reducir tanto la densidad como la biomasa de malezas durante el período de crecimiento de los CS. Estos resultados confirman los encontrados en otras zonas del país que muestran un excelente control sobre las malezas mientras los CS están en crecimiento. Bertolotto y Marzetti (2017) publicaron que la información sobre el control de malezas de los CS luego de su

secado es insuficiente. Los resultados obtenidos en este trabajo, demuestran que hubo tratamientos que permitieron un mayor control de las malezas y por lo tanto redujeron la densidad de las mismas en el período ASCP. Los tratamientos que redujeron la densidad de malezas respecto al BQ fueron los que tuvieron en forma pura o en mezclas VI. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Bertolotto y Marzetti (2017) quienes encontraron que los CS con *V.villosa* tenían una mayor competencia contra las malezas como consecuencia del crecimiento rastrero de la leguminosa.

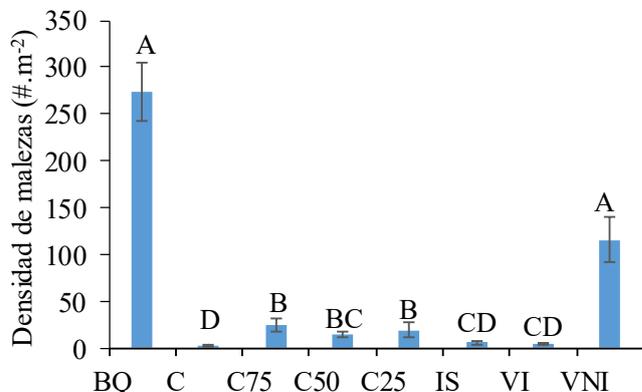


Figura 1: Densidad de malezas total en el secado de los CS en el control barbecho químico (BQ) y los CS centeno (C), vicia villosa inoculada (VI) y no inoculada (VNI) y las mezclas sembradas a 0.52 m con 75 (C75), 50 (C50) y 25 (C25) de centeno y a 0.26 m (IS). Letras distintas indican diferencias significativas. Las barras indican el error estándar de la media.

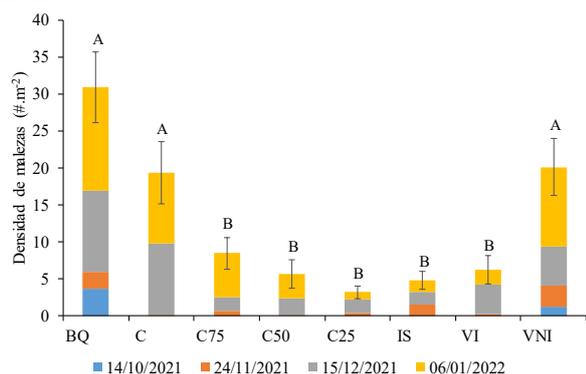


Figura 2: Densidad de malezas total durante las observaciones realizadas antes de la siembra del cultivo principal (14/10, 24/11 y 15/12/2021 y 06/01/2022) en el control barbecho químico (BQ) y los CS centeno (C), vicia villosa inoculada (VI) y no inoculada (VNI) y las mezclas (C75), (C50) y (C25) de centeno y (IS). La barra indica el error estándar de las densidades acumuladas durante las cuatro fechas de observación. Letras distintas indican diferencias significativas en la densidad acumulada durante las cuatro fechas de observación.

## Conclusión

La realización de CS en un sistema de producción de grano bajo SD permitió reducir la riqueza, densidad y biomasa de malezas durante el período de crecimiento de los CS. La reducción sobre la densidad se mantuvo luego del secado de los CS y hasta la siembra del CP.

## Agradecimientos

Este proyecto de investigación fue financiado por: CICyT-UNSE e INTA - PEI013, PEI042 y PAL399.

## Referencias

- Bertolotto, M. y Marzetti, M. 2017. Manejo de malezas problema. Cultivos de Cobertura. Bases para su manejo en sistemas de producción. ISSN N° 2250-5342 (versión papel) / ISSN N° 2250-5350 (versión on-line). Volumen VII – Año 2017.
- Osipitan OA; Dille A; Assefa Y. and Knezevic SZ. 2018. Cover crop for early season weed suppression in crops systematic review and meta-analysis. *Agronomy Journal*, 110, vol 6
- Prieto Angueira, S.; Berton, M.C.; Ventura, J. 2020. Ecología y cultivos en los sistemas de producción CREA. Región Chaco Santiagueño. En: *Sistemas productivos sostenibles: bases y experiencias para repensar el modelo de producción agrícola y su relación con la ganadería* (Ed. Satorre, E.H). Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola – AACREA-. Libro digital. ISBN 978-987-1513-31-4.

**TABLEROS DE PARTÍCULAS ELABORADOS A PARTIR DE LA  
MEZCLADE VIRUTAS RESIDUALES DE ALGARROBO Y CÁSCARAS  
DE MANÍ**

**Jiménez, Vanesa (1)\*, Medina, Juan C. (1), Gatani, Mariana(2), Umlandt,  
Maximiliano(1), Fernández, Leandro(1) y Bravo, Micaela(1)**

(1) *Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales,  
Universidad Nacional de Santiago del Estero  
maximiliano.umlandt@gmail.com*

(2) *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Centro Científico  
Tecnológico CONICET - Córdoba*

*\*Correo Electrónico: [paulavanesajimenez@gmail.com](mailto:paulavanesajimenez@gmail.com)*

**RESUMEN**

*Actualmente los residuos de la industria maderera y agroindustriales generan un problema ambiental y la producción de tableros de partículas aparece como una alternativa viable para su aprovechamiento. El presente trabajo tiene como propósito investigar la viabilidad técnica de producción de tableros de partículas a partir del uso cáscara de maní y viruta residuales de la madera de algarrobo. Para ello se realizó una intensa revisión bibliográfica que contempló el análisis de diversos trabajos científicos y técnicos, que permitieron discutir las propiedades físicas y mecánicas de tableros de partículas, elaborados a partir de una mezcla de cáscara de maní con partículas de diversas especies de madera. Los trabajos analizados indican que a medida que se aumenta la participación porcentual de la cáscara de maní, en la producción de aglomerados se deteriora la calidad de los mismos. No obstante, en base a la bibliografía consultada es factible producir tableros de partículas a partir de virutas residuales de madera de algarrobo y cáscaras de maní, y es posible realizar modificaciones en el proceso de producción de los tableros, para que sus propiedades tecnológicas se ajusten a los requerimientos de los tableros de partículas comerciales, conforme las normas técnicas de referencia.*

**Palabras claves:** *algarrobo, cáscara de maní, residuos, tableros de partículas.*

**ABSTRACT**

*Currently, the waste from the wood and agro-industrial industries generates an environmental problem and the production of particle board appears as a viable alternative for its use. The purpose of this work is to investigate the technical feasibility of producing particle board from the use of peanut shells and residual shavings of carob wood. For this, an intense bibliographic review was carried out that included the analysis of various scientific and technical works, which allowed discussing the physical and mechanical properties of particle boards, made from a mixture of peanut shells with particles of various wood species. The works analyzed indicate that as the percentage participation of the peanut shell increases, their quality deteriorates in the production of agglomerates. However, based on the bibliography consulted, it is feasible to produce particle board from residual carob wood shavings and peanut shells, and it is possible to make modifications in the production process of the boards, so that their technological properties are adjusted. to the requirements of commercial particle boards, according to the reference technical standards.*

## **Introducción**

El Tablero de Partículas Aglomerado nace en repuesta a la necesidad de lograr el aprovechamiento integral de la madera y de los residuos de la propia industria maderera. La incorporación de partículas y fibras naturales en compuestos poliméricos para la fabricación de paneles, tiene merecida atención en el medio científico y tecnológico principalmente a causa de su bajo costo, disponibilidad, entre otras ventajas orientadas a la preservación del ambiente.

Siendo Argentina, un país caracterizado por economía agraria y agroindustrial, y con potencialidades para convertirse en uno de los mayores productores de partículas y fibras naturales, el desarrollo de compuestos con esos materiales puede resultar en una propuesta de desarrollo económico de nuevos sectores, además de contribuir para el desarrollo sustentable.

El objetivo del presente trabajo es investigar la viabilidad técnica de producción de tableros de partículas a partir del uso cáscara de maní y viruta residuales de algarrobo.

## **ALGARROBO**

### **Características**

El algarrobo blanco (*Prosopis alba*), tiene una extensa área de distribución que incluye la Región Chaqueña de Argentina (Di Marco, 2013). La madera de algarrobo es una madera pesada, con densidad aparente de 0,760 g/cm<sup>3</sup> al 15 % de contenido de humedad. Es una madera muy estable, con bajas contracciones, resistente al ataque de hongos e insectos, constituyendo una madera durable (Tinto, 1978; Di Marco, 2013). Esta madera es una de las mejores del mundo por su elevada estabilidad dimensional, densidad y dureza media, además de sus atrayentes colores (Martínez et al, 2006)

## **CÁSCARAS DE MANÍ**

### **Distribución geográfica**

El maní (*Arachis hypogaea*) es una planta anual herbácea, de la familia de las Leguminosae (Lavia, 1998), originaria de América del Sur, específicamente del Sudeste de Bolivia y Noroeste de Argentina (Fernández y Giayetto, 2017). La producción mundial de maní con cáscara o caja ronda los 45,5 millones de toneladas según datos del USDA1 y es liderada por China (40% de la producción total), seguido por la India (16% del total). Argentina, participa con un 3% de la producción mundial, lo cual es un volumen relativamente bajo, pero debido al escaso consumo interno esto le permite volcar prácticamente la totalidad de lo producido en el mercado internacional (80 % de su producción). Su producción se concentra en las provincias de Córdoba (88%); San Luis (5%) y La Pampa (3%), y en proporciones inferiores al 1% en Buenos Aires, Salta, Santa Fe y Jujuy (Pellegrino, 2019). La producción de maní en caja alcanzó 1.539.100 toneladas en la campaña 2020/2021, siendo el 30 % del total en masa correspondiente a las cajaso cáscaras del maní.

### **Propiedades físicas**

La cáscara de maní es muy liviana, posee una densidad básica entre 0,067 - 0,077 g cm<sup>-3</sup> al 5 % de humedad (Akcali et al., 2006). Debido a su geometría cóncava permite el alojamiento de importante cantidad de aire en su interior, resultando de bajo peso específico y haciendo que su volumen aumente (Gatani et al., 2010; Gatani y Argüello, 2007). La textura superficial externa es vitrificada, muy delgada y frágil, que se desprende con facilidad. Por debajo de ella existe un esqueleto fibroso, que constituye el soporte de la primera capa y le aporta rigidez estructural. Esta estructura de fibras a su vez está adherida a una capa interna de aspecto más poroso (Gatani y Argüello, 2007; Bieak y George, 2003).

### **Usos**

Este material se utiliza como combustible en calderas para uso térmico o eléctrico (generación de energía eléctrica a partir de un 65 – 70 % de cáscaras de maní y un 30 – 35 % de cáscaras de girasol), para producir vapor de proceso y en los casos en que no se aprovecha, los mismos productores la incineran a cielo abierto. En menor medida se la utiliza para la producción de carbón activado (entre 2000 y 3000 toneladas anuales), paneles aglomerados, hormigón premoldeado, alimento de ganado o camada para aves (Kermit et al., 2006; Gatani y Argüello, 2007; Ravera et al., 2008; Keller, 2009; Granero et al., 2013).

## TABLEROS DE PARTÍCULAS

### Tableros de partículas con cáscaras de maní

Con respecto a la utilización de cáscaras de maní, Batalla et al. (2005) estudiaron la viabilidad de hacer tableros de partículas de densidad media a partir de cáscaras de maní molidas y resolva como aglutinante, utilizando baja presión de compactación y un alto contenido de fibras. Las propiedades físicas y mecánicas de los paneles fueron similares a las informadas para tableros de partículas de madera cuando se utilizó un 80 % en peso de relleno. Recomendando que para mejorar la rigidez del tablero de partículas se podría reducir la porosidad, pero incluso un bajo contenido de vacío tenía un efecto crítico sobre la resistencia de los materiales compuestos.

En un estudio realizado por Gatani et al. (2010) se fabricaron tableros con cáscara de maní y cemento como material para construcción. Los ensayos mostraron que los materiales resultantes eran de baja densidad y elevada absorción de agua, concluyendo que estos tableros podrían ser aplicados en componentes de construcción livianos y de uso no portante. Recomendando en futuras experimentaciones el uso de cáscara de maní de granulometría más pequeña a fin de mejorar los resultados obtenidos.

Güler y Büyüksari (2011) desarrollaron tableros de partículas de tres capas con cáscara de maní, fabricaron tableros de varias densidades y con diferentes proporciones de adhesivo usando resina de urea formaldehído. Llegaron a la conclusión de que los tableros fabricados podrían utilizarse como materiales aislantes en edificios ya que no estarían sometidos a ningún esfuerzo mecánico, debido a que la mayoría de los paneles producidos no cumplían con los requerimientos de la norma TS-EN (2005) 312.

### Tableros de partículas con mezcla de cáscaras de maní y madera

En un estudio realizado por Medina y Ambrogui (1994), se mencionan algunas propiedades físicas y mecánicas de tableros de partículas, elaborados a partir de una mezcla de cáscara de maní con partículas de madera de pino. Los resultados obtenidos indicaron que, de manera general a medida que se aumenta la participación porcentual de la cáscara de maní en las mezclas, se deteriora la calidad de los mismos. En términos de flexión, es posible producir tableros de calidad agregando cáscaras de maní en una cantidad de hasta 30 %.

Años más tarde, Akgül y Tozluoglu (2008) estudiaron la factibilidad del uso de las cáscaras de maní en tableros, el principal objetivo de este trabajo fue investigar el uso de las cáscaras en mezclas con fibras de madera de pino, roble y haya, para elaborar tableros de fibra de uso convencional. Los resultados encontrados indican que se puede producir paneles de fibra mecánicamente aceptables con el uso de hasta 30 % en peso de cáscaras de maní. Sin embargo no se alcanzaron las exigencias de resistencia de encolado.

Los autores Güler et al. (2008) realizaron tableros de partículas de tres capas de 0,70 g/cm<sup>3</sup> de densidad, con cáscara de maní (*Arachis hypogaea* L.) y partículas de madera de pino negro europeo (*Pinus nigra* Arnold) en varias proporciones (0 %, 25 %, 50 % y 100 %); a partir de los resultados obtenidos determinaron que al aumentar la cantidad de cáscara de maní en la mezcla (superiores al 25 %) disminuían las propiedades físicas y mecánicas de los paneles producidos.

## Conclusiones

De acuerdo a la bibliografía consultada es factible producir tableros de partículas a partir de virutas residuales de madera de algarrobo y cáscaras de maní. A partir de las recomendaciones de los diversos autores es posible realizar modificaciones en el proceso de producción de los tableros, en donde sus propiedades tecnológicas se ajusten a los requerimientos de los tableros de partículas comerciales, conforme las normas técnicas de referencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akcali, I. D.; Ince, A.; Guzel, E. 2006. "Selected Physical Properties of Peanuts". *International Journal of Food Properties* 9(1):25-37
2. Akgül, M.; Tozluoglu, A. 2008. "Utilizing peanut husk (*Arachis hypogaea* L.) in the manufacture of medium-density fiberboards". *Bioresource Technology* 99:5590–5594
3. Batalla, L.; Nunez, A. J.; Marcovich, N. E. 2005. "Particleboards from Peanut-ShellFlour". *Journal of Applied Polymer Science* 97:916-923
4. Bieak, N.; George, B. R. 2003. "Utilization of peanut shell fibers in nonwoven erosioncontrol materials". *International nonwovens Journal* 60-65
5. Di Marco, E. 2013. "Prosopis alba Griseb. (Algarrobo Blanco) (Familia Fabaceae, Mimosoideas). Ficha Técnica". Área Técnica Promoción Dirección de Producción Forestal Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Argentina. [fecha de consulta: 2 Febrero 2018], p.45-46. Disponible en:<http://forestoindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/prosopis-alba-griseb-familia-fabaceae-mimosoide.pdf>
6. Gatani, M.; Argüello, R. 2007. "Nuevos materiales de construcción sustentables con cáscara de maní. Ensayos de comportamiento mecánico con variación de la granulometría del agregado". In: IV ENCONTRO NACIONAL E II ENCONTRO LATINO- AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2007, en actas. Campo Grande, MS, p. 926-935.
7. Gatani, M.; Argüello, R.; Sesín, S. 2010. "Materiales compuestos de cáscara de maní y cemento. Influencia de diferentes tratamientos químicos sobre las propiedades mecánicas". *Materiales de construcción* 60(298):137-147
8. Güler, C.; Copur, Y.; Tascioglu, C. 2008. "The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (*Arachis hypogaea* L.) and European Black pine (*Pinus nigra* Arnold) wood chips". *Bioresource Technology* 99:2893–2897
9. Güler, C.; Büyüksari, Ü. 2011. "Effect of production parameters on the physical and mechanical properties of particleboards made from Peanut (*Arachis hypogaea* L.) hull". *BioResources* 6(4): 5027-5036
10. Granero, V.; Gatani, M.; Medina, J. C.; Ruiz, A.; Fiorelli, J.; Kreiker, J.; Lerda, M. J. 2013. "Determinación de la influencia del tamaño y forma de partículas de cáscaras de maní en paneles aglomerados". *Quebracho* 21(1,2):67-80.
11. Keller, M. E. 2009. "Cadenas alimentarias: Maní". *Alimentos argentinos* [en línea]. (46)[fecha de consulta 15 Febrero 2018], p.40-44. Disponible en: [https://issuu.com/alimentosargentinos.gob.ar/docs/revista\\_aa\\_46](https://issuu.com/alimentosargentinos.gob.ar/docs/revista_aa_46)
12. Kermit, W.; Hong, Y.; Chung, W. S.; Marshall, W. E. 2006. "Select metal adsorption by activated carbon made from peanut shells". *Bioresource Technology* 97:2266–2270
13. Lavia, G.I. 1998. "Kryotypes of *Arachis palustris* and *A. praecox* (section *Arachis*), two species with basic chromosomes number X=9". *Journal Cytologia* 63:177-181
14. Medina, J. C.; Ambrogi, A. 1994. "Cáscara de maní en la elaboración de aglomerados". *Quebracho* (2):47-53
15. Ravera, C.; Bettera, C.; Fernandez, M. A.; Estive, E.; Piñeda, H. 2008. "Aprovechamiento de los residuos agrícolas. Procesamiento de la caja del maní, su conversión biológica y productos". En: I SIMPOSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS, Córdoba, Argentina.
16. Tinto, J. 1978. "Aporte del Sector Forestal a la Construcción de Viviendas". Instituto Forestal Nacional. Folleto Técnico Forestal N° 44, Buenos Aires. 142 p.
17. Martínez, R.H.; Pan, E.; Moreno, G.; Ledesma, R.; Ruiz, A. y Ewens, M. 2006. Posibles usos de la madera de Algarrobo blanco, *Prosopis alba* Gris. Obtenida de raleo. Actas IUFROLAT II (2da. Reunión IUFRO Latinoamericana). La Serena. Chile.

## METODOLOGIA DE EVALUACION Y SELECCION DE ORGANIZACIONES AGROINDUSTRIALES DE PEQUEÑA ESCALA PARA INTEGRAR UNA RED DE COOPERACION

Silvana E. Castillo<sup>(1)\*</sup>, Juan C. Michalus<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, Misiones, Argentina.

\* [se\\_castillo@yahoo.com.ar](mailto:se_castillo@yahoo.com.ar)

### RESUMEN

*Las cadenas de suministro agroindustriales del Noroeste Argentino han experimentado distintas transformaciones debido al impacto de la globalización. Las redes de cooperación representan una opción viable de integración de las Cadenas de Suministro agroindustriales para afrontar diferentes problemáticas de índole económico, social, cultural y ambiental. Constituir una red de cooperación permitirá el acceso a mercados, información, financiamiento, infraestructura e innovación tecnológica,*

*El objetivo del trabajo consiste en determinar una metodología genérica que permita evaluar y seleccionar organizaciones agroindustriales que integren una red de cooperación. En el presente trabajo, se emplea el Proceso Analítico Jerárquico para evaluar las características, competencias y capacidades de las diferentes organizaciones que son sometidas a un proceso de evaluación sistemático para la integración a una red de cooperación. Los resultados muestran que la metodología permitirá realizar el proceso de selección a través de juicios consistentes. Finalmente, la metodología es genérica, y aplicable a distintas organizaciones agroindustriales presentes en los diferentes eslabones de una Cadena de Suministro Agroindustrial.*

**Palabras claves:** *Proceso Analítico Jerárquico, Cadenas de suministro agroindustriales, Redes de cooperación*

### ABSTRACT

*The agro-industrial supply chains of the Argentine Northwest have undergone different transformations due to the impact of globalization. Cooperation networks represent a viable option for the integration of agro-industrial Supply Chains to face different problems of an economic, social, cultural and environmental nature. Setting up a cooperation network will allow access to markets, information, financing, infrastructure and technological innovation,*

*The objective of the work is to determine a generic methodology that allows evaluating and selecting agro-industrial organizations that integrate a cooperation network. In the present work, the Hierarchical Analytical Process is used to evaluate the characteristics, competencies and capacities of the different organizations that are subjected to a systematic evaluation process for integration into a cooperation network. The results show that the methodology will allow the selection process to be carried out through consistent judgments. Finally, the methodology is generic, and applicable to different agroindustrial organizations present in the different links of an Agroindustrial Supply Chain.*

**Keywords:** *Analytical Hierarchy Process, Agribusiness Supply Chains, Cooperation Networks*

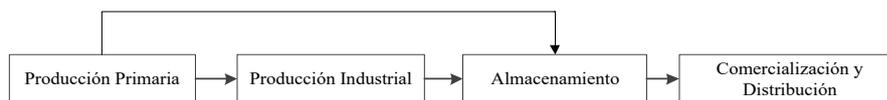
## Introducción

A partir del fenómeno de la globalización, los impactos ambientales ocasionados por las acciones antropogénicas, y el alto crecimiento de presiones ambientales a nivel mundial, provocaron que los modelos agrarios y agroindustriales experimenten grandes cambios (Tartanac, Acosta Avila, y Piñones Vásquez, 2006). En la región del Noroeste Argentino se cuenta con importantes limitaciones estructurales, generadas, en gran medida, por la falta de inversiones en el sector agrario, elevados costos de producción, deficiencia en infraestructura (caminos y regadíos), así como falta de inversión en logística. Las condiciones de acceso a los mercados suponen un obstáculo en gran medida para el sector agroindustrial. Analizando al sector rural, se observan debilidades tales como: falta de capacitación en metodologías de cultivo y manejo del producto final, de tecnología, escasa o nula organización formal, de trazabilidad, de fijación de precios, de agregado de valor, de inadecuada manipulación de tóxicos como ser los plaguicidas entre otros. En la actualidad existen pocas metodologías del tipo cuantitativa que permita seleccionar organizaciones para integrar Redes de Cooperación destinado a Cadenas de Suministro de sectores rurales de pequeña escala. La importancia de que las organizaciones integren una Red de Cooperación radica es que minimizara los problemas de acceso a mercados, información, financiamiento, infraestructura, innovación tecnológica, así como la deficiente capacidad institucional generada por las reformas estructurales introducidas a raíz de la globalización (Tartanac, Acosta Avila, y Piñones Vásquez, 2006).

La selección de las asociaciones y empresas que integran la Red deben cumplir una serie de características y requisitos legales. Los criterios se definirán a través de un Comité de Admisión de asociaciones y Empresas en la que se establecerán requisitos mínimos para poder ingresar, y que serán establecidas en el seno de la Red de Cooperación. De acuerdo a la literatura científica consultada, pueden inferirse algunos ejes temáticos de interés tenidos en cuenta en el proceso de selección de las organizaciones como ser aspectos relacionados con la Asociatividad, Cooperación, Medio Ambiente, Capacidad Financiera, Tecnología entre otros. Es conveniente que las asociaciones y empresas que integren la red cumplan con ciertos puntajes definidos por el Comité de Admisión a través del cálculo de índices. El presente trabajo tiene por objetivo determinar una metodología cuantitativa que permita seleccionar organizaciones que se ajusten a determinados criterios para ser evaluadas y seleccionadas en Redes de Cooperación de sectores rurales agropecuarios de pequeña escala del Noroeste Argentino. La metodología seleccionada es el Proceso Analítico Jerárquico.

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), representa un método matemático de carácter sistemático empleado para evaluar y jerarquizar un conjunto de alternativas para alcanzar alguna meta global cuando se tienen varios criterios de decisión. El proceso Analítico Jerárquico utiliza comparaciones apareadas para establecer medidas de prioridad tanto para los criterios como para las alternativas de decisión (Anderson, Sweeney, Williams, Camm, y Martin, 2011). Se ha encontrado diversos tipos de aplicaciones PAJ en distintos campos del conocimiento entre los cuales se puede citar, en el área industrial principalmente en decisiones de localización de plantas, de almacenes, selección de proveedores, de personal, de tecnología como así también en aplicaciones específicas en el área de la educación, social, transporte entre otros. Particularmente, en el presente trabajo se empleará esta metodología de una forma generalizada para la selección de asociaciones y empresas que constituyan una Red de cooperación de Cadenas de Suministro con base en el conocimiento y experiencia de los autores. Una Cadena de Suministro Agroindustrial estándar se compone por los siguientes eslabones: Producción Primaria, Producción Industrial, Almacenamiento, Comercialización y Distribución, los cuáles pueden estar constituidos por diferentes organizaciones o por una misma que desempeña diferentes funciones dentro de la misma cadena, según puede visualizarse en la Figura N°1:

Figura N°1: Cadena de Suministro Agroindustrial



Fuente: Elaboración propia

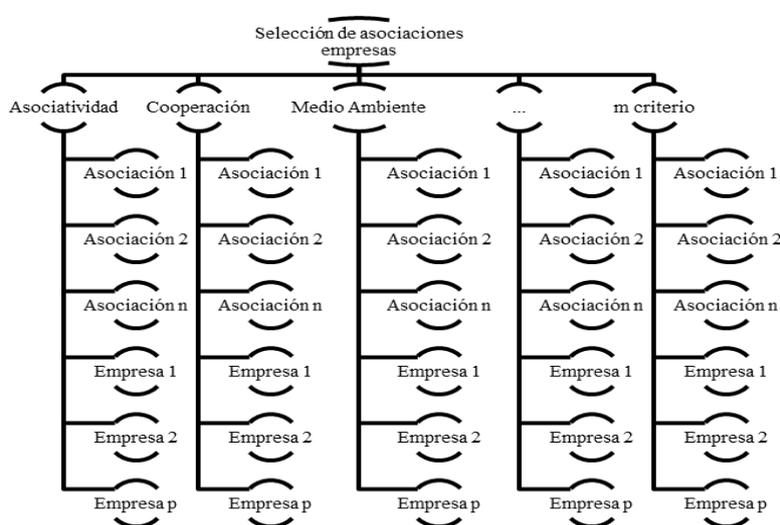
La producción primaria hace referencia a las prácticas productivas asociadas al campo, e incluye las etapas de siembra y cosecha. La etapa de producción industrial hace referencia a las modificaciones del producto original del campo y al posterior agregado de valor como puede ser el caso de etapas intermedias de secado, molienda etc. dependiendo del tipo de producto analizado. La etapa de almacenamiento, consta de todas las actividades de acopio y preservación de los diferentes productos obtenidos en los eslabones anteriores. La etapa de comercialización y distribución, involucra los distintos mecanismos de venta y distribución de los productos en las etapas de producción primaria e industrial.

## Materiales y Métodos.

El método elegido para la selección previa y jerarquización de asociaciones y empresas para constituir una Red de Cooperación Agroindustrial es el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ). La aplicación del método puede resumirse en los siguientes pasos:

- Representación gráfica: Elaborar una representación gráfica del problema en términos de la meta global, los criterios y las alternativas de decisión. En el caso estudiado, en la Figura N°2 se muestra el primer nivel de la jerarquía en donde se enuncia la meta general. En el caso analizado se trata de la selección de Asociaciones y Empresas para la conformación de una Red de Cooperación. En el Segundo nivel se definen los criterios que contribuirán al cumplimiento de la meta que serán definidos por el Comité de Admisión. Para ejemplificar el uso de la herramienta se proponen plantear los siguientes criterios: Asociatividad, Cooperación, Medio Ambiente, Capacidad Financiera entre otros m criterios. Finalmente, en el tercer nivel, se dan las alternativas de decisión que corresponden a cada una de las asociaciones y empresas que aspiran a integrar la red de cooperación (Asociación 1, Asociación 2...Asociación n, Empresa 1, Empresa 2...Empresa p)

Figura N°2: Representación gráfica del problema en términos de la meta global, los criterios y las alternativas de decisión.



Fuente: Elaboración propia

- Comparaciones apareadas de los criterios con respecto a la meta global y de las alternativas de decisión con respecto a cada criterio: En el siguiente nivel, el decisor hará juicios sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios en función de la contribución a la meta global. Posteriormente en el posterior nivel se indicara la preferencia para cada alternativa de decisión en función de como contribuye a cada criterio. Se utilizan comparaciones por pares para establecer medidas de prioridad en criterios y alternativas de decisión. La escala de comparaciones apareadas se encuentra tabuladas y son sugeridas en Tabla N°1 (Anderson, Sweeney, Williams, Camm, y Martin, 2011):

Tabla N° 1: Escala de comparación por pares para preferencias

Juicio verbal sobre la preferencia	Tasa numérica
Extremadamente más preferido	9
De muy poderosamente más a extremadamente más	8
Muy poderosamente más preferido	7
De poderosamente más a muy poderosamente más	6
Poderosamente más preferido	5
De moderadamente más a poderosamente más	4
Moderadamente más preferido	3
De igual a moderadamente más	2
Igualmente preferido	1

Fuente: Anderson et al. (2011)

• **Construcción de matrices de decisión y proceso de Sintetización:** Una vez establecidos los criterios, alternativas y sus pesos asociados, se construyen matrices de decisión de acuerdo a la escala sugerida en la Tabla N°1. Una matriz de decisión corresponde a los criterios con respecto a la meta global, y las otras matrices de decisión a las alternativas de decisión con respecto a cada criterio. En el caso de la primera matriz de decisión se colocan los criterios en las filas y columnas, se los compara de a pares y se determina su contribución con respecto a la meta global asignándole una valoración previamente determinada. Por ejemplo para el caso analizado se puede considerar que el peso para el criterio Medio Ambiente es moderadamente más preferido con respecto al criterio Cooperación, y se coloca la puntuación 3. De igual forma se construye matrices de decisión de las alternativas con respecto a cada criterio. Una vez desarrolladas las matrices de comparación por pares, se puede calcular la prioridad de cada uno de los elementos que se están comparando. Se estima la prioridad relativa de cada criterio con respecto a la meta global y de cada una de las asociaciones y empresas en función del criterio *i*. Esta parte del método se denomina sintetización. El proceso de síntesis permite determinar las prioridades relativas de las asociaciones y empresas en relación con cada criterio, y de cada criterio con respecto a la meta global de selección y jerarquización de asociaciones y empresas a la Red de Cooperación. Los detalles de los cálculos matemáticos se pueden consultar en Anderson et al. (2011). Para establecer las comparaciones se debe realizar juicios de expertos compuesto por especialistas en el tema.

• **Determinación del Índice de consistencia:** Una consideración importante acerca de la calidad de la decisión se relaciona con la consistencia en los juicios, demostrada por el tomador de decisión durante las comparaciones por pares. Para ello se aplica un método matemático descrito en Anderson et al. (2011) para medir el grado de consistencia de los juicios por pares. Es así que se calcula una relación de consistencia de manera que valores de 0.10 o inferiores se consideran con un nivel razonable de consistencia, en tanto que valores de la relación por encima de 0.10 indican juicios inconsistentes

## **Resultados.**

Los resultados muestran que los criterios propuestos para realizar la selección de organizaciones permiten determinar índices parciales en las cuales se puede evaluar de forma ponderada cada índice y un índice de evaluación total. Con lo mencionado anteriormente, cada una de las organizaciones evaluadas puede encontrarse calificada en base a los índices calculados (ponderaciones obtenidas), y con ello desarrollar diferentes políticas y estrategias en la Red de Cooperación. La ventaja de este método es que permite medir la consistencia de los juicios, y a partir de los resultados obtenidos decidir el ingreso de las organizaciones a la red.

## **Discusión y Conclusiones.**

La selección de las organizaciones agroindustriales a través del PAJ permite especificar claramente los criterios de selección de organizaciones para la constitución de una Red de Cooperación, y constituye un instrumento para evaluar y seleccionar organizaciones de forma cuantitativa. Esta metodología es aplicable a diferentes Cadenas de Suministro Agroindustriales del Noroeste Argentino.

## **Referencias**

1. D. Anderson, D. Sweeney, T. Williams, J.Camm, y, K. Martin. "Métodos cuantitativos para los negocios"; 2011, Cengage Learning. (*libro*)
2. F. Tartanac, L. Acosta Avila y S. Piñones Vásquez. ; 2006, "Alianzas productivas en agrocadenas: experiencias de la FAO en América Latina". (*libro*)

## USO DE UN ALIMENTO FUNCIONAL COMO ANTIBACTERIANO FRENTE A UN MICROORGANISMO CARIOGÉNICO

Ana C. Albornoz <sup>(1)\*</sup>, Martín M. Tolay <sup>(1)</sup>, Sofía C. Torres <sup>(2)</sup>, Florencia López Airaghi <sup>(1)</sup> y  
Mariela González <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología,  
Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, Tucumán, Argentina.

<sup>(2)</sup>Cátedra de Microbiología y Parasitología. Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Tucumán,  
Av. Benjamín Aráoz 800, Tucumán, Argentina.

\*Correo Electrónico: [aalbornoz@herrera.unt.edu.ar](mailto:aalbornoz@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

La caries dental es una enfermedad infecciosa de etiología multifactorial, donde los microorganismos organizados en una biopelícula (Placa Dental), constituyen un factor determinante en el desarrollo de la caries [1]. Muchos estudios han implicado al *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) como el principal agente causal de la caries dental humana. El propóleo, elaborado por las abejas a partir de resinas vegetales, es utilizado en la construcción, reparación, aislamiento y protección de la colmena. Es de interés para la medicina y la industria farmacéutica y alimenticia, por sus variadas propiedades [2]. Los alimentos funcionales contienen algunos componentes que además de la función de nutrición, mejoran la salud humana. En el presente trabajo se evaluaron distintos propóleos de la zona de Trancas en cuanto a su perfil en UV. A partir de una muestra químicamente representativa de esa localidad, se evaluó actividad antioxidante y contenido fenólico. Se prepararon mezclas 1:1 de miel 100 mg/mL ( $M_1$ ), 300 mg/mL ( $M_2$ ) y 500 mg/mL ( $M_3$ ) y propóleos 10 mg/mL ( $P_1$ ), 15 mg/mL ( $P_2$ ) y 20 mg/mL ( $P_3$ ), para probar su capacidad antimicrobiana frente a *S. mutans*. Las mezclas se evaluaron por el método de difusión radial en agar. Se observó actividad antioxidante del propóleo frente al sistema  $\beta$ -caroteno y al sistema ácido linoleico – ensayo de decoloración del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) y se observó la mayor actividad antimicrobiana ante *S. mutans* para  $P_3$  y las mezclas  $M_1P_3$ ,  $M_2P_3$  y  $M_3P_3$  que corresponden a la mayor concentración de propóleos. Estos resultados proponen al propóleo como producto natural para aportar funcionalidad a un alimento base como la miel.

### ABSTRACT

Dental caries is an infectious disease of multifactorial etiology, where microorganisms organized in a biofilm (Dental Plaque) constitute a determining factor in the development of caries [1]. Many studies have implicated *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) as the main causative agent of human dental caries [2]. Propolis, made by bees from plant resins, is used in the construction, repair, insulation and protection of the beehive. It is of interest to medicine and the pharmaceutical and food industries, due to its varied properties. Functional foods contain some components that, in addition to their nutritional function, improve human health. In the present work, different propolis from Trancas area were evaluated through their UV profile. From a chemically representative sample of that locality, antioxidant activity and phenolic content were evaluated. For 1:1 mixtures of honey 100 mg/mL ( $M_1$ ), 300 mg/mL ( $M_2$ ) and 500 mg/mL ( $M_3$ ) and propolis 10 mg/mL ( $P_1$ ), 15 mg/mL ( $P_2$ ) and 20 mg/mL ( $P_3$ ) to test its antimicrobial capacity against *S. mutans*. The mixtures were evaluated by radial diffusion method in agar. Antioxidant activity of propolis against  $\beta$ -carotene system and linoleic acid – 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH•) free radical decolorization assay system was demonstrated. The highest antimicrobial activity against *S. mutans* was demonstrated for  $P_3$  and the mixtures

$M_1P_3$ ,  $M_2P_3$  and  $M_3P_3$  that correspond to the highest concentration of propolis. These results propose propolis as a natural product to provide functionality to a base food such as honey.

**Palabras clave:** caries dental – propóleos – miel – alimentos funcionales – *Streptococcus mutans*

## Introducción

La caries dental es una enfermedad infecciosa de etiología multifactorial, donde los microorganismos organizados en una biopelícula (Placa Dental), constituyen un factor determinante en el desarrollo de la caries [1]. Otros estudios han implicado al *Streptococcus mutans* (*S.mutans*) como el principal agente causal de la caries dental humana [2]. La miel se utilizó desde tiempos remotos en medicina natural. Es muy apreciada como la única forma natural y concentrada de azúcares, disponible en el mundo. A su vez el propóleos, es utilizado por las abejas en la construcción, aislamiento y protección de la colmena. Es de interés para la medicina y la industria farmacéutica y alimenticia, por sus variadas propiedades. En la Argentina, el propóleos se encuentra incorporado en el CAA mediante Resolución Conjunta SPReI N° 94/2008 y SAGPyA N° 357/2008.

Los alimentos funcionales contienen algunos componentes que además de la función de nutrición, mejoran la salud humana. En la actualidad se investiga el propóleos en cuanto a sus efectos y posibles usos como suplemento dietario y en la elaboración de alimentos funcionales.

En cuanto a métodos de extracción de compuestos bioactivos, los extractos de propóleos obtenidos mediante Fluidos Supercríticos (EFS) tienen el principal beneficio de aplicar tecnología sin dañar el medio ambiente, puesto que se usan fluidos no contaminantes como CO<sub>2</sub>.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad antimicrobiana de un alimento compuesto por EFS o extractos etanólicos de propóleos (EEP) y miel en distintas concentraciones frente a *Streptococcus mutans* (*S.mutans*), con la opción del diseño de un alimento funcional a futuro.

## Materiales y Métodos,

Se trabajó con ocho propóleos de la localidad de Trancas y la miel de la marca comercial “El Siambón”. La extracción de compuestos bioactivos de propóleos se realizó por EFS y EEP. Para los EFS se usó un equipo *home made* de la Cátedra de Química de la FAyA de la UNSE. Se usó CO<sub>2</sub> en condiciones de presión y temperatura supercríticas (50°C y 90 atm), con Etanol como modificador.

Para el EEP se usó la técnica de Popova *et al.* con algunas modificaciones. El material bioactivo del propóleos en polvo fue extraído con etanol 80% (v/v) en una relación 1:10 (p/v), la mezcla se sonicó una hora a 25°C en un equipo Arcano PS-10A con calefacción, capacidad 2L, a una frecuencia de ultrasonido de 40.000Hz. Se filtró y se dejó secar para obtener el extracto blando.

Los EFS, EEP y la miel fueron evaluados a una concentración de 5 mg/mL mediante *scanning* UV entre 200 - 400 nm en un equipo Hitachi U-1900 para evaluar presencia de compuestos flavonoides.

Asimismo, se estudiaron los EFS y EEP en cuanto a su capacidad antioxidante por los métodos de β – caroteno y ensayo de decoloración del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH<sup>•</sup>) de Pratt & Watt. El contenido fenólico se evaluó mediante Folin – Ciocalteu empleando como estándar de referencia ácido gálico (Ác. G).

Para los ensayos de actividad antimicrobiana se prepararon extractos de una muestra de propóleos de Trancas (Camino a las Arcas 2011), representativa según su perfil en UV de las otras muestras de ese paraje a concentración 10 mg/mL (P<sub>1</sub>), 15 mg/mL (P<sub>2</sub>) y 20 mg/mL (P<sub>3</sub>). Las soluciones de miel a 100 mg/mL (M<sub>1</sub>), 300 mg/mL (M<sub>2</sub>) y 500 mg/mL (M<sub>3</sub>) se realizaron con agua destilada estéril.

A continuación, se elaboraron mezclas de propóleos y mieles en relación 1:1, según la siguiente matriz de 3x3:

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	
P <sub>1</sub>	(	P <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> M <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> M <sub>3</sub>
P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub> M <sub>1</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> M <sub>3</sub>
P <sub>3</sub>		P <sub>3</sub> M <sub>1</sub>	P <sub>3</sub> M <sub>2</sub>	P <sub>3</sub> M <sub>3</sub>
		)		

Para evaluar la actividad antimicrobiana frente a *S. mutans*, los microorganismos fueron aislados a partir de saliva en medios selectivos e identificados de acuerdo a sus características fenotípicas. Los microorganismos

se activaron en caldo BHI y se ajustó la concentración para obtener una turbidez correspondiente al tubo N° 0,5 de la escala de McFarland, que equivale a  $1,5 \times 10^8$  UFC/mL.

El medio de cultivo utilizado fue Agar Mitis Salivarius con bacitracina (AMSB) y telurito, con método de difusión radial en agar. En las perforaciones se colocaron 5  $\mu$ L de las soluciones a evaluar, incluyendo el etanol 80° (EtOH) usado en la preparación de los extractos y la clorhexidina (clorh) como control positivo de inhibición (Placout NF®). Las placas se sometieron a una predifusión a temperatura ambiente, durante 3 h y luego se incubaron a 37° C, durante 72 h, en atmósfera libre de O<sub>2</sub>. Los ensayos fueron realizados por triplicado. Se visualizó halo de inhibición del crecimiento en las placas.

## Resultados

El barrido UV para el extracto de propóleos Camino a las Arcas 2011 y para la miel “El Siambón” se presentan en la figura 1. Se puede observar en líneas generales la presencia de los picos a 290 nm y 280 nm para propóleos y miel respectivamente y un *shoulder* a 330 nm para el propóleos.

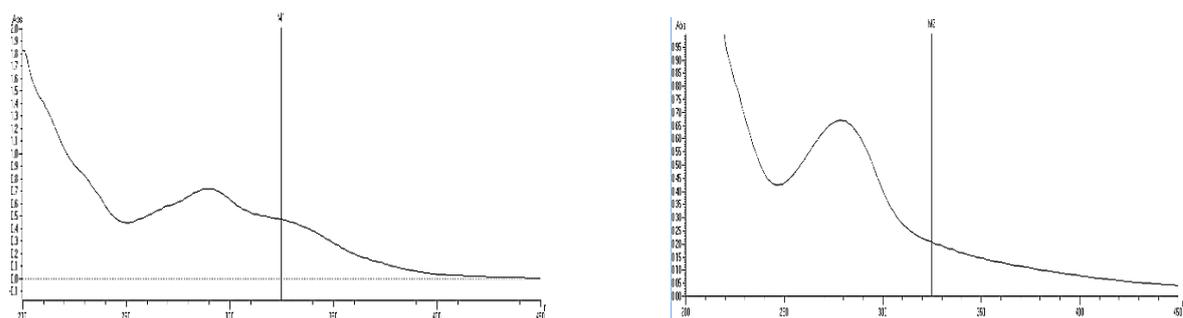


Fig. 1 Scanning de Propóleos Camino a las Arcas 2011 y de Miel “El Siambón”

El rendimiento de extracción, el contenido de humedad, la capacidad antioxidante y el contenido fenólico se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1 Determinaciones cuantitativas en EEP

Muestra	Porcentaje de Humedad [%]	Rendimiento de Extracción [%]	Ensayo DPPH			Ensayo $\beta$ -Caroteno [ $\mu$ g/cm <sup>3</sup> ]					Fenoles Totales por Folin Ciocalteu [mg equivalentes Ác. G/g EEP]
			Dilución [ $\mu$ g/cm <sup>3</sup> ]			Tiempo [minutos]					
			100	50	10	60	120	180	240	300	
2011 - Camino a las Arcas Trancas	4,99	39,81	79,22	76,76	31,68	59,02	41,95	35,25	33,94	33,44	700

La medición del efecto antimicrobiano sobre el *S.mutans* se determinó a través de la técnica de halos de inhibición, que se formaron alrededor de los pozos en las placas con las muestras. Dichos resultados están presentes en la tabla 2 donde el signo (+) indica presencia de halo de inhibición y el (-) ausencia del halo de inhibición.

Tabla 2 Actividad antimicrobiana frente a *S. mutans*

PLACA	ENSAYO 1					ENSAYO 2					ENSAYO 3					ENSAYO 4					ENSAYO 5				
	CONTROL		MIEL			CONTROL		P			CONTROL		M <sub>1</sub> + P <sub>x</sub>			CONTROL		M <sub>2</sub> + P <sub>x</sub>			CONTROL		M <sub>3</sub> + P <sub>x</sub>		
	EtOH	CLORH	1	2	3	EtOH	CLORH	1	2	3	EtOH	CLORH	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	EtOH	CLORH	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	EtOH	CLORH	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
A	-	+	-	-	-	-	+	++	++	+++	-	+	++	++	+++	-	+	+	+	+++	-	+	+	++	+++
B	-	+	-	-	-	-	+	++	++	+++	-	+	++	++	+++	-	+	+	+	+++	-	+	+	++	+++
C	-	+	-	-	-	-	+	++	++	+++	-	+	++	++	+++	-	+	+	+	+++	-	+	+	++	+++

## Discusión

La muestra de propóleos presentó actividad antioxidante lo que está en relación con lo afirmado por Kurek-Górecka *et al.*[3], en cuanto los propóleos presentan esta actividad dado su contenido de ácidos fenólicos y flavonoides. Esto último puesto de manifiesto en los picos de absorbancia en UV entre 200 y 400 nm. Las mezclas miel-propóleos presentaron actividad antimicrobiana frente a *S. mutans* lo que está de acuerdo a Barrientos *et al.*[4] en cuanto a sus resultados similares para propóleos de Chile.

## Conclusiones

Se observó actividad antimicrobiana de los Extractos de propóleos de Trancas y del alimento funcional frente al microorganismo cariogénico *S. mutans*.

Con los resultados cualitativos obtenidos podemos inferir que el propóleos podría ser un componente bioactivo para la miel, confiriéndole a ésta la actividad anticariogénica

## Agradecimientos

A la cátedra de Química de la FAyA, UNSE por poner a disposición su equipo de fluido supercrítico.

## REFERENCIAS

1. G. Alonso, A. Acevedo. Microorganismos presentes en las diferentes etapas de la progresión de la lesión de caries dental. *Acta Odontológica Venezolana*. 2009; 47(1).
2. R. Farré, I. Frasset, A. Sánchez .El própolis y la salud. *Ars Pharmaceutica*. 2004; 45(1):21-43.
3. A. Kurek-Górecka; A. Rzepecka-Stojko; M. Górecki; J. Stojko; M. Sosada; G. Świerczek-Zięba. Structure and Antioxidant Activity of Polyphenols Derived from Propolis. *Molecules* **2014**, *19*, 78-101. <https://doi.org/10.3390/molecules19010078>
4. L. Barrientos et al. Chemical and botanical characterization of Chilean propolis and biological activity on cariogenic bacteria *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus*. *Brazilian Journal of Microbiology* [online]. 2013, v. 44, n. 2 [Accessed 20 June 2022], pp. 577-585. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000200038>>. Epub 09 Oct 2013. ISSN 1678-4405. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000200038>.

**EXPLORACIÓN DE LA RECUPERACIÓN VEGETAL DE INCENDIOS  
PERIURBANOS MEDIANTE EL ÍNDICE NORMALIZADO DE ÁREA QUEMADA EN  
LA CIUDAD CAPITAL DE SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA**

**Wottitz Aldana Larisa <sup>(1\*)</sup>, Zerda Hugo Raúl <sup>(2)</sup>**

*(1 y 2) Cátedra SIG - SIGL@b, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero –*

*\* Correo Electrónico (autor de contacto): [aldanawottitz@gmail.com](mailto:aldanawottitz@gmail.com)*

**RESUMEN**

*El fuego es un fenómeno transformador del paisaje rural en la provincia de Santiago del Estero, se presenta con frecuencia también en áreas de interfase periurbana. La percepción remota permite discriminar áreas quemadas y estudiar el impacto del fuego sobre la vegetación mediante el índice normalizado de área quemada NBR y del monitoreo mediante el diferencial dNBR. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la severidad de la acción del fuego y la recuperación de la vegetación a un estado inmediato similar a la acción del fuego, mediante la dinámica espectral que brinda el dNBR. Los casos de estudio de diversas coberturas vegetales muestran valores de severidad entre baja a moderada, mientras que el tiempo de recuperación de la vegetación al valor previo al fuego varía entre 4 a 28 semanas.*

**ABSTRACT**

*Fire is a transforming phenomenon of the rural landscape in the province of Santiago del Estero, it also frequently occurs in peri-urban interface areas. Remote sensing allows discriminating burned areas and studying the impact of fire on vegetation through the normalized NBR burned area index and monitoring through the difference dNBR. The objective of this work was to characterize the severity of the action of the fire and the recovery of the vegetation to an immediate state similar to the action of the fire, through the spectral dynamics provided by the dNBR. The case studies of various vegetation covers show severity values between low and moderate, while the recovery time to the pre-fire value of the vegetation varies between 4 to 28 weeks.*

**Palabras clave:** *Índice Normalizado del Área Quemada, quema, periurbano, coberturas vegetales.*

**Introducción**

El fuego es tanto un determinante importante de la estructura de la comunidad vegetal como también de la estructura espacial de los paisajes, especialmente en procesos de cambios del uso del suelo. Más aún en ambientes urbanos y periurbanos por el daño a la infraestructura y a las emisiones de micropartículas especialmente peligrosas para la salud humana. La provincia argentina de Santiago del Estero, inmersa en su totalidad en la región chaqueña, con predominio de bosques secos y sabanas, no es una excepción. La zona periurbana de la ciudad Capital de Santiago del Estero muestra frecuencias similares al resto de la provincia marcada por la deforestación (Zerda 2007). El empleo de la percepción remota facilita el monitoreo y visualización de áreas de incendios, su detección y comportamiento, causas probables y las consecuencias que provocan. En torno a esto, los sensores de diferentes satélites proporcionan gran cantidad de datos y una visión sinóptica de la distribución espacial de los incendios (focos activos) y de las zonas quemadas, así como del estado de la vegetación y los efectos producidos por los incendios. El Índice Normalizado del Área Quemada (NBR por sus siglas en inglés), puede utilizarse para evaluar el estado anterior y posterior a paso del fuego por un área determinada y estimar su efecto sobre las coberturas vegetales. Conocer la relación entre la severidad de un a la toma de decisiones para la gestión

del terreno quemado. Para mejorar la información disponible sobre el fenómeno del fuego en áreas periurbanas/urbanas de la ciudad Capital de Santiago del Estero, el objetivo principal del presente trabajo es explorar la recuperación vegetal post-disturbio en distintos eventos del período constituido entre junio 2020 a junio 2022.

## Materiales

Este trabajo comprende eventos ubicados en el área periurbana de la ciudad Capital de Santiago del Estero, ubicada en la región del Chaco Semiárido, presenta una vegetación nativa de bosques xerofíticos y sabanas, con un clima semiárido. Según el Censo Nacional 2010, la población de la ciudad era de 252.192 habitantes, en un ejido de 9.433,92 ha.

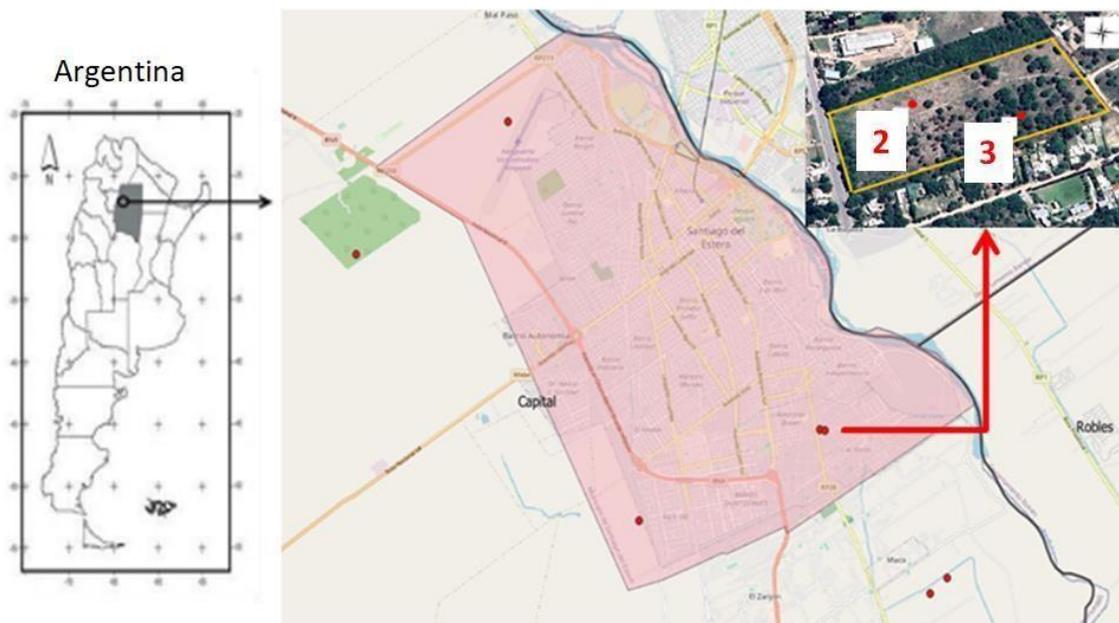


Figura 1: Ubicación de los casos de estudio seleccionados (puntos en rojo) del área periurbana de la ciudad Capital de Santiago del Estero. En rosa, polígono del ejido de la ciudad. Detalle sitios 2 (Pastizal) y 3 (Bosque). Fuente: OpenStreetMap y Google Maps.

## Metodología

Para la elección de lugares incendiados, además del conocimiento local, se exploró la distribución espacial de focos de calor de los satélites Terra y Aqua (sensor MODIS) y NPP y NOAA 20 (sensor VIIRS). Estos datos fueron desplegados y analizados con el software QGIS 3.x al efecto de localizarlos posteriormente en la aplicación EO Time Series Explorer (Braaten 2021) y extraer la serie temporal de datos (ST). Los casos estudiados se encuentran en sectores periféricos del ejido de la ciudad y corresponden a zonas con distintos tipos de vegetación. La ST analizada comprende el período junio 2020 a junio 2022, proveniente de datos multiespectrales MSI del satélite Sentinel 2 y el Índice Normalizado de Área Quemada (NBR) derivado de ellos. A partir de ello se calculó el diferencial  $dNBR = NBR_{\text{prefuego}} - NBR_{\text{postfuego}}$  [1] al efecto de evaluar la severidad del fuego, factor crítico en la evaluación del efecto del fuego sobre el área quemada y su recuperación, en este caso considerando el retorno al valor prefuego.

## Resultados

La tabla 1 muestra que de acuerdo a la clasificación de severidad de incendios del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), el daño en el sitio 2 posee una clasificación de severidad moderada a baja (entre 0,270 a 0,439), mientras que el del sitio 3 clasifica como una severidad baja (entre 0,1 a 0,269). Se muestran en detalle los sitios 2 y 3 (Figura 2), sobre la ST de valores NBR la disminución por debajo del eje cero (0) indica la acción del fuego sobre la vegetación, correspondiente al registro satelital del 28 de agosto 2021, retornando al nivel pre-fuego en 16 y 4 semanas, Pastizal y Bosque respectivamente. Se observa además la mayor pendiente de incremento del NBR en la cobertura Bosque en comparación con el Pastizal. Mayores son los períodos de recuperación y retorno al valor pre-fuego, en los sitios con cobertura

de Pastizal o Arbustal (Tabla 1).

Sitios	Ubicación	Vegetación preexistente	dNBR	Recuperación nivel inicial (semanas)
1	-64.2785; -27.8496 (B° Siglo XX)	Pastizal	0,337	24
2	-64.2328; -27.8289 (B° Los Flores)	Pastizal	0,307	16
3	-64.2314; -27.8298 (B° Los Flores)	Bosque	0,154	4
4	-64.1992; -27.8623 (Maquito)	Arbustal	0,090	28
5	-64.2041; -27.8656 (Maquito)	Arbórea	0,043	28
6	-64.3524; -27.7917 (NO de la ciudad)	Arbustal	0,382	24
7	-64.3247; -27.7542 (B° Aeropuerto)	Pastizal	0,533	24

Tabla 1: Tabla resumen de los puntos estudiados de la serie temporal (ST).

## Discusión

El evento de quema de los sitios 2 y 3 a finales de agosto de 2021 fue el mismo para los dos ejemplos mostrados, ya que ambos se encuentran en el mismo predio. Sin embargo, y pese a que su firma de NBR posee un comportamiento similar, la diferenciación entre tipo de coberturas vegetales presentes (pastizal y arbórea), muestra aspectos diferentes en lo que respecta a la recuperación. Es de destacar que las especies predominantes en la cobertura Bosque, algarrobos blancos (*Prosopis alba*) y mistol (*Zizyphus mistol*) muestran una brotación que naturalmente se presenta a posteriori de la fecha del incendio, lo que se corresponde con la recuperación indicada. El Pastizal de aibe (*Elionorus muticus*) en la situación posterior a la quema y antes de la recuperación más extensa que Bosque, mostró una cobertura del suelo deficiente lo cual ciertamente influyó en el valor de NBR. Similar comportamiento se observa para los otros puntos con cobertura de Pastizal o Arbustal, donde la cobertura típica de estas formaciones es defectiva, lo cual influye en la mayor duración del período de recuperación (Tabla 1) e indicaría la influencia de la forma de vida (arbórea) y tipo de formación más compleja del Bosque influyen en la recuperación del NBR. Un comportamiento relacionado con las observaciones de Zerda y Tiedemann (2010). Debería estudiarse este aspecto en un período de mayor duración y en relacional factor precipitación.

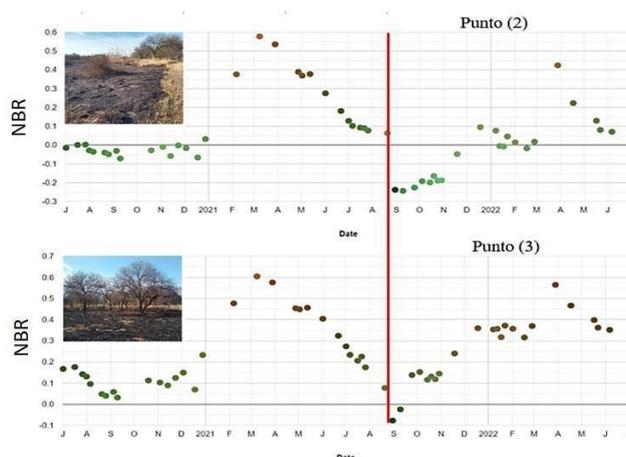


Figura 2: Valores de la ST del NBR del sitio con cobertura Pastizal (Punto 2). El sitio (Punto 3) corresponde a la cobertura Bosque. La línea roja indica el momento de registro satelital del incendio. Ambos casos en el Barrio LosFlores, al sur de la ciudad Capital de Santiago del Estero. Fuente: aplicación en línea de Braaten (2011).

## Conclusión

Se comprobaron diferentes grados de afectación en las coberturas del suelo debido al fenómeno del fuego. Tanto los datos satelitales utilizados, como las aplicaciones para evaluar el NBR fueron apropiados para analizar los casos de estudio. La ST del índice NBR permitió una clara discriminación del momento inicio de comportamiento de las áreas quemadas. La interrelación de la variable NBR con otras como precipitación, otros índices de vegetación y una clasificación in situ, permitirían una comprensión más completa de la severidad. Debido a la notable cercanía de los eventos de quemadas con respecto a la población, sus viviendas y otras infraestructuras, se recomienda avanzar en un plan de vigilancia que incluya geoinformación actualizada de sitios potenciales de sufrir incendios, para prevenir estos eventos que influyen en el paisaje y en la salud humana.

## Referencias

1. Braaten, J. 2021. EO Time Series Explorer. Acceso en: <https://jstnbraaten.users.earthengine.app/view/eo-timeseries-explorer>
2. Key, C. H., Benson, N. (2005). Landscape assessment: ground measure of severity, the Composite Burn Index; and remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio.
3. Torres Bruchmann, E. (1981). Climatología General y Agrícola de la Provincia de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Tucumán-FAZ, Tucumán, Argentina.
4. Zerda, H. R. (2017). Spatial and temporal patterns of fires at the wildland-rural-urban interface. Study case of Santiago del Estero, in Argentina's chaco dry forest region. En: Lutz Fehrman (Ed.) of Proceedings of the 6th International DAAD Alumni and Student Workshop "The science policy gap regarding informed decisions in forest policy and forest management". p. 251-257. Santiago, Chile, 13-19.11.2016
5. Zerda, H. R.; Tiedemann, J. L. (2010) Dinámica temporal del NDVI del bosque y pastizal natural en el Chaco Seco de la Provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Ambiência*, Guarapuava (PR) v. 6 n. 1 p.13 - 24, Jan./Abr.

## POTENCIAL DE LA MADERA JOVEN DE PROSOPIS ALBA GRISEB PARA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DE ALTO VALOR AGREGADO

Umlandt, Maximiliano<sup>(1)</sup>, Jiménez, Vanesa <sup>(1)</sup>, Pan, Estela<sup>(1)</sup>, Ruiz, Agustín<sup>(1)</sup>, Bravo,  
Micaela<sup>(1)</sup>, Fernández, Leandro<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago  
del Estero, Argentina.

e-mail: [maximiliano.umlandt@gmail.com](mailto:maximiliano.umlandt@gmail.com)

### Resumen

El objetivo del presente trabajo es indagar el potencial que presenta la madera joven de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb), para su utilización en la obtención de productos de alto valor agregado. Para ello se realizó una intensa revisión bibliográfica que contempló el análisis de diversos trabajos científicos y técnicos, manuales, normas internacionales, etc. que permitieron discutir las características que presenta la madera de algarrobo blanco, tanto sea que se trate de madera joven, madera nativa o madera proveniente de plantaciones. La revisión expone que la densidad de la madera joven y la madera proveniente de plantaciones de algarrobo blanco es menor a la madera proveniente de monte nativo, no obstante, las investigaciones consultadas señalan que es viable utilizar la madera joven de algarrobo blanco para la obtención de productos industrializados de alto valor agregado.

Palabras claves: algarrobo, madera joven, plantaciones, industrialización.

### Abstract

The objective of this work is to investigate the potential of young white carob wood (*Prosopis alba* Griseb), for its use in obtaining high value-added products. To this end, an intense bibliographic review was carried out that included the analysis of various scientific and technical works, books, manuals, national and foreign standards, etc., which allowed the variables and characteristics of white carob wood to be discussed, whether try young wood, native wood or wood from plantations. The review states that the density of young wood and wood from white carob plantations is less than wood from native forests, however, the researches consulted indicate that it is feasible to use young white carob wood to obtain industrialized products with high added value.

Keywords: carob tree, young wood, plantations, industrialization.

### Introducción

El algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb) es una de las mimosáceas argentinas de mayor importancia económica (Giménez *et al.*, 1998). Tiene una extensa área de distribución que incluye la Región Chaqueña de Argentina (Di Marco, 2013).

El árbol de algarrobo blanco presenta una altura típica de 18 m, un diámetro de 1,5; copa redondeada y ramas colgantes. La madera posee albura de color blanco amarillento y el duramen castaño rosado amarillento. Su madera es dimensionalmente estable y por su densidad aparente de 0,760 g/cm<sup>3</sup> al 15 % de contenido de

humedad se la clasifica como pesada. Es resistente al ataque de hongos e insectos, ubicándose así entre el grupo de maderas durables. La madera de algarrobo por su elevada estabilidad dimensional, densidad y dureza media, es considerada una de las mejores del mundo (Martínez et al., 2006)

Las propiedades tecnológicas de su madera posibilitan su uso en muebles, tonelería, aberturas, parquet, carpintería rural, leña y carbón. Si bien existen plantaciones de esta especie (6 mil hectáreas en Chaco y 2 mil hectáreas en Formosa), son forestaciones jóvenes que no han llegado aún a su turno de corta final, por lo que la mayor cantidad de madera que se utiliza proviene del bosque nativo (Di Marco, 2013). Durante el crecimiento del algarrobal se ejecutan 3 raleos hasta la corta final considerándose el primero de ellos a pérdida por no haber un mercado demandante de madera juvenil y de cortas dimensiones (Pérez, 2012). “El leño juvenil puede ser definido como la zona más cercana al centro del árbol, que se extiende desde la base hasta el ápice” y de manera general presenta características diferentes al leño maduro (Rosato et al., 2017).

El objetivo del presente trabajo es realizar una intensa revisión bibliográfica respecto el estado de conocimiento de las características físicas y mecánicas y posibles usos industriales de la madera joven de algarrobo proveniente de raleos en plantaciones, o de intervenciones realizadas en monte nativos, para analizar la factibilidad técnica de utilizar esta madera en la obtención de productos de alto valor agregado.

## **Materiales y métodos**

**Diseño.** Se realizó una revisión sistemática de documentos científicos e investigaciones originales publicadas por diversos profesionales y entidades científicas dedicadas al estudio de la madera y plantaciones forestales.

**Estrategia de búsqueda.** Se llevó a cabo una búsqueda en Google Scholar de documentos y estudios científicos mediante las siguientes ecuaciones de búsqueda: “Propiedades mecánicas madera joven *Prosopis alba* Griseb, Propiedades mecánicas madera joven”. Estas búsquedas se hicieron tanto en español como en inglés.

También se consideraron las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados con el fin de rescatar otros estudios potencialmente incluíbles para la revisión.

**Criterios de inclusión y exclusión.** En esta revisión se han incluido muchos documentos acerca de las características físico-mecánicas y usos de la madera joven de diversas especies y en particular del algarrobo blanco. El principal criterio de exclusión fueron aquellos documentos que no tuvieran un carácter técnico-científico o que estuvieran desactualizados.

**Extracción de datos.** En la búsqueda se encontraron 30 estudios, de los cuales se excluyeron 18 que no fueron relevantes para el objeto de esta revisión. Finalmente se trabajó con 8 estudios originales y 3 artículos con información técnica de diversos profesionales.

**Análisis de los datos.** De los documentos técnicos se extrajo información sobre madera juvenil, prácticas de raleos y podas y descripción de la especie “*Prosopis alba* Griseb”.

De los artículos de investigación se extrajo información sobre autoría, revista en la que estaba publicado y año de publicación, país donde se realizó el estudio, tipo de estudio, objetivos y conclusiones.

## **Resultados**

### **Antecedentes sobre caracterización de la madera joven proveniente de plantaciones y raleos.**

Cascante y Serrano (1996) analizaron el rendimiento final de madera de laurel de 4 años, y el efecto que sobre ella tiene la calidad, diámetro y patrón de corte, se analizó el proceso de aserrado, reaserrado y maquinado. Los rendimientos finales fueron de 24 y 28%, considerándolos bajos pero satisfactorios respecto a los rendimientos obtenidos por otras experiencias con material de mayores dimensiones y edad. La evaluación de las propiedades físico-mecánicas realizadas en probetas tomadas a diferentes alturas del árbol, evidenciaron mejor comportamiento en madera seca que verde, y poca variabilidad de las propiedades con respecto a la altura. Con respecto a las características físicas y mecánicas, sus resultados muestran la factibilidad de uso de esta manera en estructuras livianas o productos en los cuales la estabilidad dimensional y otras características sean más importantes que la resistencia mecánica.

Quirós *et al.* (2005) determinaron el rendimiento de madera aserrada en diferentes etapas del aserrado y procesamiento primario de rollo de pequeñas dimensiones, cuantificar el volumen de materia prima rolliza y de los productos aserrados del material proveniente de un primer raleo comercial practicado a 3 plantaciones forestales. Entre sus conclusiones indican la necesidad de identificar usos apropiados para aprovechar residuos e incrementar el grado de utilización de la materia prima que se produce en las plantaciones forestales, especialmente el material de cortas dimensiones provenientes de raleos o cortas intermedias.

Martínez *et al.* (2006) analizaron la factibilidad de usos industriales de la madera de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Gris.) proveniente de raleos. Sus resultados preliminares indican que la madera de raleo es muy similar a la obtenida de árboles maduros lo que la haría adecuada para aplicaciones industriales.

Riesco Muñoz y Díaz González (2007) estudiaron la densidad, contracción, higroscopicidad y punto de saturación de la pared celular en la madera de ejemplares jóvenes de plantación y del material proveniente de raleo, para las especies *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* y *Pinus sylvestris*. Determinaron que las propiedades relativas a la estabilidad dimensional fueron similares en la madera joven analizada y en la madera de pies adultos, a excepción de la madera de *Pinus radiata*, que resultó más estable en la muestra que en la madera adulta. Entre sus resultados indican que la madera de raleos, dada sus características de estabilidad dimensional, podría emplearse en la industria de aserrado cuando sus dimensiones así lo permitan.

Martínez *et al.* (2017) estudiaron y evaluaron las propiedades físicas-mecánicas de la madera de corta final de una plantación experimental de algarrobo blanco de 15 años de edad. A partir de los resultados obtenidos, entre las conclusiones a las que llegaron están la posibilidad de efectuar la corta final de los bosques implantados a los 15 años de edad; y la posibilidad cosecha temprana de madera de raleo de las plantaciones a los 7 y 12 años de edad destinada a la industria de la madera.

Loewe *et al.* (2021) desarrollaron una investigación con el objetivo de evaluar el rendimiento en el aserrío de trozas de raleo de nogal y desarrollar una propuesta de clasificación para las piezas aserradas obtenidas. Como resultado se obtuvo un rendimiento del 15,14 %, con tablillas de volúmenes entre 0,0011 y 0,0051 m<sup>3</sup> por tablilla, clasificadas en tres grupos, concluyendo que es posible obtener madera aserrada a partir de trozas de raleo de plantaciones jóvenes principalmente como decoración y embalaje, por lo que se recomienda realizar estudios de diseño de cajas y otros elementos para valorar esta madera

## Discusión

Los autores Cascante y Serrano (1996) y Lowe *et al.* (2021) obtuvieron valores bajos en el rendimiento (del 15 al 28%) para maderas jóvenes obtenidas a partir de raleos.

Tanto Riesco Muñoz y Díaz González (2007) como Cascante y Serrano (1996) recalcan a la estabilidad dimensional como principal característica de madera de raleo en contraposición a la resistencia mecánica.

Los estudios de Martínez *et al.* (2006) concuerdan en recomendar el uso de la madera de raleo para aplicaciones industriales.

## Conclusiones

Conforme la bibliografía consultada se deduce:

- A partir del material de raleo de plantaciones de algarrobo se obtiene madera joven cuyas características físicas y mecánicas son menores pero similares a la de la madera adulta.
- Es factible la obtención de productos de algarrobo de alto valor agregado con madera joven de madera extraída de raleos siempre que se contemple sus reducidas dimensiones tanto para el diseño como la fabricación y no sean sometidos a esfuerzos mecánicos considerables.

## Referencia Bibliográfica

1. Cascante S.C; Serrano M.R. 1993. Rendimiento en aserrío y posibilidades de uso industrial de las trozas del primer raleo de una plantación de laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pavon oken). Tecnología en marcha. Vol 12 no. 2. pp 377-42
2. Di Marco, E. 2013. “*Prosopis alba* Griseb. (Algarrobo Blanco) (Familia Fabaceae, Mimosoideas). Ficha Técnica”. Área Técnica Promoción Dirección de Producción Forestal Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Argentina. [fecha de consulta: 2 Febrero 2018], p.45-46. Disponible en:<http://forestoindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/prosopis-alba-griseb-familia-fabaceae-mimosoide.pdf>
3. Giménez, A. M.; N. Ríos; J Moglia; C. Lopéz. 1998. Leño y corteza de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae, en relación con algunas magnitudes dendrométricas. Bosque 19(2): 53-62.
4. Loewe V; Bozo A; Jaime N. (2021) “Evaluación de Aprovechamiento y Propuesta de Clasificación de Madera de Desecho de Nogal Común (*Juglans regia*)”. Ciencia & Investigación Forestal Vol. 27 N° 1. Abril 2021
5. Martínez, R.H.; Pan, E.; Moreno, G.; Ledesma, R.; Ruiz, A. y Ewens, M. 2006. Posibles usos de la madera de Algarrobo blanco, *Prosopis alba* Gris. Obtenida de raleo. Actas IUFROLAT II (2da. Reunión IUFRO Latinoamericana). La Serena. Chile
6. Moglia, J.G; Cisneros, A. B; Gimenez, A. M; Lopez L.D. 2016. Evaluación de la calidad de la Madera de *Prosopis alba* en rodales semilleros; Ministerio de Agroindustria; 353-356
7. Peña V. S. 1999. Boletín de información técnica n° 199. AITIM
8. Pérez V. 2012. Raleo en forestación de algarrobos [En línea]. Consultado 23 abril 2013. Disponible en [http://chaco-forestal.blogspot.com.ar/p/informaciontecnica\\_20.html](http://chaco-forestal.blogspot.com.ar/p/informaciontecnica_20.html).
9. Quirós R; Chinchilla O; Gomez M. (2005) “Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales” Agronomía Costarricense 29(2): 7-15. ISSN:0377-9424 / 2005
10. Riesco Muñoz G; Diaz Gonzalez J. (2007) “Características físicas de la madera de pino procedente de raleos en el noroeste de España”. Maderas. Ciencia y tecnología 9(3): 233-244, 2007
11. Rosato V.G; Traversa L.P. 2017. Bioalteración, Protección y Conservación de Maderas” Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica- LEMIT

**EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN DE CABRAS LECHERAS CON TUNA (*Opuntia sp.*)  
EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y EL COLOR DE QUESOS UNTABLES DE CABRA**

**Camila MORENO FERNÁNDEZ <sup>(1)</sup>, Williams DÍAZ <sup>(1)</sup>, Aldana VILLAFañE <sup>(1)</sup>, Jorge  
Nelson LEGUIZAMÓN CARATE <sup>(1)</sup>, Florencia SALINAS <sup>(1)</sup>, , y Florencia FRAU <sup>(1)\*</sup>**

<sup>(1)</sup>*Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad  
Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, Santiago del Estero, Argentina.*

*\*Correo Electrónico (autor de contacto): [florenciafrau@hotmail.com](mailto:florenciafrau@hotmail.com)*

**RESUMEN**

Los sistemas de producción caprina se adaptan bien a las zonas áridas y semiáridas (Salvador et al., 2006), por lo cual tienen un nicho ecológico natural abundante en la zona Noroeste de la República Argentina, siendo la principal actividad la obtención de quesos. Al igual que otras especies de rumiantes, la composición de leche de cabra se ve afectada por diversos factores como: raza, características individuales, estado de lactación, manejo, clima y composición de los alimentos; es por esto que cualquier modificación en la alimentación de los animales debe llevar a un estudio en su efecto en el queso obtenido. Uno de los posibles recursos alimenticios que siempre permanecen en estas zonas áridas son los cactus como la tuna de cabra (*Opuntia sp.*), la cual es altamente eficiente en el uso del agua, soporta largos períodos de sequía y alta temperatura. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la alimentación con tuna (*Opuntia spp*) en la humedad y color de quesos untables de cabra. Los resultados obtenidos demuestran que la alimentación del rebaño con *Opuntia sp.* Es un alternativa viable para los rebaños de cabra de la provincia de Santiago del Estero. Los primeros resultados obtenidos en este estudio indican que los quesos obtenidos a partir de animales alimentados con paleta de tuna no influyen en el contenido de humedad de los quesos obtenidos, y permiten obtener productos más blancos y luminosos.

**ABSTRACT**

Goat production systems are well adapted to arid and semi-arid zones, for which they have an abundant natural ecological niche in the Northwest of the Argentine Republic, the main activity being cheese production. Like other ruminant species, the composition of goat milk is affected by various factors such as: breed, individual characteristics, lactation stage, management, climate and feed composition; This is why any modification in the feeding of the animals must lead to a study of its effect on the cheese obtained. One of the possible food resources that always remain in these arid zones are cacti such as the goat prickly pear (*Opuntia sp.*), which is highly efficient in the use of water, withstands long periods of drought and high temperatures. The objective of this study was to evaluate the effect of feeding prickly pear (*Opuntia sp*) on the moisture and color of spreadable goat cheeses. The results obtained show that feeding the herd with *Opuntia sp.* It is a viable alternative for goat herds in the province of Santiago del Estero. The first results obtained in this study indicate that the cheeses obtained from animals fed prickly pear shoulder do not influence the moisture content of the cheeses obtained, and allow whiter and brighter products to be obtained.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción caprina se adaptan bien a las zonas áridas y semiáridas, por lo cual tienen un nicho ecológico natural abundante en la zona Noroeste de la República Argentina, siendo la principal actividad la obtención de quesos.

Al igual que otras especies de rumiantes, la composición de leche de cabra se ve afectada por diversos factores como: raza, características individuales, estado de lactación, manejo, clima y composición de los alimentos; es por esto que cualquier modificación en la alimentación de los animales debe llevar a un estudio en su efecto en el queso obtenido.

En las zonas áridas y semiáridas la escasez de agua por las bajas precipitaciones y alta evapotranspiración disminuye la disponibilidad de recursos alimenticios, lo cual contribuye a disminuir la oferta de nutrientes. Uno de los posibles recursos alimenticios que siempre permanecen en estas zonas áridas son los cactus como la tuna de cabra (*Opuntia sp.*), la cual es altamente eficiente en el uso del agua, soporta largos períodos de sequía y alta temperatura. Este género se adapta muy bien a suelos pobres en nutrientes y condiciones agro ecológicas propias de estas zonas. A pesar de esto, en Santiago del Estero la alimentación con tuna no es un recurso altamente explotado entre los tamberos caprinos.

Una de las principales características del queso de cabra es su color blanquecino, lo que lo diferencia a simple vista de los quesos de cabra que tienen un color más amarillento. El color del queso está influenciado por el tipo de leche empleada y por el proceso de elaboración o tipo de queso. Los pigmentos responsables de este color son el  $\beta$ -caroteno y otros carotenoides, de color amarillo-anaranjado, que se encuentran en la grasa de la leche. Este pigmento está presente en la leche de vaca y ausente en la de cabra por lo que los quesos de cabra son blancos y los de vaca amarillos. La cantidad de  $\beta$ -caroteno en la leche depende directamente de la cantidad presente en los pastos.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la alimentación con tuna (*Opuntia spp*) en la humedad y color de quesos untables de cabra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Alimentación del rebaño

Del total del rebaño de cabras de un productor de la provincia de Santiago del Estero, se separaron 20 animales al azar, 10 de los cuales fueron alimentados con alfalfa y maíz (grupo control) y 10 con alfalfa y paletas de tuna (grupo ensayo) durante 45 días (15 días de acostumbramiento y 30 días de ensayo). Una vez cumplido el tiempo de ensayo, se obtuvo leche de cada uno de los grupos, se pesó, se realizaron controles fisicoquímicos y se destinó a la elaboración de quesos untables en la Planta Piloto de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

### Elaboración del queso

El queso untable se elaboró a partir de leche fresca de cabra obtenida de los dos grupos en estudio. Se realizaron dos ensayos independientes de cada grupo que produjeron un total de 4 lotes de muestras de queso untables, los cuales se identificaron como Q1 (quesos obtenidos a partir de leche del grupo control) y Q2 (quesos obtenidos a partir de leche del grupo ensayo).

Para cada ensayo, la leche se pasteurizó a 75 °C durante 30 minutos, se adicionaron 0,035 g/L de  $\text{CaCl}_2$  y se inoculó con fermentos comerciales (Chr. Hansen). Una vez inoculado se mantuvo la mezcla a 37° para favorecer el crecimiento del cultivo y permitir la disminución de pH. Luego de dos horas, se adicionó cuajo bovino, en una cantidad correspondiente al 20% de la cantidad utilizada en un queso de coagulación enzimática, y se mantuvo a 37° C durante una hora. Posteriormente se cortó y saló (1,5% de la cantidad de leche empleada) y se desueró en lienzos a 30° C durante 30 horas. Pasado el tiempo se envasó al vacío Frau (2011).

### Análisis de color

Las mediciones de color se realizaron con un colorímetro. Minolta ChromaMeter CR-400, Osaka, Japón. El instrumento fue calibrado antes de cada análisis. El color de los quesos era analizado en la

parte superior. Se tomaron cuatro lecturas y se promediaron para cada una de las dos réplicas. El color se describió como coordenadas: luminosidad ( $L^*$ ), rojez ( $a^*$ ,  $\pm$ rojo-verde) y amarillez ( $b^*$ ,  $\pm$  amarillo-azul).

#### Determinación del porcentaje de extracto seco

El extracto seco (ES) de los quesos se determinó utilizando el método descrito en FILIDF 4A:1982. Esta determinación se basa en la evaporación de agua de la muestra en estufa a  $102 \pm 2^\circ \text{C}$  hasta peso constante. Los análisis se realizaron por duplicado.

#### Análisis Estadístico

Los resultados se analizaron empleando el software Infostat (versión 7.0), para las pruebas se consideraron significativamente diferentes los resultados con  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los resultados referidos al contenido de humedad de los quesos y en la tabla dos los resultados del análisis de color.

Tabla 1: Contenido medio de humedad de quesos elaborados con leche proveniente de cabras alimentadas con maíz (Q1) y cabras alimentadas con tuna (Q2).

Parámetro	Muestra*	
	Q1	Q2
Humedad (%)*	$41,05 \pm 0,64^a$	$41,11 \pm 0,33^a$

Las filas con el mismo superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tabla 2: Parámetros de color en de quesos untables de cabra elaborados con leche proveniente de cabras alimentadas con maíz (Q1) y cabras alimentadas con tuna (Q2).

Parámetro	Muestra*	
	Q1	Q2
$L^*$	$90,33 \pm 1,20^a$	$92,91 \pm 0,93^b$
$a^*$	$-3,29 \pm 0,19^a$	$-2,70 \pm 0,08^b$
$b^*$	$14,94 \pm 0,84^a$	$12,50 \pm 0,66^b$

Las filas con el mismo superíndice no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Los resultados obtenidos referidos al contenido de humedad en quesos demuestran que no existen diferencias significativamente diferentes en el contenido seco de las dos muestras en estudio, lo que indicaría que las diferencias que pudieran obtenerse en la cantidad de leche no impactan significativamente el contenido de extracto seco de los quesos y, en consecuencia, la cantidad obtenida del mismo.

Con respecto al color, se obtuvieron diferencias significativas en los tres parámetros estudiados, lo que indica que la alimentación de los animales tiene influencia en el color de los quesos obtenidos. De acuerdo a este estudio, los quesos obtenidos de la leche del grupo control tienen un color más amarillento y son menos luminosos, dos aspectos que podrían considerarse negativos para los quesos obtenidos de cabra, dado que los consumidores prefieren quesos más blancos y luminosos.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que la alimentación del rebaño con *Opuntis sp.* Es un alternativa viable para los rebaños de cabra de la provincia de Santiago del Estero.

Los primeros resultados obtenidos en este estudio indican que los quesos obtenidos a partir de animales alimentados con paleta de tuna no influyen en el contenido de humedad de los quesos obtenidos, y permiten obtener productos más blancos y luminosos.

### 1. REFERENCIAS

Frau F (2011) Desarrollo de Quesos Untables de Cabra usando Fermentos Lácticos Autóctonos, como Estrategia Tecnológica para la Cuenca Caprina de Santiago del Estero.

2. Frau F, Leguizamón Carate JN, Salinas F, et al. (2021) Effect of vacuum packaging on artisanal goat cheeses during refrigerated storage. Food Science and Technology (Brazil) 41(2). Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos, SBCTA: 295–303. DOI: 10.1590/fst.36719.

3. R. Wadhvani and D. J. McMahon. 2012. Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking. J. Dairy Sci. 95 :2336–2346 <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-5142>.

4. Todaro M, Palmeri M, Cardamone C, et al. (2018) Impact of packaging on the microbiological, physicochemical and sensory characteristics of a “pasta filata” cheese. Food Packaging and Shelf Life, 17, 85-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.06.005>.

## **GESTIÓN DE LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA**

## LA GAMIFICACIÓN COMO METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE ACTIVO EN LA ENSEÑANZA DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA DE CARRERAS DE INGENIERIA

Ivanna M. Lazarte<sup>(1,2)\*</sup>, Sofía G. Gómez<sup>(2)</sup>, Ma. Isabel Korzeniewski<sup>(2)</sup> y Carolina Haustein<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Laboratorio de Tecnologías de Información y las Comunicaciones (LaTICs), Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 55, Catamarca, Argentina.

<sup>(2)</sup>Laboratorio de Investigación e Innovación en Educación (LIIE), Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 55, Catamarca, Argentina.

\* Correo Electrónico (autor de contacto): [ilazarte@tecno.unca.edu.ar](mailto:ilazarte@tecno.unca.edu.ar)

### RESUMEN

*En este trabajo se presenta una metodología de aprendizaje activa que incorpora la gamificación en el proceso de enseñanza de la asignatura Probabilidad y Estadística dictada en el 2° año de las carreras de Ingeniería de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca. Para esta metodología se diseñaron estrategias didácticas, según el enfoque de Aprendizaje centrado en el estudiante (ACE), a través del cual, el estudiante es el que construye su conocimiento. Esto permite promover ambientes de aprendizaje dinámicos, incentivando la participación de los estudiantes en espacios donde se sientan motivados y se diviertan mientras aprenden.*

### ABSTRACT

*This paper introduces an active learning methodology that incorporates gamification in the teaching process of Probability and Statistics, a subject taught in the 2nd year of Engineering careers at the Faculty of Technology and Applied Sciences of the National University of Catamarca. For this methodology, didactic strategies were designed, according to the student-centered learning approach, through which the student is the one who builds his knowledge. This allows promoting dynamic learning environments, encouraging student participation in spaces where they feel motivated and have fun while learning.*

*Palabras clave: Gamificación, Metodologías Activas, Aprendizaje centrado en el estudiante, Enseñanza de Ingenierías, Probabilidad y Estadística.*

*Keywords: Gamification, Active Methodologies, Student-Centered Learning, Engineering Teaching, Probability and Statistics*

### Introducción

En la mayor parte de la historia de la educación, particularmente de la educación en Ingeniería, el modelo dominante fue el enfoque tradicional en el cual el docente era no sólo el centro del proceso educativo sino también era considerado como el transmisor del conocimiento. Este enfoque no se adecuaba a la época actual, tanto por los estudiantes que hoy cursan sus estudios, como por las características de la sociedad del Siglo XXI [1].

Los estudiantes de carreras de Ingeniería necesitan conocimientos y habilidades que les permitan resolver problemas reales, es decir, requieren comprender y dar sentido a los conceptos y procedimientos, de manera que puedan aplicarlos a los contextos propios de cada rama de ingeniería, lo que promueve el desarrollo de las competencias profesionales para los ingenieros, de acuerdo a lo establecido por el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería [2]. Esto exige un cambio de perspectiva: del enfoque tradicional de enseñanza al de Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE), en donde el foco está puesto en lo que el estudiante hace para aprender y el profesor es el guía o facilitador, que configura las estrategias y acciones necesarias para que sea el estudiante el que construya el conocimiento, es decir, sea el protagonista de su proceso de aprendizaje [1].

El ACE promueve el uso de metodologías activas, las cuales potencian el trabajo autónomo del estudiante, favoreciendo un mayor nivel de compromiso y responsabilidad, también propicia el desarrollo de competencias para aprender a aprender [3]. Estas metodologías requieren un elevado grado de implicación de los propios alumnos cuyo propósito es que el estudiante genere conocimientos, al proporcionarle técnicas innovadoras que favorezcan el aprendizaje activo y pueda relacionarlos con la cotidianidad de su contexto, facilitando la solución de conflictos a la vez que despierten su creatividad e ingenio.

Si bien aplicar metodologías activas aporta beneficios, representa un gran desafío para el docente, ya que debe transitar desde un enfoque del proceso de enseñanza y aprendizaje que transmite información a uno que promueve la participación de los estudiantes [3].

Por otro lado, la Matemática es vista como una gran problemática, en la cual el proceso de aprendizaje es considerado una tarea difícil para el estudiante y percibida como una asignatura dura, rigurosa y formal, cuyo estudio se realiza de forma mecánica, memorística y con poca implicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Esta visión genera un rechazo hacia su estudio, produciendo un clima de desmotivación que puede afectar el aprendizaje que se espera lograr del estudiante. Es entonces cuando le corresponde al docente la tarea de buscar estrategias para mantener al estudiante motivado, interesado en la clase y en los contenidos a desarrollar, de manera de conservar su atención y mostrarle lo fascinante e importante que son las Matemáticas [4].

Para afrontar esta problemática, en la asignatura Probabilidad y Estadística -que se dicta en el 2° año de las carreras de Ingeniería de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas (FTyCA) de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCA)- se aplicó una metodología didáctica activa e innovadora denominada gamificación, la cual implica la incorporación de elementos de juego en entornos o procesos que no constituyen un juego en sí mismos, influyendo positivamente en la motivación del estudiante, impactando en su rendimiento y logrando aprendizajes significativos de manera divertida. El propósito de aplicar la gamificación como metodología activa es implementar y promover ambientes de aprendizaje dinámicos, incentivando la participación de los alumnos en espacios donde se sientan motivados y se diviertan mientras aprenden.

La metodología se aplicó bajo modalidad virtual debido al Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio (ASPO) y también en modalidad presencial.

## **Materiales y métodos**

Considerando la naturaleza del objeto de estudio -la gamificación en la enseñanza, apoyada por TIC- y su contexto -la asignatura Probabilidad y Estadística- es que esta experiencia didáctica se basa en el paradigma de investigación cualitativa, bajo el enfoque de la investigación-acción, que permite mejorar el desempeño profesional del docente, ya que genera conocimiento pedagógico por medio de la investigación. Se eligió este enfoque debido a que la investigación-acción se relaciona con los problemas prácticos cotidianos experimentados por los docentes, en vez de con los “problemas teóricos” definidos por los investigadores puros en el entorno de una disciplina del saber.

Los instrumentos utilizados para la recolección de información fueron 1) la observación y 2) la encuesta, para determinar si la metodología tuvo un impacto positivo tanto en la motivación de los estudiantes como en su rendimiento académico.

La metodología gamificada (Figura 1) consiste en una o varias clases expositivas (que pueden ser presenciales, virtuales o híbridas), donde se presentan y explican los conceptos de cada unidad temática. Para apoyar y/o complementar las clases expositivas, los alumnos tienen a su disposición en el Aula Virtual una selección de videos de YouTube de los temas más importantes de cada unidad, junto con materiales didácticos elaborados por la cátedra. Luego, los alumnos deben resolver ejercicios prácticos de los temas vistos en clase, para lo cual cuentan con las guías correspondientes a cada unidad temática en el Aula Virtual y tienen un docente que los guía y aclara sus dudas.

Para repasar y/o reafirmar los conceptos aprendidos, los alumnos disponen de juegos de los temas principales diseñados con las herramientas Educaplay y WordWall, que se encuentran en el Aula Virtual para que jueguen todas las veces que deseen. En la Figura 2, se muestra un ejemplo de una actividad en Educaplay que permite repasar los conceptos de la Unidad Temática N° 2, denominada Probabilidad, mediante la actividad Ruleta de palabras, que consiste en adivinar una palabra por cada una de las letras del abecedario, a partir de una pista.

Para evaluar el aprendizaje de los conceptos teóricos de cada unidad temática, se realizan evaluaciones gamificadas utilizando la herramienta Quizizz, que consisten en cuestionarios online con preguntas del tipo verdadero/falso y opción múltiple. Los alumnos tienen la posibilidad de realizar la evaluación una única vez,

con un tiempo predefinido para cada pregunta. Mientras realizan la evaluación, se muestra una tabla de líderes, que se va actualizando en función del puntaje de cada alumno. De esta manera, los estudiantes compiten entre sí para llegar al podio y obtener alguna recompensa, como por ejemplo, un punto extra en la evaluación práctica.

Al finalizar la unidad temática se realiza una evaluación práctica para comprobar las habilidades y destrezas adquiridas por el alumno para aplicar los conceptos aprendidos. Esta evaluación se realiza mediante un cuestionario del Aula Virtual y consiste en el desarrollo de 4 ejercicios que se seleccionan al azar de un banco de preguntas de la plataforma.



Figura 1. Metodología gamificada aplicada en la asignatura Probabilidad y Estadística.



Figura 2. Actividad gamificada del tipo Ruleta de palabras sobre los conceptos de la Unidad Temática N° 2: Probabilidad.

## Resultados

La metodología se aplicó a cinco grupos de alumnos de la asignatura Probabilidad y Estadística de las carreras Ingeniería Electrónica, Minas, Informática y Agrimensura, en el período 2020-2022.

En el ciclo lectivo 2020, durante el primer cuatrimestre participaron 24 alumnos de las carreras Ingeniería Electrónica y Minas (Grupo 1). En el segundo cuatrimestre, participaron 28 alumnos de las carreras de Ingeniería en Informática y Agrimensura (Grupo 2). Ambos grupos participaron en modalidad virtual.

En el ciclo lectivo 2021, en el primer cuatrimestre participaron 32 alumnos de las carreras Ingeniería Electrónica y Minas (Grupo 3). En el segundo cuatrimestre, participaron 33 alumnos de las carreras de Ingeniería en Informática y Agrimensura (Grupo 4). Ambos grupos participaron en modalidad virtual.

Actualmente, en el ciclo lectivo 2022, están participando 30 alumnos de las carreras Ingeniería Electrónica y Minas (Grupo 5), en modalidad presencial.

En la Figura 3, se muestran algunos resultados de la encuesta anónima -realizada con la herramienta QuestionPro- que se efectúa a mitad del ciclo de cursado de cada cuatrimestre.

Como se observa, a los cinco grupos les resulta divertida la evaluación mediante el juego. También consideran que la evaluación mediante el juego requiere mayor concentración para realizarla. De la misma forma, expresan que el juego les permite aprender los conceptos de la asignatura, y que premiar con puntos los motiva a esforzarse para superar a los compañeros y de paso aprender. En la encuesta, los alumnos tienen la posibilidad de agregar comentarios o sugerencias; muchas de ellas fueron positivas como por ejemplo: *“Más bien como comentario, estoy conforme con el cursado virtual de la materia, además que me encanta el modo de evaluación y presentaciones de trabajos.”*

Estos resultados revelan el lugar preponderante que ocupan los recursos didácticos gamificados para acceder al conocimiento y obtener aprendizajes significativos. En ese sentido, es la gamificación la que ofrece a la educación una multiplicidad de posibilidades que sirven a la hora de abordar el aprendizaje y la gestión del conocimiento. Al mismo tiempo, los estudiantes de alguna manera interpelan la hegemonía de la lengua escrita, del soporte papel, de la clase magistral haciendo que los docentes tomen conciencia de la riqueza de otros recursos semióticos y del estatus que portan los mismos en estos días.

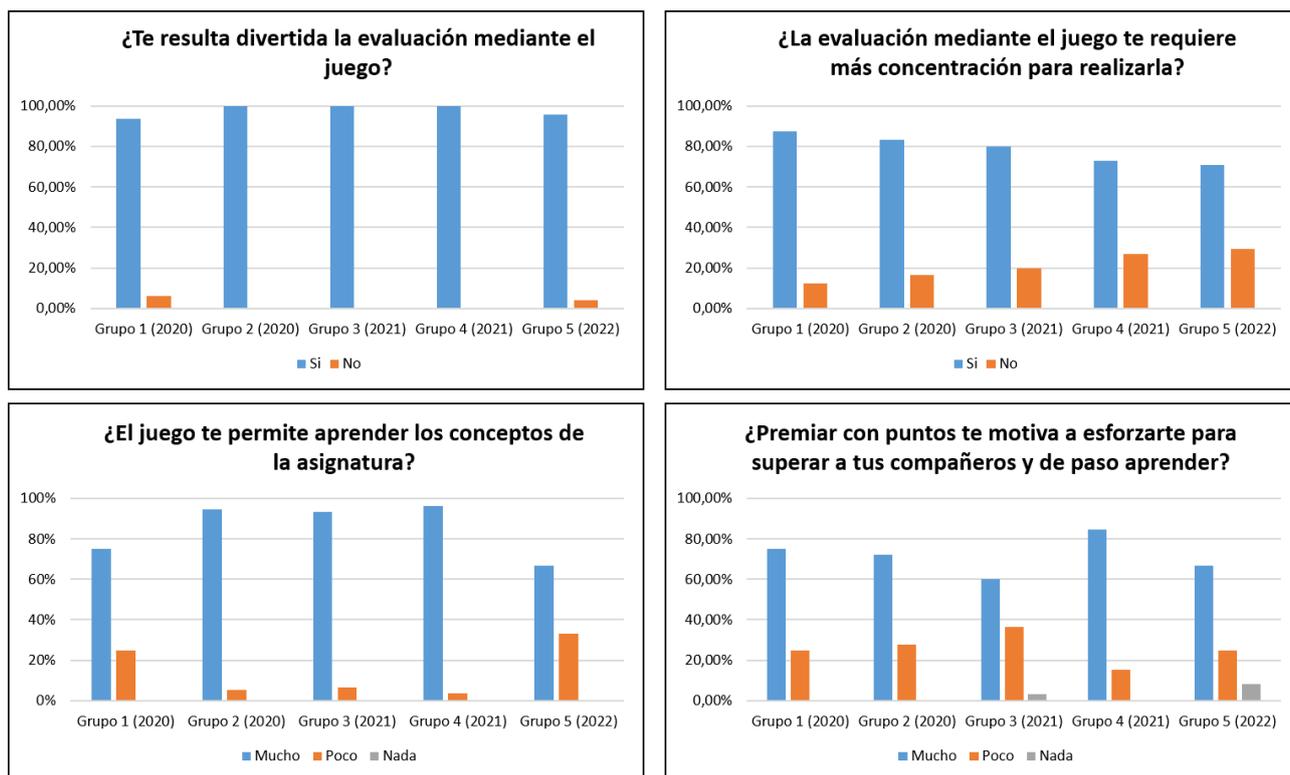


Figura 3. Resultados de la encuesta anónima sobre la percepción que tienen los alumnos de la gamificación de la asignatura

## Conclusiones

En este trabajo se presentó la gamificación como metodología de aprendizaje activo que ofrece diversas estrategias de enseñanza que se adaptan a las diferentes formas de aprender de los estudiantes de la asignatura Probabilidad y Estadística, lo cual les permite evaluar su proceso de aprendizaje para tomar las decisiones que correspondan. Las estrategias gamificadas fomentan el hábito de estudio ya que requieren que los alumnos repasen los temas vistos en clase de forma divertida e interactiva, y les sirven como autoevaluación y autorregulación de su aprendizaje.

De los resultados obtenidos, se puede destacar que la metodología presentada crea un ambiente de aprendizaje significativo, interactivo y divertido, que favorece la motivación y la participación de los estudiantes, promueve la competitividad, la autorregulación y la autonomía, produciendo una mejora en los resultados académicos.

La metodología propuesta se aplicó en modalidad presencial y virtual por lo que puede adaptarse a diferentes escenarios, lo que, en el contexto de pandemia y post pandemia, toma particular relevancia, dado que la Educación Superior en muchos casos continúa trabajando a distancia o de manera híbrida.

## REFERENCIAS

1. U. R. Cukierman, Aprendizaje centrado en el estudiante. Un enfoque imprescindible para la educación en ingeniería. En *Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería: experiencias en América Latina*, Bogotá, ACOFI, 2018, pp. 27-39.
2. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), «Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería,» Oro Verde, 2017.
3. D. C. Peralta Lara y V. J. Guamán Gómez, «Metodologías activas para la enseñanza y aprendizaje de los estudios sociales,» *Revista Sociedad & Tecnología*, vol. 3, nº 2, pp. 2-10, 2020.
4. A. V. Macías Espinales, *La Gamificación como estrategia para el desarrollo de la competencia matemática: plantear y resolver problemas*. Tesis de Maestría. Universidad Casa Grande, 2017.

## REDES EDUCATIVAS Y DETECCIÓN COMUNIDADES

Héctor R. Tarifa<sup>(1)\*</sup>, Patricio O. Condorí<sup>(1)</sup>, José L. Medina<sup>(1)</sup> y C. Marcelo Pérez Ibarra<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca 10, Jujuy, Argentina.*

\*Correo Electrónico: [hart969@hotmail.com](mailto:hart969@hotmail.com)

### RESUMEN

*El Análisis de Redes Sociales (ARS) permite medir y analizar las características de una red social para identificar las estructuras sociales. La detección de comunidades es un área de gran importancia en el ARS, ya que la identificación y caracterización de subgrupos permite definir diversas acciones según el área de conocimiento. En este trabajo se aborda la detección de subgrupos en una red educativa. Para ello, se introduce al ARS, se reseñan los conceptos básicos de detección de grupos y se presenta un caso de estudio.*

### ABSTRACT

*Social Network Analysis (SNA) allows to measure and analyze the characteristics of a social network to identify social structures. The detection of communities is an area of great importance in the ARS, since the identification and characterization of subgroups allows defining various actions according to the area of knowledge. This paper deals with the detection of subgroups in an educational network. To do this, ARS is introduced, the basic concepts of group detection are reviewed and a case study is presented.*

*Palabras clave: ARS, redes, comunidades, algoritmos, educación*

### Introducción

La migración de la enseñanza presencial a entornos virtuales fomenta la conformación de comunidades digitales. En este contexto, el docente debe contar con herramientas para identificar fortalezas y debilidades tanto individuales como grupales. El ARS intenta explicar cómo influyen las relaciones y el medio en el comportamiento de los integrantes de una red. En particular, la detección de subgrupos permite definir futuras acciones según las características grupales.

En este trabajo se aborda la detección de subgrupos en una red educativa. Para ello, se introduce al ARS, se reseñan los conceptos básicos de detección de grupos y se presenta un caso de estudio.

### Análisis de Redes

El ARS permite medir y analizar las características de una red social para identificar las estructuras sociales resultantes de las relaciones establecidas entre sus miembros. Así, intenta explicar los fenómenos sociales a partir de las propiedades de las estructuras relacionales para comprender y predecir los resultados de las interacciones entre los miembros de una red.

Para estudiar las propiedades de las redes sociales se aplica la teoría de grafos. Ésta permite, mediante nodos y aristas, representar los actores y relaciones de una red; también proporciona herramientas para la medición de conceptos que caracterizan la red, identificar actores prominentes, detectar comunidades, entre otras. Algunas medidas características de una red son: distancia geodésica, diámetro, densidad, grado de entrada y salida, y centralidad [1].

La importancia de la detección de comunidades radica en sus múltiples aplicaciones en diversas áreas (educación, economía, política, búsqueda y minería de datos, informática, física, sociología, etc.) [2]. Por ejemplo, en sociología, la cohesión de red podría explicar cómo se establece el consenso entre los miembros de un grupo [1]. Por estos motivos, la detección de comunidades es un problema ampliamente investigado, abierto y de relevancia [3].

## DetECCIÓN DE COMUNIDADES

Desde lo social, una comunidad puede entenderse como un subconjunto de actores entre los cuales existen vínculos fuertes, intensos o positivos [1]; mientras que, matemáticamente puede ser definida como un subgrafo conectado y localmente denso [4]. En otras palabras, en una comunidad las fuerzas sociales que actúan, de forma (in)directa, sobre sus miembros se dan con mayor probabilidad o frecuencia que con actores ajenos a la comunidad.

Para agrupar los nodos de una red en comunidades es necesario particionar el grafo subyacente. Existen distintos tipos de algoritmos de detección de comunidades para descubrir la estructura comunitaria de una red sin conocer previamente el número ni tamaño de las comunidades. Un enfoque es el agrupamiento jerárquico, donde los nodos se agrupan en función de su similitud, pudiendo aplicarse 2 tipos de algoritmos: aglomerativos y divisivos. Los primeros fusionan en una misma comunidad nodos que presentan alta similitud (Louvain); mientras que los divisivos aíslan comunidades eliminando los enlaces que conectan nodos que pertenecen a diferentes comunidades (Girvan-Newman) [4].

Para seleccionar la partición que genera la mejor estructura comunitaria de una red se puede usar la modularidad. Ésta permite determinar si la densidad de los subgrafos definidos por una partición difiere de la densidad esperada en un modelo nulo (conexiones aleatorias).

## Caso de Estudio

El estudio se realizó con un grupo de alumnos de primer año de la Facultad de Ingeniería (UNJu). Éste desarrolló sus actividades en un espacio formal (aula virtual) y en uno informal (WhatsApp). En el segundo se observó una participación más activa y espontánea, lo que motivó a estudiar las interacciones del grupo (57 alumnos). La red conformada por éstos es la analizada en este trabajo.

Las actividades realizadas fueron: ejecución de prácticas, evaluaciones online y realización de proyectos. En cada una, se observaron diferentes niveles de interacción variando la frecuencia, intensidad y grado de participación. En particular, las prácticas consistieron en la resolución de problemas bajo la supervisión del equipo docente y el planteo y discusión de soluciones entre pares. Para este estudio se analizaron las interacciones registradas, durante una semana, en el espacio informal. El procesamiento y análisis de datos se realizó con el software Gephi.

## Resultados

Para determinar la estructura comunitaria se aplicaron 3 algoritmos: Louvain, Leiden y Girvan-Newman. En la Tabla 1, *resolución* indica la granularidad de la agrupación, *orden* refiere la secuencia en que evalúan los nodos de la red, *tipo* indica si la red es ponderada o no, *comunidades* establece la cantidad de comunidades detectadas y *modularidad* representa el índice calculado.

Tabla 1. Resultados de Louvain

RESOLUCIÓN	ORDEN	TIPO	COMUNIDADES	MODULARIDAD
0,5	aleatorio	si	12	0,039
0,9	aleatorio	si	4	0,026
0,95	aleatorio	si	4	0,062
1	aleatorio	si	3	0,069

En la Tabla 2 se incluyen los parámetros *iteraciones* (cantidad de veces que se ejecuta el algoritmo) y *semilla* (valor aleatorio inicial que cambia en cada iteración del algoritmo).

Tabla 2. Resultados de Leiden

RESOLUCIÓN	ITERACIONES	SEMILLA	COMUNIDADES	MODULARIDAD
0,5	1000	aleatoria	1	0,5
0,9	1000	aleatoria	3	0,109
0,95	1000	aleatoria	3	0,089
<b>1</b>	<b>1000</b>	<b>aleatoria</b>	<b>3</b>	<b>0,069</b>

Finalmente, en la Tabla 3, se indica que el índice utilizado es la modularidad

Tabla 3. Resultados de Girvan-Newman

PARÁMETROS	NODOS	ARISTAS	COMUNIDADES	MODULARIDAD
Tipo de arista para el cálculo de modularidad	57	1348	22	0,21

## Discusión

Los resultados de Louvain y Leiden permiten identificar 3 comunidades, mientras que Girvan-Newman detecta 22. Estas diferencias se deben a: 1) la estrategia aplicada por los métodos (aglomerativo vs divisivo), y 2) la optimización de la modularidad aplicada por Louvain y Leiden.

A partir de estos resultados es posible analizar las características de cada comunidad y, desde lo social, definir el perfil de los estudiantes, identificar los líderes de grupo y aquellos estudiantes que sirven como nexo entre las comunidades.

## Conclusiones

En base al estudio realizado aquí, se propone: a) profundizar el estudio de las características de cada comunidad identificada y su interpretación social; b) aplicar algoritmos de detección, con otros enfoques, para contrastar sus resultados con los ya obtenidos; c) identificar otros aspectos que pueden definir las relaciones dentro de una red: amistad, proximidad geográfica, rango etario, etc.

## Referencias

1. Wasserman, S. y Faust, K., *Análisis de redes sociales. Métodos y aplicaciones*. Carolina Berenguer Romeu, Ovidi Carbonel Cortés y Maria Teresa Casado Rodríguez (Trad.), Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid, España, 2013.
2. Bermúdez, C. I. L., & García-Nájera, A. (2018). Detección de comunidades en redes sociales por medio de un algoritmo de agrupamiento dinámico en alta definición. *Res. Comput. Sci.*, 147(5), 305-318.
3. Cai, Q., Ma, L., Gong, M., Tian, D.: A survey on network community detection based on evolutionary computation. *International Journal of Bio-Inspired Computation* 8(2), pp. 84–98 (2016)
4. Barabási, A. L. (2002). *The new science of networks*. Cambridge: Perseus.

## ESTUDIO COMPARATIVO DE SOFTWARES LIBRES PARA CÁLCULO NUMÉRICO

Gustavo A. Salcedo<sup>(1)\*</sup> y Lucrecia L. Chaillou<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Departamento Físico-Matemático, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, Sgo. del Estero, Argentina.*

*\*Correo Electrónico (autor de contacto): gusalce2.92@gmail.com*

### RESUMEN

*Cálculo numérico es una asignatura que sirve de nexo entre los contenidos de álgebra lineal y de análisis matemático con problemas propios de la Ingeniería, que se concreta en una serie de métodos y algoritmos, que permiten obtener resultados numéricos aproximados luego de un número finito de operaciones aritméticas. Sus algoritmos se pueden incorporar a softwares adecuados, permitiendo que los estudiantes corroboren sus resultados con las salidas del programa. Debido a que los paquetes informáticos específicos son costosos, el objetivo de este trabajo fue realizar una revisión y evaluación de softwares libres que permita seleccionar el que mejor se adapte a los requerimientos de la asignatura Cálculo numérico. La metodología de evaluación empleada involucró la búsqueda y análisis de bibliografía actualizada, referida a dos softwares libres: Octave y Scilab, en las que se identificaron ventajas y desventajas considerando una serie de características y funcionalidades que se complementó con un ejemplo práctico de uso ante un problema de cálculo de raíces de una ecuación no lineal resuelto mediante el método de bisección. Los resultados obtenidos no muestran diferencias sustanciales en los aspectos analizados de ambos softwares, siendo recomendable cualquiera de ellos para el desarrollo de la asignatura.*

### ABSTRACT

*Numerical Calculus is a subject that serves as a link between the contents of linear algebra and mathematical analysis with problems typical of Engineering, which is specified in a series of methods and algorithms. These methods allow obtaining approximate numerical results after a finite number of operations. arithmetic. Its algorithms can be incorporated into suitable software, allowing students to check their results with the output of the program. Due to the fact that the specific computer packages are expensive, the objective of this work was to carry out a review and evaluation of free software that allows selecting the one that best suits the requirements of the Numerical Calculus subject. The evaluation methodology used involved the search and analysis of updated bibliography, referring to two free software: Octave and Scilab, in which advantages and disadvantages were identified considering a series of characteristics and functionalities that were complemented with a practical example of use before a root calculation problem of a non-linear equation solved using the bisection method. The results obtained do not show substantial differences in the analyzed aspects of both softwares, any of them being recommended for the development of the subject.*

*Palabras clave: Cálculo numérico, software, Scilab, Octave, bisección*

## Introducción

La asignatura Cálculo Numérico constituye una parte esencial de la educación matemática para ingenieros puesto que permite vincular los contenidos del álgebra lineal y del análisis matemático, con problemas específicos de distintas áreas del conocimiento [Nieves Hurtado y Domínguez Sánchez, 2014]. Los estudiantes modelizan sistemas reales para resolverlos, en forma aproximada, utilizando métodos numéricos, corroborando sus resultados con soportes informáticos adecuados. Esto está de acuerdo con los Estándares de Segunda Generación para las carreras de ingeniería de Argentina [CONFEDI, 2018], puesto que en las Competencias Genéricas tecnológicas se establece que se deben utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.

La contribución del Cálculo Numérico a estas competencias se establece por la utilización de sus métodos para la resolución de problemas complejos tales como la resolución de ecuaciones no lineales, ecuaciones diferenciales, grandes sistemas de ecuaciones lineales y diferenciales, derivación e integración de funciones muy complejas, entre otros. Su resolución está vinculada a la escritura de algoritmos y programas en el pseudocódigo de softwares adecuados, que permiten obtener y corroborar la solución en segundos.

Los programas pueden ser de software pagado o libre. Estos últimos permiten la difusión libre de su código, garantizando el acceso libre de los alumnos a la herramienta para su trabajo personal evitando el pago de los altos costos de la licencia de los programas comerciales.

Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue realizar una revisión y evaluación de softwares libres que permitan seleccionar el que mejor se adapte a los requerimientos de la asignatura Cálculo Numérico.

## Materiales y métodos

Cálculo Numérico forma parte de las asignaturas de la disciplina Matemática que transita el alumno de la carrera Ingeniería en Alimentos de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA) de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE). Se dicta durante el primer cuatrimestre del tercer año de la carrera con una carga horaria semanal de 8 h. Durante su desarrollo se aplican métodos numéricos para resolver problemas específicos de la carrera, los resultados obtenidos por los estudiantes se corroboran con software específico.

Para seleccionar el software que mejor se adapte a los requerimientos de la asignatura, se evaluaron, considerando su difusión, dos softwares libres Octave, versión 6.2.0 y Scilab, versión 5.5.1. La información sobre sus características y funcionalidades se obtuvo mediante búsquedas en bibliografía actualizada y también, de los informes dados en los programas analizados. Se consideraron 14 aspectos relevantes: funcionalidades básicas y avanzadas; gráficos e imágenes, potencia del lenguaje de programación; control de la precisión, fiabilidad; rapidez; facilidad de manejo; licencia y facilidad de obtención; desarrollo y madurez del programa; instalación, compatibilidad con otros programas e integración de otros lenguajes.

Además, se complementó el análisis comparativo de los softwares, con la resolución de un ejercicio de la Guía de Trabajos Prácticos N° 3, correspondiente a los contenidos de la unidad temática del programa analítico de la asignatura titulada: Solución numérica de ecuaciones. La consigna del ejercicio se refirió al cálculo de la raíz, mediante el Método de Bisección, de la ecuación no lineal trascendente:

$$e^{-x} - x = 0 \quad [1]$$

Se escribió el algoritmo de Bisección en el pseudocódigo de cada uno de los softwares estudiados, se introdujeron los datos del problema, se obtuvieron las salidas de cada programa, se graficó la función analizada, y se compararon los resultados obtenidos.

## Resultados

El estudio comparativo de los aspectos relevantes de los softwares Scilab y Octave indica que, ambos poseen: información accesible sobre sus características; funcionalidad básica para resolución de problemas mediante métodos numéricos; funcionalidad avanzada mediante cajas de herramientas adicionales; herramientas para realizar gráficos e imágenes, destacándose el editor gráfico Xcos de Scilab que es muy útil para la construcción, carga, compilación y simulación de modelos de sistemas dinámicos mediante una interfaz gráfica de usuario; potencia en el lenguaje de programación, puesto que cuentan con un gran número de estructuras de control de flujo de programa, y de tipos de datos; control de la precisión; fiabilidad y rapidez. Si bien, ambos son fáciles de manejar, los comandos de Scilab son más claros; y sólo Scilab cuenta con interfaz iterativa. Además, ambos están disponibles en Internet; su desarrollo no implica cambios abruptos entre versiones; son compatibles con otros programas, Scilab permite importar datos de Excel y

Octave es compatible con Matlab (software comercial); y ambos permiten la integración de otros lenguajes, tales como, C++ y FORTRAN.

Con respecto a la resolución, del ejercicio de búsqueda de raíces de una ecuación mediante el método de bisección, en ambos programas se introdujo la declaración de la función, se utilizó la función plot para realizar los gráficos, se establecieron los límites inferior y superior y la cota de error.

Sin embargo, al redactar el programa del método de bisección, se observaron diferencias en las sentencias, principalmente, en el uso de estructuras, tales como for, if, elseif, endif, endfor para Octave; mientras que Scilab trabaja con while, end e if. Estas estructuras permiten que un grupo de enunciados se ejecute varias veces.

La consola de comandos de Scilab brinda una mejor representación de los resultados, tal como puede observarse en la Fig. 1. Si bien el gráfico obtenido mediante Octave presenta curvas más suaves, el de Scilab permite interacción dinámica a través del acercamiento en un solo paso con la herramienta ‘Acercar área’ y el desplazamiento con el cursor.

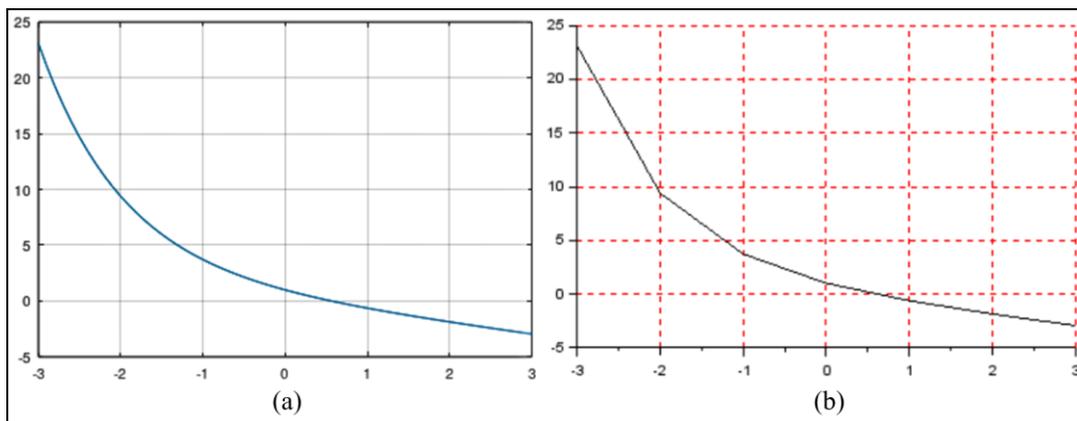


Fig. 1. Comparación de gráficos obtenidos por: (a) Octave, (b) Scilab

La salida que entregan los softwares de ambos programas del algoritmo del método de bisección aplicado a la ecuación [1], se presenta en la Fig. 2. Ambos programas trabajan con la misma rapidez para este tipo de problemas, incluso cuando se trata de matrices o sistemas de ecuaciones.

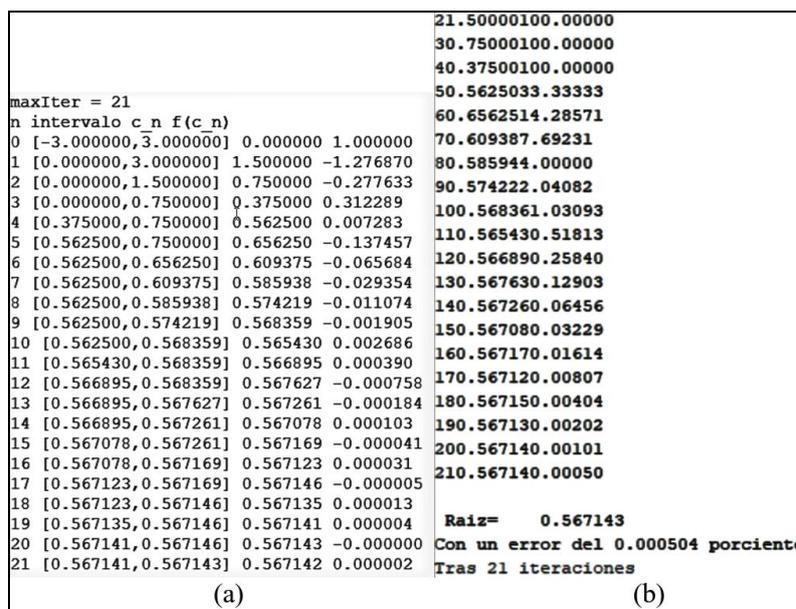


Fig. 2. Comparación de las salidas del método de bisección aplicado a la ecuación [1], obtenidas por: (a) Octave, (b) Scilab.

## Discusión

Ambos softwares cumplen con los requerimientos necesarios para generar programas propios del Cálculo Numérico, destacándose Octave por el número de cajas de herramientas avanzadas, por su facilidad para

realizar la visualización de datos y por su compatibilidad con Matlab, un software comercial robusto; mientras que Scilab posee una mayor cantidad de módulos de graficación y edición de imágenes y videos, permite una mayor cantidad de datos disponibles y sus comandos son más claros, de acuerdo con lo reportado por Shaukat y col. (2018).

### **Conclusiones**

Ambos softwares libres pueden utilizarse para la enseñanza de la asignatura Cálculo Numérico, prefiriéndose Scilab porque es un entorno completo, con comandos sencillos, con muy buenas interfaces gráficas, y porque los alumnos aprendieron a utilizarlo en el curso de computación necesario para acreditar la suficiencia en computación que se exige en el plan de estudios de la carrera Ingeniería en alimentos.

### **REFERENCIAS**

1. A. Nieves Hurtado y F. C. Domínguez Sánchez, “Métodos Numéricos aplicados a la ingeniería”, 2014, Grupo Editorial Patria, S.A. de C.V.
2. CONFEDI, “Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina”, 2018, CONFEDI.
3. K. Shaukat, F. Tahir, U. Iqbal, and S. Amjad, "A comparative study of numerical analysis packages." *International Journal of Computer Theory and Engineering*. Vol. 10.3 (2018), p. 67-72.

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**IMPACTO DE LA INCORPORACION DE LOS ODS EN LA ENSEÑANZA  
DEL DERECHO AGRARIO EN LAS FACULTADES DE AGRONOMIA**

**Ana María Maud\***

*\*Departamento de Ciencias Sociales, Facultades de Agronomía y agorindustrias de la UNSE Av. Belgrano sur  
1912 Santiago del Estero, Argentina*

*\*Correo Electrónico: anammaud@hotmail.com*

**RESUMEN**

*En el presente se reflexiona sobre el impacto que los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) ejercen en la enseñanza Derecho agrario en las Facultades de Agronomía, habiendo seguido el método inductivo – deductivo y analizado desde la Teoría Trialista del Derecho, esto es, considerar al derecho como hecho, norma y valor, dado que la disciplina derecho agrario ha venido acompañando los cambios producidos desde el hecho técnico, plasmado en normas y siempre respondiendo a los postulados de la Ciencia, del deber ser, que establece los valores que deben imperar en el marco normativo, para hacer realidad los postulados del desarrollo humano, económico, social y ambiental. Obrar como antecedentes trabajos de investigación, “Aportes de los Objetivos del Desarrollo Sostenible para una Agricultura Sustentable en Argentina: Una mirada social desde la Universidad [ [https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/libro\\_ods\\_0.pdf](https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/libro_ods_0.pdf)]; los Documentos de la ONU sobre la Agenda 2030; FAO Y CEPAL; o trabajos doctrinarios del Profesor Ricardo Zeledon sobre El derecho agrario contemporáneo, Manual de Derecho Agrario de Fernando Brebbia, pero no se han encontrado trabajos científicos que aborden el impacto que ha sentido el Derecho agrario en cuanto ciencia y en cuanto sistema a partir de la formulación de los ODS (Objetivos del desarrollo sostenible) los cuales han dado nacimiento a una “nueva ruralidad, al decir del documento homónimo, desde [[www.argentina.gob.ar](http://www.argentina.gob.ar)] . En consecuencia, ante la falta de tratamiento doctrinario del tema con el recorte de análisis propuesto, se pretende aportar a la enseñanza del Derecho Agrario y por ende al sistema de normas que rige el mismo, descubriendo cómo la Nueva ruralidad que se presenta en Argentina a partir del impacto producido por la implementación de los ODS, amplía los horizontes de esta ciencia y por ende de su enseñanza.*

**ABSTRACT**

*In the present, we reflect on the impact that the Sustainable Development Goals (SDG) have on the teaching of agrarian law in the Faculties of Agronomy, having followed the inductive - deductive method and analyzed from the Trialist Theory of Law, that is, considering the law as a fact, norm and value, given that the agrarian law discipline has been accompanying the changes produced from the technical fact, embodied in norms and always responding to the postulates of Science, of the duty to be, which establishes the values that must prevail in the regulatory framework, to make the postulates of human, economic, social and environmental development a reality. As background research works, "Contributions of the Sustainable Development Goals for Sustainable Agriculture in Argentina: A social view from the University [ [https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/libro\\_ods\\_0.pdf](https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/libro_ods_0.pdf) ]; the UN Documents on the 2030 Agenda; FAO AND ECLAC; or doctrinal works by Professor Ricardo Zeledon on contemporary agrarian law, Manual of Agrarian Law by Fernando Brebbia, but no scientific works have been found that address the impact that agrarian law has felt as a science and as a system from the formulation of the SDGs (Sustainable Development Goals) which have given birth to a “new rurality, according to the homonymous document, from [[www.argentina.gob.ar](http://www.argentina.gob.ar)]. Consequently, given the lack of doctrinal treatment of the subject with the proposed analysis cut, it is intended to contribute to the teaching*

*of Agrarian Law and therefore to the system of rules that governs it, discovering how the New rurality that is presented in Argentina to Based on the impact produced by the implementation of the SDGs, it broadens the horizons of this science, and its teaching.*

**Palabras Clave:** *Objetivos del desarrollo sostenible, derecho agrario, ambiente, Constitución Nacional, ruralidad*

### **Introducción**

El presente trabajo se inserta en el marco del proyecto de investigación: “Realidad y prospectiva de la incorporación de los objetivos del desarrollo sostenible en las Asignaturas del Ciclo Jurídico de las Carreras de Contador Público, Licenciatura en Administración e Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Rol de la función Educación” financiado por CICyT- UNSE, y se propone analizar el impacto de los ODS en la enseñanza del derecho agrario en las Facultades de Agronomía atento a la influencia que éstos ejercen sobre el hecho técnico y en el Derecho Agrario en cuanto ciencia y en cuanto sistema. Para ello, realizamos un recorrido por las distintas instancias que ha atravesado esta rama del derecho a lo largo de su evolución y la influencia que ha sentido en el proceso de crecimiento de la economía y la globalización. No debe olvidarse que el progreso a menudo ha venido acompañado de consecuencias sociales y medioambientales, como la erosión de suelos, sequías, la pérdida de la biodiversidad, la disminución de la flora y fauna silvestre, la afectación del aire, entre otros fenómenos y que a la postre influyen sobre la actividad agraria y por ende en lo económico y social. De ahí que no puede escindirse la enseñanza de la ciencia del Derecho agrario del hecho técnico y del sistema de normas, los cuales son influidos por los tres aspectos del desarrollo humano, tales son, el económico, social y ambiental, en una estrecha relación y retroalimentación, a punto tal que no puede alcanzarse el uno, en detrimento o con olvido de los otros dos.

### **Materiales y método**

El método utilizado fue el inductivo - deductivo, analítico - sintético, y el tema objeto del presente ha sido abordado desde una perspectiva Trialista del derecho, al decir de Werner Goldschmidt esto es, considerar al derecho desde tres dimensiones hecho, norma y valor. Obran como antecedentes trabajos de investigación, “Aportes de los Objetivos del Desarrollo Sostenible para una Agricultura Sustentable en Argentina: Una mirada social desde la Universidad [[https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/libro\\_ods\\_0.pdf](https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/libro_ods_0.pdf)]; los Documentos de la ONU sobre la Agenda 2030, FAO Y CEPAL [1,2]; o trabajos doctrinarios del Profesor Ricardo Zeledon [3] sobre El derecho agrario contemporáneo, Manual de Derecho Agrario de Fernando Brebbia, pero no se han encontrado trabajos científicos que aborden el impacto que ha sentido el Derecho agrario en cuanto ciencia y en cuanto sistema a partir de la formulación de los ODS (Objetivos del desarrollo sostenible) los cuales han dado nacimiento a una “nueva ruralidad, al decir del documento homónimo. En consecuencia, ante la falta de tratamiento doctrinario del tema con el recorte de análisis propuesto, se pretende aportar al crecimiento de la Ciencia del Derecho Agrario y por ende al sistema de normas que rige el mismo, descubriendo cómo la Nueva ruralidad que se presenta en Argentina a partir del impacto producido por la implementación de los ODS, con lo cual se amplían los horizontes de esta ciencia.

### **Resultados**

Un nuevo desafío enfrentan los profesionales de la ingeniería agronómica debido al impacto que provoca la incorporación de la Agenda 2030 a la realidad nacional. Los objetivos del Desarrollo sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Globales, fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como un llamado a la acción para acabar con la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad. de ahí que para la enseñanza del Derecho Agrario a los futuros profesionales de la Ingeniería Agronómica, deben incorporarse sus contenidos ya que entre los objetivos de la Cátedra de Derecho agrario a cargo de la suscripta, se propone que el futuro profesional conozca las tres dimensiones del desarrollo humano, estos es, tanto la económica, a la que accede desde su ciencia, la agronomía, como también la dimensión ambiental y social.

Esto mueve a replantear las bases de la enseñanza del derecho agrario en las facultades de ingeniería agronómica y hablamos de derecho agrario, porque la enseñanza de la asignatura va más allá de la mera transmisión de pautas legales. El derecho es más que la ley, a más que la materia agraria es compleja, ya que está supeditada a una dinámica que trasciende lo productivo para ser atravesado por una dimensión ambiental y social. A la vez, que conforme lo expresamos ut supra, desde la teoría trialista del derecho, el derecho es más que normas, aquel parte del hecho técnico, el cual es receptado por las normas, pero éstas deben tener como objetivo un valor, el deber ser, tal como lo analizamos en el punto siguiente.

### **Discusión**

Hechos técnicos, económicos sociales, políticos y culturales tanto a nivel local, como a nivel global dan cuenta del dinamismo propio de la vida y de la ciencia, todos los cuales exigen una rápida respuesta por parte del Derecho Agrario. Si se habla del Derecho Agrario como ciencia y conforme se señaló ut supra como ciencia del deber ser, imbuido de valores, emerge nuestra disciplina a partir de los derechos humanos ya que desde sus inicios se va identificando con un conjunto de derechos inherentes al hombre y por lo cual el Derecho Agrario se va desprendiendo del Derecho Civil y por ende su regulación va más allá de la mera individualidad hacia el paradigma de la solidaridad, sobre todo, a partir del reconocimiento de los derechos humanos de tercera generación. Los derechos humanos de la solidaridad expresados a través del derecho al ambiente sano la sustentabilidad del desarrollo, el consumo responsable, la seguridad alimentaria, el empoderamiento de mujeres y niñas, entre otros han venido siendo declarado a lo largo de los documentos internacionales, hasta encontrar si se quiere, su máxima expresión hasta el momento con la formulación de los ODS cuyo lema es “no dejar a nadie atrás”.

Si miramos al hecho técnico que es recogido por la Ley en función del deber ser, desde la Agenda 2030, se ha fijado el Objetivo N 12 Producción y consumo responsables, y tal como se presenta en el documento de la FAO la alusión misma al término de “Nueva Ruralidad” implica que las facultades explicativas del concepto “ruralidad” son insuficientes para describir los fenómenos y problemas emergentes del medio rural actual. [4]. De ahí que este nuevo concepto obliga a adecuar los postulados de nuestra materia, ya que la transversalidad de la nueva Ruralidad en todas las áreas temáticas de la Agenda 2030 y los Objetivos del Desarrollo Sostenible dan cuenta de la necesidad de perspectiva sistémica, territorial, entre otras, para hacer realidad los postulados de la Agenda 2030.

### **Conclusión**

No puede enseñarse una disciplina sólo desde el hecho o la norma, al decir de la doctrina Trialista, de Goldschmidt, sino que es necesaria que la ciencia se nutra desde los valores, que le dan sentido y marcan el deber ser. Constituye un desafío construir una ciencia del derecho agrario desde el humanismo y fundamentalmente a partir del impacto de los ODS que mueven hacia una nueva ruralidad. A partir y con motivo del impacto de los ODS, los institutos propios de la disciplina, sean la propiedad, los contratos, o la empresa, entre otros, cobran una nueva vida y pueden ser explicados de una manera distinta que le va a permitir al Derecho Agrario recrearse más allá de la visión economicista, individualista, egoísta o depredadora para pasar a otra dimensión solidaria, ambientalista y trascendente a fin de que las actividades productivas satisfagan las necesidades del presente, sin comprometer las de las generaciones futuras.

### **Referencias**

1. DIRVEN, Martine. **Nueva definición de lo rural en América Latina y el Caribe** en el marco de FAO para una reflexión colectiva para definir líneas de acción para llegar al 2030 con un ámbito rural distinto. En 2030 Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe. Documento N°
2. 2019 en [www.fao.org](http://www.fao.org)
2. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en [www.CEPAL.org](http://www.CEPAL.org)
3. ZELEDON ZELEDON, R. (Derecho agrario contemporáneo. Investigaciones Jurídicas S.A. I Derecho Agrario – Legislación- 2010). Costa Rica I. Título
4. ODS y ruralidad en [www.argentina.gov.ar](http://www.argentina.gov.ar)

## LOS ENTORNOS PERSONALES DE APRENDIZAJE (EPA) EN LA AUTOGESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

Sofía G. Gómez<sup>(1)\*</sup>, Luis R. Lara<sup>(2)</sup>, Ana M. Del Prado<sup>(1)</sup> y Stefano Colla<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Laboratorio de Investigación e Innovación en Educación (LIIE), *Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 55, Catamarca, Argentina.*

<sup>(2)</sup> *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 55, Catamarca, Argentina.*

\*sofigomez@yahoo.com.ar

### RESUMEN

*Los entornos personales de aprendizaje (EPA) pueden definirse como el conjunto de herramientas que el estudiante utiliza para gestionar sus aprendizajes. Por ello, suelen vincularse al autoaprendizaje y a la propia gestión del conocimiento, una arista asociada a los nuevos modos de acercarse al conocimiento académico de los alumnos del nivel superior. El presente trabajo refleja una experiencia, a través del Foro Virtual, en la cual los estudiantes comentan cómo organizan su EPA, qué recursos digitales utilizan, cuáles son propios y cuáles indicados por los docentes así como sus preferencias a la hora de realizar interacciones, entre otros aspectos. Se observa que, para plasmar sus elecciones, utilizaron autónomamente Symbaloo, un escritorio online con múltiples usos educativos al que se puede acceder desde cualquier dispositivo móvil. Esta elección, en lugar de la tradicional redacción de un texto, revela la potencialidad de esta forma semiótica y la multiplicidad de posibilidades que existen para abordar el aprendizaje y la gestión del conocimiento. Esto evidencia que la configuración de un EPA en estudiantes de ingeniería permite aprender sobre cualquier tema que sea del interés de los alumnos, hacerlo al ritmo que se adapte a sus necesidades y en la profundidad que decidan. A través de sus EPA, los alumnos adquieren nuevas competencias TIC, convirtiéndose en consumidores y productores de conocimiento libre y abierto.*

### ABSTRACT

*Personal learning environments (PLE) can be defined as the set of tools that students use to manage their learning. For this reason, they are linked to self-learning and knowledge management, an edge associated with the new ways of approaching the academic knowledge of university students. This work shows an experience, through a Virtual Forum, in which students comment on how they organize their PLE, what digital resources they use, which belong to themselves and which are indicated by teachers, as well as their preferences when interacting, among other aspects. It is observed that, to capture their choices, they autonomously used Symbaloo, an online desktop with multiple educational uses that can be accessed from any mobile device. This choice, instead of the traditional writing of a text, reveals the potential of this semiotic form and the multiplicity of possibilities that exist to focus on learning and knowledge management. This demonstrates that the configuration of a PLE in engineering allows students to learn about any topic related to their interests, at their own pace, and in the depth that they decide. Through their PLE, students acquire new ICT skills, becoming consumers and producers of free and open knowledge.*

*Palabras clave: Entornos Personales de Aprendizaje - autogestión - conocimiento - competencias -TIC*

## Introducción

El presente trabajo se desprende de la tesis de maestría denominada “Lectura en pantallas: lógicas de uso en la aproximación al conocimiento”, investigación que busca indagar acerca de los nuevos modos de aproximarse al conocimiento académico de los estudiantes universitarios, a través de la lectura en pantalla. A su vez, se imbrica dentro del Proyecto de Investigación: “Metodologías activas de enseñanza y su incidencia en la formación de ingenieros”, el que tiene como uno de sus objetivos, transformar las prácticas de enseñanza universitaria aplicando metodologías activas de aprendizaje. Ambas temáticas se relacionan en tanto apuntan al autoaprendizaje y a describir e interpretar el modo en que los estudiantes universitarios acceden al conocimiento en este mundo actual mediado por TIC y, al mismo tiempo, permiten abrir también una perspectiva de análisis en torno al papel de las tecnologías en la transferencia de conocimientos hacia ciertos campos profesionales. En el proceso formativo de las ingenierías, se transmiten fuertes dinámicas de pensamiento; éstas se relacionan con los modos de pensar un problema, de abordar una temática particular, de seleccionar estrategias y de optar por recursos tecnológicos. En ese sentido, son varios los docentes que expresan que, independientemente de los criterios de la cátedra, los alumnos hacen uso de aplicaciones para resolver problemas y corroborar resultados.

## Materiales y Métodos

Para avanzar en la descripción de la experiencia realizada, resulta pertinente abordar el concepto de entorno personal de aprendizaje o EPA, debido a que está muy vinculado al autoaprendizaje y a la propia gestión del conocimiento. Al intentar conceptualizar un EPA, se encontró que la literatura actual ofrece dos definiciones que responden a miradas diferentes. La primera, una visión netamente instrumental y simplificada que define a los EPA como un conjunto de herramientas tecnológicas de origen diverso que los estudiantes utilizan en su trabajo académico. Por otra parte, existe una mirada más pedagógica y funcional que los considera como un conjunto de herramientas que el estudiante puede utilizar para gestionar sus aprendizajes (Cabero, 2014).

En este trabajo, se adoptó esta última postura a la vez que se consideró al EPA como una herramienta estratégica de los alumnos, implementada o utilizada por ellos, en muchos casos, con independencia del accionar docente, es decir, desde una perspectiva metacognitiva de organización de sus propios procesos de aprendizaje. Se intentó poner el acento en el estudiante y en las decisiones que éste adopta para personalizar y autorregular su aprendizaje. En efecto, quienes investigan en la línea del EPA otorgan al estudiante en sí un rol decisivo y fundamental en la organización, la actualización y el modelado de su propio aprendizaje. En este sentido, el EPA posibilita que los estudiantes adquieran un mayor control sobre lo que aprenden y cómo lo aprenden (Gallego-Arrufat & Chaves-Barboza, 2014).

Siguiendo esta línea, resultó interesante la visión de los EPA como herramientas de gestión del conocimiento, dado que llevan a pensar que el conocimiento es un reflejo de los procesos, estrategias y tecnologías que los estudiantes utilizan para aprender, por lo que pueden modificarlo y mejorarlo para que se adapte cada vez más a sus estilos de aprendizaje. En ello, la capacidad de autorregulación del aprendizaje que posee el propio estudiante juega un importante papel (Gallego-Arrufat & Chaves-Barboza, 2014). Sin lugar a dudas, los EPA configuran un nuevo escenario educativo en el cual los estudiantes pueden, tanto desde la perspectiva formal como informal, adquirir diferentes competencias, capacidades, objetivos y contenidos. En esta concepción entonces, las tecnologías se entienden como vehículos de pensamiento, como potenciadoras de formas de apropiación del conocimiento (Lion, 2006). En palabras de Cabero (2014):

[...] supone, en primer lugar, referirnos a diferentes aspectos relacionados con cómo aprenden los alumnos en la sociedad del conocimiento, con cómo los conocimientos se hacen más líquidos y menos rígidos [...] y con cómo las instituciones formativas regladas dejan de ser las únicas estancias y los únicos mecanismos donde las personas adquieren conocimientos, competencias y capacidades” (Cabero, 2014, pág. 2).

Un aspecto realmente significativo para esta investigación tuvo que ver con la concreción de acciones de aprendizaje, más que con la mera utilización de medios tecnológicos. Así, Adell & Castañeda (2013) definen un EPA no tanto como un sistema (con una estructura definida, partes y funciones), sino como un concepto: una manera de usar la Red para aprender, un conjunto de recursos que utilizamos, personas con las que nos relacionamos y herramientas tecnológicas que usamos.

Con el propósito de indagar acerca de la organización del material de estudio y de herramientas de la Web para acceder al conocimiento tanto de manera formal como informal, se propuso a los alumnos de la cátedra Taller de Inglés II para la carrera Ingeniería en Informática, que trabajen en un foro de discusión en la Plataforma Moodle. En ese espacio virtual, los alumnos interactuaron y expresaron sus opiniones respecto a cómo

organizaban sus entornos de aprendizaje y sus actividades académicas en la FTyCA de la UNCA. Con anterioridad a este debate, se los invitó a analizar atentamente un póster y ver un video sobre EPA. Los alumnos debían comentar qué entendían por este término y cómo configuraban su propio EPA, incluyendo tanto recursos digitales como recursos que no lo eran.

## Resultados

En sus intervenciones, para plasmar sus elecciones, los estudiantes utilizaron autónomamente Symbaloo, un escritorio online con múltiples usos educativos al que se puede acceder desde cualquier dispositivo móvil. Esta herramienta web cumple también la función de guardar todas las páginas o URLs que les interesen y permite organizarlas por temáticas en cada pestaña. Una vez que el primer alumno “rompió el hielo” y empezó a describir su EPA, primero en forma de narrativa y luego a través del escritorio en línea, todos sus compañeros continuaron con la misma modalidad. A través de esta representación, se revela la potencialidad de esta forma semiótica: para los alumnos resultó mucho más claro representar su EPA en forma gráfica que mediante una narrativa textual, develando desde un principio la validez del lenguaje multimodal – icónico. (Figura 1)



**Figura 1** Representación gráfica del EPA de un estudiante en el foro

Una representación gráfica (escritorio en línea) pierde mucha información visual si uno trata de plasmarla en lenguaje escrito, el texto se torna denso y difícil de comprender. Es el recurso Symbaloo, con sus convenciones, el que nos permite representar la información con toda la carga icónica informacional que este recurso posibilita. A través de esta práctica sencilla, se revela el lugar preponderante de los recursos multimodales a los que pueden acceder los estudiantes para representar conocimientos y establecer intercambios comunicativos. En ese sentido, es la multimodalidad la que ofrece a la educación una multiplicidad de posibilidades que sirven a la hora de abordar el aprendizaje y la gestión del conocimiento.

En el foro de discusión, al analizar su EPA, MBQ, un alumno, reflexionó: “Siento cierta facilidad al aprender cuando tengo interacciones con los demás, ya sea respondiendo preguntas, explicando conceptos, realizando actividades y revisando errores (discutir también cuenta supongo)”. Al respecto, otro alumno, DV consideró: “utilizo recursos de comunicación como Skype, Zoom, Discord o Whatsapp, ya que en tiempos como los de ahora son el mejor medio para estar conectados entre nosotros y para poder estudiar diversos temas acompañado de un grupo de personas”.

## Discusión

Lo valioso de estas reflexiones es la valoración del aprendizaje como un proceso autónomo, independiente en muchos casos del docente, pero que a la vez se construye de las interacciones, de las negociaciones y de los debates en los foros. Al respecto, se reafirma lo que expresa Coll (2005) cuando sostiene que, “en paralelo a la alfabetización relativa de la cultura letrada, empiezan a tomar cuerpo otros alfabetismos relacionados con la cultura tecnológica y demás elementos característicos de la sociedad de la información” (p. 7). Por ejemplo, a la hora de organizar las actividades académicas las redes sociales y las aplicaciones de mensajería gratuita — como WhatsApp— son los medios más usados para resolver la organización del trabajo colaborativo o en equipo. Asimismo, por su uso generalizado y cómodo, utilizan grupos de Facebook para coordinar y asignar

tareas para los trabajos grupales, sobre todo cuando estos trabajos involucran a los docentes, y Google Drive o Dropbox para almacenar y compartir documentos.

Los estudiantes también indicaron que acuden a modalidades audiovisuales, en este caso diapositivas y videos, porque las perciben como más entretenidas y más fáciles de comprender en ciertas tareas, pero que no las utilizarían, por ejemplo, para estudiar de manera sistemática y profunda, para un examen final. Estos cambios representan quizás las migraciones más importantes en la forma de organización del trabajo académico.

En palabras de Lion (2006): “la posibilidad de realizar un recorrido del aprendizaje en forma idiosincrática plantea el desafío de repensar la noción de los tiempos, en relación con la posibilidad de potenciar la flexibilidad cognitiva” (pág. 101). Así, el conocimiento es un proceso único: individual y social, autónomo y compartido, en el que lo prioritario y lo significativo es el resultado de las interacciones y de las co-construcciones entre pares en un proceso de deconstrucción de modelos de aprendizaje anteriores. Sin lugar a dudas, es un proceso socio-cultural.

## Conclusión

A través de las intervenciones en el foro de EPA pudieron observarse formas de aprendizaje autónomo que configuran un nuevo escenario educativo, en el cual los estudiantes pueden tanto desde la perspectiva formal como informal, adquirir diferentes competencias, capacidades y contenidos y a la vez promover aquellos conocimientos y habilidades que se relacionen con un modo de proceder estratégico. También fue evidente que, desde sus miradas, las instituciones educativas ya no son solo las únicas instancias de formación y aprendizaje. La Web, con sus nuevas discursividades y soportes multimediales, se utiliza para desarrollar experiencia y conocimiento a lo largo de toda la vida profesional: para gestionar aprendizajes, para implementar formas de autoaprendizaje, para promover el autoconocimiento.

## REFERENCIAS

1. J. Cabero, “Creación de entornos personales de aprendizaje como recurso para la información. El Proyecto Dipro 2.0. EDUTEc, *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 47 (2014). (paper)
2. L. Castañeda, J Adell, J. “El desarrollo profesional de los docentes en entornos personales de aprendizaje (PLE)”. En R. Roig Vila, & C. Lavene (Eds.), *La práctica educativa en la Sociedad de la Información: Innovación a través de la investigación* p. 83-95 V. (paper)
3. M. Gallego-Arrufat y E. Chaves-Barboza. “Tendencias en estudios sobre Entornos Personales de Aprendizaje (Personal Learning Environments -PLE)”. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (49), a281 (2014). <https://doi.org/10.21556/edutec.2014.49.89> (revista)
4. C. Lion. “*Imaginar con tecnologías. Relaciones entre tecnologías y conocimiento*”, 2006, (1° ed.). Stella-La Crujía Ediciones. (libro).

## MÉTODO PARA CALIFICAR UNA EVALUACIÓN

Enrique E. Tarifa<sup>(1,2)\*</sup>, Jorgelina F. Argañaraz<sup>(1)</sup>, Sergio L. Martínez<sup>(1)</sup> y Samuel Franco Domínguez<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca 10, Jujuy, Argentina.

<sup>(2)</sup>CONICET

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [etarifa@fi.unju.edu.ar](mailto:etarifa@fi.unju.edu.ar)

### RESUMEN

*En el proceso enseñanza-aprendizaje, la evaluación sumativa constituye una etapa crítica. Esta evaluación permite acreditar los conocimientos adquiridos por los estudiantes, y de allí que tenga una gran relevancia. Sin embargo, reflejar con justicia el conocimiento de los estudiantes en una nota es una tarea que ha probado ser difícil y propensa a ser influenciada por la subjetividad del docente. En este contexto, se propone un método que permite diseñar y calificar una evaluación. Este método reduce el margen para la subjetividad tanto como se desee, contempla la importancia de los aspectos a evaluar y brinda una mejor retroalimentación tanto para el docente como para los estudiantes.*

### ABSTRACT

*In the teaching-learning process, summative evaluation constitutes a critical stage. This evaluation allows accrediting the knowledge acquired by the students, and hence it has great relevance. However, fairly reflecting students' knowledge in a grade is a task that has proven to be difficult and prone to being influenced by teacher subjectivity. In this context, a method is proposed that allows designing and qualifying an evaluation. This method reduces the margin for subjectivity as much as desired, contemplates the importance of the aspects to be evaluated and provides better feedback for both the teacher and the students.*

**Palabras claves:** *evaluación sumativa, calificación, rúbrica, competencias.*

### Introducción

La evaluación es un tema de gran importancia en la educación. Según Frola y Velásquez [1], el proceso de evaluación implica la obtención de información, la emisión de juicios una vez procesada la información, y la consecuente toma de decisiones tendientes a la mejora de los procesos y servicios. La evaluación puede ser cualitativa o cuantitativa, siendo la primera preferida para evaluar el proceso de aprendizaje, mientras que la segunda es elegida para acreditar ese aprendizaje a partir de la medición de los conocimientos que, al final de un periodo, el estudiante retiene.

Huapaya *et al.* [2] plantean que, para realizar una evaluación justa, además de la nota de un examen, se deben considerar otros aspectos: promedios de notas del estudiante, promedio de la clase, evolución de las notas del estudiante. Estos datos son procesados por un sistema experto con lógica difusa para diagnosticar el nivel de conocimiento del estudiante. El empleo de un sistema experto tiene la ventaja de quitar subjetividad a la evaluación, produciendo evaluaciones uniformes; pero está limitado por el conocimiento de los expertos consultados y el proceso de adquisición del conocimiento [3].

Un aspecto importante poco investigado de las evaluaciones es el rol del profesor. El profesor, al diseñar la evaluación, toma varias decisiones: la cantidad de preguntas a realizar, los temas cubiertos por las preguntas, la nota de aprobación (si no está fijada por la institución). Las decisiones que el profesor tome en esta etapa causan un profundo impacto en el resultado de la evaluación [4].

La evaluación sumativa es una importante etapa del proceso enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, frecuentemente está impregnada por la subjetividad del evaluador debido a la dificultad que implica cuantificar conceptos complejos. En el presente trabajo, se propone un método que reduce dicho margen de subjetividad tanto como se necesite. El método propuesto puede ser empleado para calificar cualquier tipo de evaluación con calificación: proceso, parciales, actividades, entre otras.

## Metodología

La evaluación a calificar puede ser de cualquier tipo: actividad, proceso, parcial, entre otras. La evaluación se divide en ítems: etapas de la actividad, etapas del proceso, puntos del parcial. La concreción de cada ítem por parte del estudiante, refleja el nivel alcanzado en una serie de aspectos que se quieren evaluar. Estos aspectos pueden ser índices de una rúbrica, competencias, conocimiento sobre determinado tema, entre otros. Mientras más específicos sean estos aspectos, más refinada y menos subjetiva será la evaluación. De esta manera, los conceptos que se deben cuantificar son más simples, lo que reduce el margen para la subjetividad. Por otra parte, el método propuesto tiene en cuenta que los aspectos a evaluar pueden tener distintos grados de importancia para el evaluador.

El método propuesto tiene dos etapas: el diseño de la evaluación y la implementación de la evaluación. La primera implica la selección de  $n$  aspectos a evaluar y la definición de  $m$  ítems que permitan evaluar dichos aspectos. Luego, se deben definir los valores para los siguientes parámetros:

- $n$ : cantidad de aspectos a evaluar.
- $m$ : cantidad de ítems en la evaluación.
- $\alpha_i$ : importancia que se asigna al aspecto  $i$  (de 0 a 1).
- $\beta_{i,j}$ : nivel en que el aspecto  $i$  es evaluado en el ítem  $j$  (de 0 a 1).
- $s$ : valor máximo de la escala de evaluación (10, 100 u otro).
- $a$ : valor mínimo de la escala de evaluación para aprobar la evaluación (4, 40 u otro).

La importancia  $\alpha_i$  del aspecto  $i$ , está dado por el nivel mínimo que debe alcanzar el estudiante en ese aspecto, considerando que el máximo nivel es uno. Mientras más importante sea el aspecto  $i$ , más elevado deberá ser el umbral  $\alpha_i$ . En otras palabras,  $\alpha_i$  es la proporción mínima del aspecto  $i$  que debe dominar el estudiante. Si el estudiante debe dominar completamente el aspecto  $i$ , entonces  $\alpha_i = 1$ . Si es suficiente con que domine el 50 % del aspecto, entonces  $\alpha_i = 0.5$ .

El nivel de evaluación  $\beta_{i,j}$  de un aspecto  $i$  en el ítem  $j$  es la proporción del aspecto  $i$  que es evaluado en dicho ítem. Por lo tanto, cuando se evalúa la totalidad del aspecto  $i$  en el ítem  $j$ , se tiene  $\beta_{i,j} = 1$ . Si el aspecto  $i$  no es evaluado en el ítem  $j$ , se tiene  $\beta_{i,j} = 0$ . Se tiene valores intermedios de  $\beta_{i,j}$  para evaluaciones parciales del aspecto  $i$  en el ítem  $j$ .

El puntaje  $p_j$  que corresponderá al ítem  $j$  se obtiene de la siguiente manera:

$$t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_i \beta_{i,j} \quad (1)$$

$$p_j = \frac{s}{t} \sum_{i=1}^n \alpha_i \beta_{i,j} \quad (2)$$

Una vez finalizada la etapa de diseño de la evaluación, sigue la etapa de implementación. En esta etapa, se determina  $x_{i,j}$  (de 0 a 1), que es el nivel alcanzado por el estudiante en el aspecto  $i$  en el ítem  $j$ . Luego, la calificación  $q_j$  obtenida por el estudiante en el ítem  $j$  y la calificación  $c$  de la evaluación se calculan como sigue:

$$q_j = \frac{s}{t} \sum_{i=1}^n \alpha_i \beta_{i,j} x_{i,j} \quad (3)$$

$$c = \sum_{j=1}^m q_j \quad (4)$$

El estudiante aprobará la evaluación cuando la calificación sea igual o superior al umbral de aprobación, esto es  $c \geq a$ .

Como en la evaluación sumativa tradicional, la alternativa explicada permite cierto grado de compensación entre los aspectos evaluados. El estudiante puede compensar, con un desempeño bueno en un aspecto, un desempeño por debajo de lo aceptable en otro aspecto. Para evitar dicha compensación, se puede obtener la calificación  $d_i$  por aspecto:

$$d_i = s \frac{\sum_{j=1}^m \beta_{i,j} x_{i,j}}{\sum_{j=1}^m \beta_{i,j}} \quad (5)$$

Luego, para determinar la calificación  $c$ , considerando las calificaciones por aspecto, existen varias alternativas, cada una con sus propias ventajas y desventajas:

- Nivel mínimo:  $c$  es el valor mínimo de los  $d_i$ ,  $c = \min_i d_i$ . Con esta alternativa, la calificación garantiza un nivel mínimo alcanzado por el estudiante. No es posible la compensación. Sin embargo, no tiene en cuenta los niveles alcanzados por el estudiante en todos los aspectos ni la importancia de los aspectos.
- Promedio aritmético ponderado:  $c$  es obtenida como el promedio aritmético ponderado por la importancia de todos los  $d_i$ ,  $c = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i d_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}$ . En este caso, se consideran todos los aspectos. Sin embargo, existe el riesgo de compensación.
- Promedio geométrico ponderado:  $c$  es obtenida como el promedio geométrico ponderado por la importancia de todos los  $d_i$ ,  $\ln(c) = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \ln(d_i)}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}$ . En este caso, nuevamente se consideran todos los aspectos. Si bien, existe el riesgo de compensación, es mucho menor que en la alternativa anterior.

En todas las alternativas analizadas, la importancia de los aspectos evaluados interviene como pesos de ponderación; pero no como umbrales exigidos. Es decir, que un estudiante puede aprobar la evaluación sin haber alcanzado el umbral  $\alpha_i$  para un determinado aspecto  $i$ . Para considerar la importancia como un umbral, en este trabajo se propone la siguiente forma de cálculo de  $c$  que tiene en cuenta todo lo planteado anteriormente:

$$e_i = \begin{cases} \frac{ad}{s\alpha_i} & d < s\alpha_i \\ (s-a) \frac{d-s\alpha_i}{s-s\alpha_i} + a & d \geq s\alpha_i \end{cases} \quad (6)$$

$$e_{\min} = \min_i e_i \quad (7)$$

$$r = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (8)$$

$$c = \begin{cases} e_{\min} & e_{\min} < a \\ \left( \prod_{i=1}^n (e_i - a)^{\alpha_i} \right)^r + a & e_{\min} \geq a \end{cases} \quad (9)$$

donde  $e_i$  es la calificación del aspecto  $i$  escalada para que sea igual a  $a$  cuando el estudiante alcance el nivel umbral  $\alpha_i$  requerido para ese aspecto.

En este caso,  $c \geq a$  solo si  $d_i \geq s\alpha_i$  para todos los aspectos  $i$  evaluados. El inconveniente que tiene esta alternativa es que no es clara para el estudiante ya que los puntajes  $p_j$  de los ítems no son considerados. Sin embargo, las fórmulas presentadas se pueden implementar fácilmente en una planilla de cálculo, y con ella se puede elaborar un informe por cada estudiante con la calificación escalada  $e_i$  para de todos los aspectos  $i$ . De esta manera, el estudiante sabrá detalladamente cómo se lo evaluó, y conocerá cuáles son los aspectos que debe mejorar.

## Resultados

Para mostrar cómo se emplea el método propuesto se considera un caso de estudio. La evaluación es el primer parcial de una materia. Se evalúan dos aspectos ( $n = 2$ ): dominio de terminología específica (aspecto 1) y dominio de procedimientos (aspecto 2). Se supone que, en el periodo a evaluar, se enseñaron 12 términos específicos y 4 procedimientos. Se requiere que el estudiante conozca como mínimo 3 de los 12 términos enseñados y 2 de los 4 procedimientos enseñados; entonces,  $\alpha_1 = 0.25$  y  $\alpha_2 = 0.50$ .

El parcial se diseña con 3 puntos (ítems,  $m = 3$ ). En el primer punto, se evalúa el conocimiento de 6 términos y 1 procedimiento; entonces,  $\beta_{1,1} = 0.50$  y  $\beta_{2,1} = 0.25$ . La escala de evaluación es porcentual ( $s = 100$ ) y la nota de aprobación es  $a = 40$ . Del mismo modo, se obtienen los parámetros que se muestran en la Tabla 1. En esa tabla, también se muestran los puntajes  $p_j$  calculados para cada ítem  $j$ .

Tabla 1: Parámetros de la evaluación

$n = 2, m = 3, s = 100, a = 40$			Ítem $j$ ( $\beta_{i,j}$ )		
Aspecto	$i$	$\alpha_i$	1	2	3
Terminología	1	0.25	0.50	0.00	0.25
Procedimientos	2	0.50	0.25	0.50	0.00
		$p_j$	44	44	12

En la implementación de la evaluación, un estudiante conoce los 6 términos evaluados en el primer punto, pero solo la mitad del procedimiento evaluado en ese punto; entonces,  $x_{1,1} = 1.00$  y  $x_{2,1} = 0.50$ . Del mismo modo, se obtienen los  $x_{i,j}$  reportados en la Tabla 2. La tabla también muestra los valores calculados para las variables  $q_j$ ,  $d_i$  y  $e_i$ .

Tabla 2: Evaluación de un estudiante

		Ítem $j$ ( $x_{i,j}$ )				
Aspecto	$i$	1	2	3	$d_i$	$e_i$
Terminología	1	1.00	0.00	1.00	100	100
Procedimientos	2	0.50	0.50	0.00	50	40
	$q_j$	33.33	22.22	11.11		

Si para obtener  $c$  se suman los  $q_j$ , tal como se hace en la evaluación sumativa tradicional, la calificación sería  $67 > 40$ ; por lo tanto, el estudiante aprobaría holgadamente. Sin embargo, se observa que la calificación escalada  $e_2$  del segundo aspecto está justo en el umbral de aprobación, y eso se refleja en un  $c = 40$  si se calcula con el procedimiento propuesto en este trabajo.

## Conclusiones

En este trabajo, se presentó un nuevo método para calificar una evaluación. El método propuesto reduce el margen para la subjetividad en la calificación en la medida que se desee. Para refinar la evaluación, basta con hacer más específicos los aspectos a evaluar.

El método que se presentó permite tener en cuenta la importancia de cada aspecto a evaluar. Además, el método impide que un estudiante apruebe cuando no alcanzó el nivel deseado en algunos de los aspectos evaluados.

Por último, el método expuesto brinda información detallada sobre el nivel alcanzado por los estudiantes en cada aspecto evaluado. Esto es de gran utilidad tanto para el docente, quien sabrá cuál aspecto deberá priorizar en sus clases, y para los estudiantes, quienes sabrán en que aspectos deberán mejorar.

## REFERENCIAS

1. Frola P. y J. Velásquez., “Competencias docentes para la evaluación cuantitativa del aprendizaje”; 2011, Centro de Investigación Educativa y Capacitación Institucional.
2. Huapaya C. R., F. A. Lizarralde y G. M. Arona, “Modelo basado en Lógica Difusa para el Diagnóstico Cognitivo del Estudiante”, Formación Universitaria, Vol. 5 N°1 (2012), p. 13-20.
3. Bojadziej G., “Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Applications (Series on Advances in Mathematics for Applied Sciences)”; 1996, World Scientific Publishing Company.
4. Tarifa E. E., Martínez S. L., Franco Domínguez S., Argañaraz J. F., “Formulation of an optimal academic exam”, Journal of Computer Science & Technology, Vol. 18 N° 2 (2018), p. 167-177.

## EL PRE-EXAMEN COMO ESTRATEGIA PARA GARANTIZAR EL ÉXITO DEL EXAMEN FINAL DURANTE LA PANDEMIA

Gustavo López<sup>(1)</sup> Eve Coronel<sup>(2)</sup>, Luis García<sup>(2)</sup>, Marta Banegas<sup>(2)</sup>, Miriam Ríos<sup>(1)</sup> y Sandra Martínez<sup>(2)\*</sup>.

<sup>(1)</sup> Departamento de matemática de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías. Universidad Nacional de Santiago del Estero

<sup>(2)</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICYTA). Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero [\\*sandraluz08@gmail.com](mailto:sandraluz08@gmail.com)

### RESUMEN

*En el 2020, el sistema educativo se vio afectado por la pandemia y tuvo que adaptar sus procesos. Se carecía, de una planificación, del conocimiento de los requisitos, recursos y dispositivos para el trabajo remoto. En este contexto, los docentes buscaron estrategias y ensayaron alternativas para poder desarrollar sus actividades de enseñanza - aprendizaje y evaluación. En el ámbito de la Educación Superior uno de los aspectos cruciales es la evaluación, tema complejo aún para las carreras de modalidad virtual. La virtualización de la evaluación en asignaturas del ciclo superior de las Ingenierías en la Universidad Nacional de Santiago del Estero se constituyó en todo un reto, tanto para los docentes como para los estudiantes, siendo el estudio de su realización, el objetivo de este trabajo. Las evaluaciones sincronas de contenidos teórico-prácticos mediante videoconferencias se presentaron como la alternativa más semejante a una situación de examen presencial, puesto que permiten no solo controlar el entorno, sino también asegurar la identidad del estudiante, sin embargo demandan gestionar y limitar el tiempo. En este derrotero la instauración de un pre examen para poner a punto la metodología y el acuerdo acerca de los dispositivos a emplear para el encuentro sincrónico, entre docentes evaluadores y estudiantes, se convirtió en una herramienta útil para garantizar el éxito del proceso. El pre examen favoreció que el estudiante minimice los nervios propios de la situación, a los sumados por el empleo de la virtualidad; probar y acordar los dispositivos a emplear; pautar el desarrollo de la actividad y su tiempo; a su vez permitió al docente indagar el grado de maduración y aprendizaje para aconsejar al alumno la revisión o el mejor abordaje de algunos temas de la asignatura. La totalidad de los estudiantes que se presentaron a examen bajo esta metodología aprobaron el examen final.*

*Palabras clave: pre-examen, examen mediado por tecnologías.*

### ABSTRACT

*In 2020, the education system was affected by the pandemic and had to adapt its processes. There was a lack of planning, knowledge of the requirements, resources and devices for remote work. In this context, teachers searched for strategies and tried alternatives to develop their teaching-learning and evaluation activities. In the field of higher education, one crucial aspect is evaluation, a complex issue even for online degrees. The virtualization of evaluation in subjects of the higher cycle of Engineering at the Universidad Nacional of Santiago del Estero was a challenge for both teachers and students, being the study of its realization the objective of this work. Synchronous evaluations of theoretical and practical content through*

*videoconferencing were presented as the most similar alternative to a face-to-face exam situation, since they allow not only to control the environment, but also to ensure the student's identity; however, they require managing and limiting time. In this context, the establishment of a pre-examination to fine-tune the methodology and the agreement on the devices to be used for the synchronous meeting between evaluating teachers and students became a useful tool to guarantee the success of the process. The pre-exam helped students to minimize the nerves of the situation, in addition to those added by the use of virtuality; to test and agree on the devices to be used; to establish the development of the activity and its time; at the same time, it allowed the teacher to inquire about the degree of maturity and learning to advise the student on the revision or the best approach to some of the subjects of the course. All of the students who took the exam under this methodology passed the final exam.*

*Key words: pre-exam, technology-mediated exam.*

## **Introducción**

En Argentina la aparición de los primeros casos de COVID-19 y la advertencia de su crecimiento exponencial, motivó la decisión presidencial de decretar el 20 de marzo de 2020, por el espacio de 14 días, el primer Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO), quedando suspendidas todas las actividades hasta el levantamiento del mismo. Ante la emergencia pública sanitaria, el Ministerio de Educación de la Nación emitió diferentes normas, entre las cuales, la Resolución N° 104/2020 sugirió a las universidades, Institutos universitarios y de educación superior de todas las jurisdicciones, adecuar en el marco de la emergencia, el desarrollo de las actividades académicas, atendiendo las recomendaciones del Ministerio de Salud. El Ministerio de Educación aconsejó suspender transitoriamente las clases y prácticas, y reprogramar toda actividad científica o académica que involucre la concentración de personas. Todas las universidades nacionales acompañaron estas medidas y suspendieron no solo sus actividades académicas, sino también las administrativas. La disrupción de de las actividades presenciales obligó a un pasaje abrupto a la educación mediada por tecnologías para garantizar la “formación científica, profesional, humanista y técnica en el más alto nivel” (Ley 24521, 1995, Artículo 3°). Para contribuir con el sostenimiento de las actividades académicas, la Secretaría de Políticas Universitarias implementó el Plan VES I, plan de virtualización de la Educación Superior 2020, con el objeto de fortalecer las instancias de enseñanza virtual mediante la capacitación docente orientada a mejorar las capacidades tecnológicas y didácticas para el dictado y la evaluación de las asignaturas; fortalecer las instituciones con el software y hardware necesarios a fin de dar respuesta a las adecuaciones requeridas para la virtualización de la enseñanza y mejorar la conectividad de docentes y estudiantes del todo el país. Así mismo, implementó el Plan VES II plan de virtualización de la Educación Superior 2021 para profundizar lo iniciado a través del plan anterior, e impactar en los estudiantes, desarrollando propuestas pedagógicas innovadoras orientadas a favorecer la activa participación de los estudiantes, entre otras medidas tendientes a mitigar el imponderable impacto de la pandemia (1).

En el caso particular de la Universidad de Santiago del Estero (UNSE), la adaptación al nuevo contexto de educación virtual la encontró dotada de una valiosa herramienta, el Sistema Institucional de Educación a Distancia (SIED) aprobado por Resolución del Consejo Superior N°178/2018, validado por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria mediante Resolución Conjunta N°205/2019 y por la Secretaría de Políticas Universitarias mediante Resolución N°209/2019. El SIED concibe a la Educación a Distancia como la opción pedagógica y didáctica donde la relación Docente - Alumno se encuentra separada en el tiempo y/o en el espacio, durante todo o gran parte del proceso educativo, en el marco de una estrategia pedagógica integral que utiliza soportes materiales y recursos tecnológicos, tecnologías de la información y la comunicación, diseñados especialmente para que los alumnos alcancen los objetivos de la propuesta educativa (Res CS N° 178/2018, p.6) (1).

Si bien, contar con el SIED posibilitó la continuidad pedagógica, es importante destacar que las carreras de ingeniería, como la mayoría de las que se ofrecen en las diferentes unidades académicas de la UNSE, están concebidas para ser desarrolladas en la presencialidad, por lo que se requirió instrumentar diferentes mecanismos, tanto de índole administrativos como tecnológicos para garantizarla. Por esta razón, es frecuente referirse a esta continuidad pedagógica como educación a distancia de emergencia, contraponiéndola así, a las capacidades y recursos que habría exigido una educación superior a distancia, concebida, planificada y organizada desde su concepción como tal. En este recorrido se debieron sortear múltiples obstáculos, de diferentes naturaleza, tecnológica, pedagógica y hasta financiera (2).

En este marco los docentes buscaron estrategias para sortear las dificultades generadas por la situación emergente e investigaron alternativas para desarrollar sus actividades inherentes de enseñanza - aprendizaje y

evaluación.

En el ámbito de la Educación Superior, uno de los aspectos cruciales es la evaluación, que es por sí misma un tema complejo, mas aún para el entorno virtual, por lo que suele preferirse realizarlo de manera presencial. La evaluación tiene por objetivo la valoración del grado de aprendizaje conseguido por el estudiante. Sin embargo, esta instancia adquiere una nueva dimensión al girar el aprendizaje en torno al estudiante (3). En este sentido, debe estar correctamente diseñada para que permita valorar si el estudiante ha alcanzado, como objetivo, no sólo los conocimientos sino también si ha desarrollado las competencias previamente definidas por el profesor para una asignatura concreta, en concordancia con el perfil profesional de la carrera de la cual forma parte. Vallejo Ruiz y Molina Soarin, refieren que es función de la evaluación garantizar el desarrollo de una serie de competencias personales y profesionales que permitan al alumno desempeñar adecuadamente sus funciones profesionales y su perfil de ciudadano, a partir del cual le sea posible estar en la sociedad de una forma activa y comprometida con la mejora de la misma, el desarrollo personal propio y el de los demás (4).

La virtualización de la evaluación en asignaturas del ciclo intermedio y superior de las Ingenierías en la Universidad Nacional de Santiago del Estero se constituyó en todo un reto, tanto para los docentes como para los estudiantes, mientras duró el aislamiento obligatorio, siendo el estudio de su realización el objetivo de este trabajo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Las evaluaciones síncronas de contenidos teórico-prácticos mediante videoconferencias se presentaron como la alternativa que más se asemejaba a una situación de examen presencial, puesto que permitieron no solo controlar el entorno, sino también asegurar la identidad del estudiante. Sin embargo, demandaron gestionar y limitar el tiempo requerido. La instauración de un pre examen para poner a punto la metodología y el acuerdo acerca de los dispositivos a emplear para el encuentro sincrónico, entre docentes evaluadores y estudiantes, se convirtió en una herramienta útil para garantizar el éxito del proceso. Este estudio de caso involucró a las Cátedras: Lácteos y subproductos; Operaciones Unitarias I; Higiene y Seguridad Industrial del Departamento de Ingeniería Básica y de Procesos, de la Carrera Ingeniería en Alimentos, de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias; y a las Cátedras de: Modelos Matemáticos I; Modelos Matemáticos II; Investigación Operativa; Modelización Matemática pertenecientes al Departamento de Matemática; y Formulación y Evaluación del Proyectos del Departamento Académico de Electrónica, de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

**Conformación de grupos de WhatsApp:** se establecieron dos grupos, uno para la comunicación de cada equipo docente con los estudiantes de sus asignaturas durante el cursado, y un segundo grupo de WhatsApp llamado, examen final - nombre de la asignatura, para acordar los encuentros sincrónicos de consulta y de pre examen. Cuando un estudiante decide rendir el examen final, pide su incorporación al grupo examen final, donde todos los estudiantes que lo integran pueden conocer día y hora de los encuentros, y acceder al link para poder participar de los mismos.

**Estrategia empleada:** cada pre examen aborda una temática de las que conforman el Programa de la asignatura, el estudiante expone el tema, consulta dudas y responde preguntas de los docentes, que evidencian su grado de conocimiento/comprensión del tema. Este coloquio se valora como suficiente o insuficiente. En el primer caso se aconseja continuar con el siguiente tema y en segundo, seguir profundizando el estudio. Toda esta actividad se realiza en un plazo no mayor a los 15 días previos a la fecha de examen estipulada por la facultad.

**Instrumento institucional:** Resolución Consejo Directivo de la facultad de Agronomía y Agroindustrias, CDFAA N° 056/2020 sobre exámenes finales y lo protocolos de exámenes finales orales Resolución CDFAA 231/2020 y 232/2020.

**Tecnología empleada:** Se utilizó la plataforma WEBEX . Para acceder a la misma la facultad proporcionó un link de acceso y contraseña tanto a docentes como a estudiantes. Previo a lo cual realizó dos talleres de capacitación sobre “Recomendaciones para el uso de plataformas de video sincrónico” destinados a docentes y a estudiantes.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La totalidad de los estudiantes que se presentaron a evaluación bajo esta metodología aprobaron el examen final. El pre examen favoreció que el estudiante adquiriera el dominio de la tecnología empleada, organice su espacio físico y logre controlar las ansiedades respecto de la comunicación virtual con el equipo docente y de esta manera minimice el nerviosismo propio de la situación de examen; probar y acordar los dispositivos a emplear; pautar el desarrollo de la actividad y su tiempo; a su vez le permitió al docente indagar sobre el grado de maduración y aprendizaje para aconsejar al alumno la revisión o el mejor abordaje de algunos temas de la asignatura, como también ganar confianza respecto de la instancia evaluativa y la preparación de los estudiantes.

La evaluación, resultante de un proceso como el implementado y no como momento final, tiene una dimensión crítica-reflexiva. El proceso involucró: la fijación de criterios, el diseño y la aplicación de instrumentos, la interpretación de los resultados. Esta retroalimentación permitió trabajar no sólo sobre la tarea de los estudiantes sino también sobre la planificación de la enseñanza, la modificación del contexto y la manera de trabajar de los docentes. Teniendo presente que el objetivo principal de la educación, es “aprender”, lo cual no debería ser reemplazado por el “aprobar los exámenes”. La cuestión central de la educación debiera pasar por la construcción de conocimiento, la aplicación significativa de conceptos y teorías. Bajo esta concepción, el examen es sólo un instrumento, de importancia y valía, que tiene que estar al servicio de la educación, de la que forma parte. La evaluación debe constituirse en un proceso continuo, formativo, cualitativo e integral (3).

## CONCLUSIONES

Los efectos y el impacto que el COVID-19 ha causado en la educación superior está siendo estudiado y abordado por numerosos investigadores e instituciones, del mundo entero en general y de latino américa en particular. En este contexto el Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC) advierte que para mejorar el impacto pedagógico, cada IES (Instituto de Educación Superior), y probablemente cada disciplina, deba encontrar la combinación de tecnologías y recursos más apropiados, y remarca la necesidad de pensar en posibles crisis futuras, y en estar mejor preparados para minimizar sus efectos. Así mismo, recomienda invertir más esfuerzos en aquellas tecnologías, recursos didácticos y soportes que están al alcance de todos para mejorar la calidad de la docencia presencial, y promover metodologías híbridas, es decir, que se combine lo mejor de la presencialidad con el potencial de las tecnologías como soporte para la renovación y la mejora pedagógica (2).

## REFERENCIAS

1. Paz, H.R., Juárez, H.M., Moyano, M.G., Zamora, F. Gestión de la Educación Superior en Pandemia: Desafíos, decisiones y proyecciones. Editorial Bellas Alas, 2021. ISBN978-987-4098-80-1
2. Francesc Pedró “Covid-19 y Educación Superior en América Latina y el Caribe “De los efectos inmediatos al día después: Análisis de impactos, respuestas políticas y recomendaciones”. UNESCO – IESALC. 13 de mayo de 2020. ISSN-e 2695 - 4362, N° 36, 2020.
3. Benitez Ameriso, C., Gagliardini, E., Maceratesi G., Medina, G., Raffo M. “Evaluación del aprendizaje en la educación superior universitaria”. Anales de las Decimonovenas Jornadas Investigaciones en la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística. Noviembre de 2014.
4. Vallejo Ruiz, M., and Molina Saorín, J. (2014), “La evaluación auténtica de los procesos educativos”. Revista Iberoamericana de Educación, 64, 11-25. <https://doi.org/10.35362/rie640403>

**ESTILOS DE APRENDIZAJE: MODELO DE FELDER-SILVERMAN APLICADO AL  
APRENDIZAJE DE ANÁLISIS MATEMÁTICO I, FACULTAD DE INGENIERÍA,  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA (UNSa)**

**Borré, Claudia** <sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup> Cátedra de Análisis Matemático I, Facultad de Ingeniería, UNSa. Avda. Bolivia 5150, Salta, Argentina.  
\*Correo Electrónico (autor de contacto): [cmborre@ing.unsa.edu.ar](mailto:cmborre@ing.unsa.edu.ar)

**RESUMEN**

*Dada la recurrente dificultad de los estudiantes que ingresan a carreras de Ingeniería en esta Facultad, se busca mejorar las estrategias y herramientas de enseñanza para lograr un aprendizaje más significativo. Con tal fin, en el presente trabajo se analizan los estilos de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Civil, Electromecánica, Industrial y Química en la asignatura Análisis Matemático I, a través del modelo de Felder-Silverman [1]. Se analizan los resultados obtenidos del test de Felder-Soloman [2] aplicado a participantes de la cohorte 2022, con dictado en modalidad predominantemente presencial, ya que inicialmente fue virtual.*

**ABSTRACT**

*Considering the repeated struggles of students entering Engineering careers in this Department, the aim of this paper is to improve teaching strategies and tools to achieve a more significant learning. For this purpose, this paper analyzes the learning styles of Civil, Electromechanical, Industrial and Chemical Engineering students in the subject Calculus I, through the Felder-Silverman model. Then the results of the Felder-Soloman test are analyzed, applied to students of the 2022 cohort, taught primarily offline, as it was initially taught online.*

*Palabras clave: Modelos de Estilos de Aprendizaje, Felder- Silverman, Aprendizaje en Ingeniería.*

**Introducción**

El presente trabajo da continuidad al ya presentado en el Congreso Argentino de Ingeniería Química X CAIQ 2019[3], enfocado ahora en la asignatura Análisis Matemático I.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (UNSa) el cursado es cuatrimestral. Dentro del Área Básica, común a las cuatro carreras de Ingeniería que se imparten (Civil, Electromecánica, Industrial y Química), Análisis Matemático I (AMI) se cursa en el primer cuatrimestre de primer año, con redictado en el segundo. En todas las asignaturas de las carreras rige el sistema promocional, y la promoción se define mediante un promedio ponderado donde se valoran distintas actividades. El Curso de Ingreso Universitario (CIU), organizado en tres fases o “momentos”, incluye un período de cinco o seis semanas, donde se revisan contenidos de matemática y comprensión de textos.

En el dictado de AMI, cuatrimestre a cuatrimestre se vienen analizando y modificando las metodologías empleadas, con el fin de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje. El tamaño de las cohortes en relación a la planta docente, así como la nueva generación “centennial”, sumados al efecto disruptivo de la pandemia los últimos dos años y a la no obligatoriedad del CIU, constituyen desafíos que se deben paliar.

En tal sentido, parece propicio buscar otras maneras de conocer cómo aprenden nuestros estudiantes, para así adecuar nuestro modo de enseñar.

Entre los diferentes Modelos de Estilos de Aprendizaje, escogimos el de Felder-Silverman [1], que concentra nuestro interés y posibilidades de implementación.

Según estos autores los estudiantes aprenden de diferentes formas (viendo, escuchando, razonando, memorizando, experimentando, esquematizando, modelando matemáticamente, etc.), y del mismo modo, los métodos de enseñanza varían (demostrando, discutiendo, exponiendo, etc.). La “cantidad y calidad” del aprendizaje del estudiante depende de sus características propias, pero también de la compatibilidad entre su Estilo de Aprendizaje y el Estilo de Enseñanza del Profesor.

En su modelo revisado, Felder propone cuatro dimensiones:

1. *La dimensión activo-reflexiva* aborda la forma en que la mente procesa la información, a través de la cual ésta es convertida en conocimiento. Surgen entonces los Estilos de Aprendizaje Activo y Reflexivo.

2. *La dimensión sensitivo-intuitivo* aborda la forma en que los sentidos y la mente perciben el mundo, de lo cual surgen los Estilos de Aprendizaje Sensitivo e Intuitivo.

3. *La dimensión visual-verbal* aborda la forma en que los individuos reciben la información a través de los sentidos, de lo cual surgen los Estilos de Aprendizaje Visual y Verbal.

4. *La dimensión secuencial-global* aborda la forma en que los individuos entienden y procesan la información, de lo cual surgen los Estilos de Aprendizaje Secuencial y Global.

De esta forma, según Felder las dimensiones dicotómicas de los estilos de aprendizaje son un continuo y no categorías excluyentes, pueden cambiar con el tiempo, así como pueden variar con el contenido que se está aprendiendo, o con el entorno de aprendizaje [4].

## Materiales y Métodos

Para evaluar las preferencias en las cuatro escalas del modelo de Felder y Silverman, Richard Felder y Barbara Soloman [2] desarrollaron un instrumento de encuesta online llamado Índice de Estilos de Aprendizaje (Index of Learning Styles- ILS), que consta de 44 preguntas.

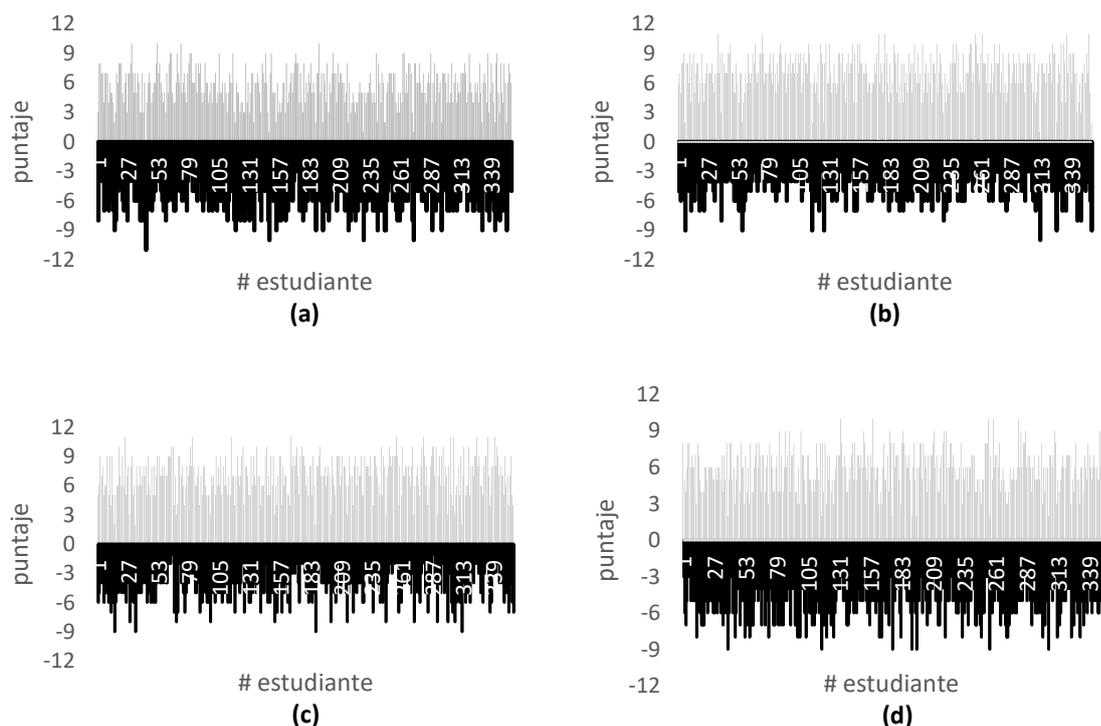
El mismo fue reproducido inserto en un Formulario de Google al que el estudiante puede acceder mediante un link y/o desde la Plataforma Moodle de cada asignatura. El formulario, disponible para todos los estudiantes de ingeniería, contiene el cuestionario y consigna además carrera, asignatura, y si el alumno es ingresante o recursante. Los datos se recogen en una planilla Excel donde se procesa la información. El instrumento así resultante es lo suficientemente versátil para organizar la información [1]. Desde 2019, esto se ha implementado progresivamente en buena parte de las asignaturas de las carreras de ingeniería de esta Facultad; asimismo, los datos de las nuevas cohortes se van incorporando a la planilla general, de modo que se va armando una amplia base de datos para las cuatro carreras.

El cuestionario consta de 44 preguntas con opciones de respuesta dicotómicas (tipo A o B). La escala para cada dimensión va entre 11 y -11, es decir, hay 4 preguntas para cada dimensión. La prevalencia en uno u otro estilo o categoría surge de considerar el mayor, en valor absoluto, de ambos estilos extremos en cada una. Según el modelo de Felder y Silverman:

- un puntaje para una dimensión de entre 1 y 3, en valor absoluto, indica equilibrio entre las dos categorías de esa dimensión, pudiendo existir una *preferencia leve* por una u otra.
- un puntaje para una dimensión de entre 5 y 7, en valor absoluto, hacia una categoría, indica *preferencia moderada*; el estudiante podría aprender con menos facilidad bajo un estilo de enseñanza que no responda a su preferencia.
- un puntaje para una dimensión de entre 9 y 11, en valor absoluto, señala una *fuerte preferencia*; el estudiante podría tener mayores dificultades para aprender en un entorno que no responda a su preferencia.

## Resultados

En la Figura 1 de (a) a (d) se representan los resultados de cada estudiante encuestado de 1C2022, para las respectivas dimensiones.



**Figura 1.** Puntaje obtenido en el test para cada estudiante, cohorte 2022: (a) dimensión activo-reflexivo, (b) dimensión sensorial-intuitivo, (c) dimensión verbal-visual, (d) dimensión secuencial-global.

El mismo test fue realizado también por los docentes, en la suposición de que se tiende a enseñar según el propio estilo de aprender, aunque no siempre debería serlo. Los resultados del procesamiento de datos se resumen en las Tablas 1 y 2.

**Tabla 1.** Valores promedio de cada estilo de aprendizaje de alumnos y docentes. Elaboración propia.

AMI	Promedio de Activo	Promedio de Reflexivo	Promedio de Sensorial	Promedio de Intuitivo	Promedio de Visual	Promedio de Verbal	Promedio de Secuencial	Promedio de Global
Alumnos	3,19	-3,06	4,67	-2,47	4,79	-2,36	3,05	-2,63
Docentes	4,00	-3,5	5	-5,67	5,29	-1,00	3,67	-3,8

**Tabla 2.** Porcentaje de alumnos y docentes predominante en cada estilo de aprendizaje en los cuatrimestres estudiados. Elaboración propia.

AMI	Porcentaje de Activo	Porcentaje de Reflexivo	Porcentaje de Sensorial	Porcentaje de Intuitivo	Porcentaje de Visual	Porcentaje de Verbal	Porcentaje de Secuencial	Porcentaje de Global
Alumnos	54,78	45,22	80,90	19,10	78,09	21,91	62,36	37,64
Docentes	50,00	50,00	62,50	37,50	87,50	12,50	37,50	62,50

## Discusión

Como puede verse en las Figura de (a) a (d), en AMI la disparidad de los resultados individuales de los alumnos es amplia, dada la cantidad de alumnos de cada cohorte, y quizás al mayor desconocimiento de sus propios procesos cognitivos, por ser ingresantes.

Conocidos los perfiles individuales, se plantea cómo interpretar los perfiles de aprendizaje de todos ellos en conjunto, y cómo adecuar nuestras clases grupal según los resultados del diagnóstico.

Respecto a la primera cuestión, y para tener una visión más global, se analizaron los valores promedios en cada categoría para establecer el nivel de preferencia de estilos; asimismo, los porcentajes nos permiten establecer la extensión de tal preferencia en el grupo encuestado.

Así, nuestros estudiantes son moderadamente sensoriales y visuales en su mayoría, y con preferencia leve de activos y secuenciales en las dimensiones activo/reflexivo y secuencial/global, ambos en mayor proporción.

Respecto a los docentes de la cátedra, tenemos preferencia moderada en todos los perfiles excepto el verbal, donde la preferencia es leve; en cuanto a la extensión, predominan los perfiles visuales, sensoriales y globales, aunque activos/reflexivos aparecen en igual proporción.

## Conclusiones

A pesar de las críticas (falta de marco teórico sólido, falta de suficiente evidencia estadística confiable que lo valide, correlación con resultados, etc.) este método se aplica en carreras de ingeniería ofreciendo a sus docentes alguna información para establecer estrategias de enseñanza útiles.

Por otra parte, dado el tamaño de las cohortes (800 a 1200 o más ingresantes por año, organizados en 12 comisiones por la disponibilidad de docentes), y la dispersión de los resultados obtenidos en el test, no es viable implementar el diseño de las clases por estilos de aprendizaje o clústers.

Acorde a ello, nos proponemos equilibrar las diferentes necesidades de aprendizaje y preferencias de los estudiantes: a veces con su estilo de preferente y otras no, para que desarrollen otras habilidades importantes. Continuando con las conclusiones de [1], muchas de ellas ya implementadas (realización del Test de Felder en el inicio del ciclo lectivo, incremento del material gráfico y audiovisual, etc.), postulamos ciertos lineamientos específicos que contemplen los estilos de aprendizaje de AMI, como correlacionar lo estudiado con ejemplos de la vida cotidiana o su aplicación en asignaturas posteriores (sensoriales y activos); implementar otros recursos híbridos como gamificación, aula invertida, storytelling, mini-experiencias en aula, etc. (todos los estilos: según el recurso); equilibrar métodos prácticos de resolución de problemas (sensoriales y activos) con énfasis en la comprensión de fundamentos (intuitivos y reflexivos); hacer pausas breves (reflexivos), entre otros. Más allá de lo anterior, creemos clave ayudar a nuestros estudiantes a superar la frustración: alentar el trabajo colaborativo, y aun elogiar las soluciones creativas aunque incorrectas. Explicar a los estudiantes los estilos de aprendizaje, y cómo cada uno puede aprender más eficientemente contribuiría a su autoconfianza si comprenden que sus dificultades no necesariamente se deben a deficiencias personales.

**Agradecimientos** A todos los miembros de la Cátedra, al grupo de docentes de Ingeniería de la 1er. Cohorte del curso “Experto en Formación por Competencias” (“Las salteñas”), con quienes empezamos a trabajar colectivamente en “aprender a enseñar en ingeniería”, y a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta.

## REFERENCIAS

1. R. M. Felder y L.K. Silverman, “Learning and teaching styles in engineering education”. *Engineering education*, 78(7) (1988), p. 674-681.
2. Felder, R.; Soloman, Index for Learning Styles, <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/> Accedido 11/06/2022.
3. S. Zamora; B. Villanueva.; Ramírez, N.;D. Acosta.; C. Borré; Villegas, M.; Vivas, L.; Martínez, J. “Aplicación del Test de Felder- Silverman en alumnos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta. ¿Quiénes enseñan y quiénes aprenden?”; Abstracts del X CAIQ, 2019, p. 127/153 y J.7.70, Actas X CAIQ.
4. Kowalski, V.; Morano, D., Erck, M., Enríquez, H- “¿A Quién Enseño Yo, Entonces?” Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias, (2018). Módulo 2: Mediación Pedagógica para la Formación de Competencias -Segundo Documento.

## UTILIZACIÓN DE VIDEOCLASES ASINCRÓNICAS, RÚBRICAS Y AUTOEVALUACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA ASIGNATURA SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN

GEA, Gabriel Antonio <sup>(1\*)</sup>, ORCE SCHWARZ, Ma. Soledad<sup>(1\*)</sup>

<sup>(1)</sup> Cátedra Sistemas de Representación, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [ggea@ing.unsa.edu.ar](mailto:ggea@ing.unsa.edu.ar), [arqorce@ing.unsa.edu.ar](mailto:arqorce@ing.unsa.edu.ar)

### RESUMEN

*Este trabajo presenta el resultado de acciones realizadas para mejorar el rendimiento académico de los alumnos de la Asignatura Sistemas de Representación a partir del cursado del primer cuatrimestre del año 2020 en condiciones de aislamiento obligatorio. Con el objetivo de unificar criterios de corrección en el aula virtual y lograr mayor transparencia en el proceso de evaluación de las láminas (realizadas con instrumentos de dibujo, fotografiadas, convertidas en PDF y subidas a la plataforma) incorporamos las rúbricas de evaluación aplicables desde la plataforma Moodle. Finalizado el cursado 2020 fueron analizados los resultados del desempeño de los alumnos, y atendiendo a las dificultades de conectividad y de horarios para asistir a clases sincrónicas, se prepararon para cada uno de los trabajos prácticos del cursado de 2021 videos explicativos de 5 a 10 minutos de duración que complementan el material escrito y dos videoconsultas sincrónicas semanales no obligatorias. Para la realización de cada uno de los trabajos prácticos incorporamos la modalidad de autoevaluación con rúbricas de evaluación promoviendo que los alumnos evalúen su propio aprendizaje y profundicen en un mayor autoconocimiento y comprensión del proceso realizado. Se realizaron encuestas y se analizaron los resultados académicos de los alumnos que cursaron durante el año 2020 y 2021, ambos con la modalidad a distancia.*

### ABSTRACT

This paper presents the result of actions carried out to improve academic performance of the students of the first year Representation Systems course during the first semester of 2020 in conditions of mandatory isolation. Rubric-based assessment with tools of the e-learning Moodle platform was carried out in order to achieve uniformity when using multiple assessors and to increase reliability of the assessment of the students' works (i.e. drawing sheets made with drawing instruments, photographed, converted into PDF and uploaded to the platform). At the end of the 2020 course the students' performance was analyzed, as well as their issues with connectivity and schedules to attend synchronous classes. Taking account of these difficulties, explanatory videos of 5 to 10 minutes of duration for each of the students' works complementing the written material and two non-mandatory weekly synchronous video consultations were carried out in 2021. For the realization of each of the practical assignments the self-assessment modality with assessment rubrics was incorporated, encouraging students to assess their own learning and deepen their self-knowledge and understanding of the process carried out. Surveys were conducted and the academic results of the students who studied during 2020 and 2021, both with the distance learning modality, were analyzed.

### PALABRAS CLAVE

*rúbricas; autoevaluación; videoclases, aula virtual*

## 1 Introducción. Características de la asignatura Sistemas de Representación y objetivos

La materia Sistemas de Representación de la Facultad de Ingeniería de la UNSa agrupa a los alumnos de primer año de las cuatro carreras de Ingeniería que se dictan: Civil, Electromecánica, Industrial y Química. Abarca temas del dibujo técnico con instrumentos y computadora. Posee un régimen promocional, dos evaluaciones parciales, dos evaluaciones por tema y un parcial integrador.

En el año 2020 se inscribieron alrededor de 1700 aspirantes cursando efectivamente 586 alumnos. Se distribuyeron en comisiones de 80 integrantes a cargo de un solo docente con las dificultades en la enseñanza y aprendizaje que esta situación conlleva. Finalizando el cursado, alcanzaron la promoción 243 alumnos.

Con la incorporación de Rúbricas de evaluación pretendemos:

- facilitar la tarea docente ante la gran cantidad de alumnos y unificar criterios de evaluación entre los docentes de cada una de las 12 comisiones en que se distribuyen los alumnos ingresantes,
- lograr mayor transparencia en el proceso de evaluación

La incorporación de videoclases asincrónicas breves y la exigencia de la autoevaluación de los trabajos prácticos previa a la entrega se pretende lograr:

- que los alumnos con dificultades de conectividad accedan a las clases,
- que los alumnos tengan conocimiento previo de los criterios de evaluación
- que los propios estudiantes conozcan sus errores, quedando explícito para el alumno qué se evalúan en cada etapa y evitar la repetición de los mismos,
- que los alumnos evalúen su propio aprendizaje,
- que los alumnos profundicen en un mayor autoconocimiento y comprensión del proceso realizado.

## 2 Metodología desarrollada

Se optó por utilizar, durante el cursado del 2020, una rúbrica como instrumento de evaluación con 4 niveles de logro y con criterios de evaluación variables de acuerdo a la temática de la actividad a realizar, la cual permanece disponible para los alumnos en el aula virtual y es utilizada en por los docentes en la evaluación de los trabajos prácticos, evaluaciones por tema y parciales (Figura 1)

TABLA DE AUTOCORRECCIÓN				
CRITERIO	Requiere mejoras	Básico	Autónomo	Avanzado
<b>Resolución de vistas</b>	No interpreta la pieza, o no respeta el MÉTODO ISO - E (REHACER LA LÁMINA) 0	Interpreta la pieza en general aunque con errores indicados, 20	Interpreta en forma correcta la pieza, con mínimos errores. 35	Interpreta y representa correctamente la pieza, tanto aristas visibles como ocultas. 50
<b>Lineas y trazos</b>	Dibuja sin expresión, no se diferencian los grosores, lámina impropia (REHACER LA LÁMINA) 0	Dibuja prolija, aunque muchos trazos no se ajustan a la norma en sus proporciones y grosores 10	Dibuja líneas con grosores y tipos de línea según norma aunque con pequeños errores. 15	Se diferencian perfectamente los diferentes grosores según la norma IRAM, lámina limpia y prolija 20
<b>Caligrafía técnica</b>	No dibuja los textos con caligrafía técnica (REHACER LA LÁMINA) 0	Dibuja los textos con caligrafía técnica, Impropio, Errores indicados 5	Realiza todos los textos con caligrafía técnica. Respeto en general alturas e interlineado, algo impropio 10	Realiza todos los textos con caligrafía técnica. Respeto alturas e interlineado de acuerdo a Norma IRAM 15
<b>Rótulo, formato de la lámina. Diagramación</b>	No respeta el rótulo de la cátedra y/o el formato A3 (REHACER LA LÁMINA) 0	Rótulo incompleto. No respeta caligrafía técnica y/o no respeta tipos de línea, Otros errores indicados 5	Rótulo completo. Respeto caligrafía técnica. Cumple formato de lámina. Algo impropio 10	Formato y Rótulo correcto, con caligrafía técnica y grosores indicados. 15

Figura 1. Rúbrica de evaluación visible en plataforma

Durante el cursado, los alumnos entregaron todos los trabajos prácticos con los criterios de evaluación resumidos en su lámina y utilizaron la rúbrica dada en plataforma como guía para realizar la autoevaluación de su desempeño. Figura 2

METODO	30
LINEAS	20
FORMATO	10
CALIGRAFIA	10
NOTA	70
ESTUDIANTE	YUCRA CARLA
DOCENTE	Arg. G. Oca
	17/3/21

Figura 2. Rúbrica en lámina realizada por los alumnos / Autoevaluación

Luego de la entrega de la fotografía de la lámina realizada autocorregida, el docente evaluó la ejecución del trabajo práctico utilizando la rúbrica correspondiente y realizó las observaciones y devoluciones que consideró pertinentes para mejorar en las próximas actividades.

Atendiendo a los resultados obtenidos durante este período y considerando a “la autoevaluación como la estrategia por excelencia para educar en la responsabilidad y para aprender a valorar, criticar y a reflexionar sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje individual realizado por el discente” (Calatayud, 2002; 1999), complementando a la rúbrica, incorporamos en el año 2021 la autoevaluación de cada trabajo práctico complementada con material multimedia de apoyo y videoconsultas sincrónicas programadas no obligatorias.

### 3 Resultados y conclusiones.

#### 3.1 Entrega y recuperación de trabajos prácticos

Se relevaron datos de tres comisiones de alumnos del primer cuatrimestre del 2020 (sin autoevaluación ni videoclases asincrónicas) y tres comisiones del primer y segundo cuatrimestre del 2021 (con autoevaluación y videoclases asincrónicas). Se comparó la cantidad de láminas que los alumnos desaprobaban en relación al total entregado.

Se observa a partir de la mitad del cursado, donde los temas del dictado se complejizan (TP 13 y 14), una mejora en el rendimiento de los alumnos, disminuyendo también la cantidad de recuperaciones de los trabajos prácticos a partir de la incorporación de la autoevaluación y de las videoclases asincrónicas. En el año 2021, llegando al último tercio del tiempo de cursado (TP 19), la cantidad de alumnos se sostiene hasta el final del cuatrimestre (Gráfico 1).

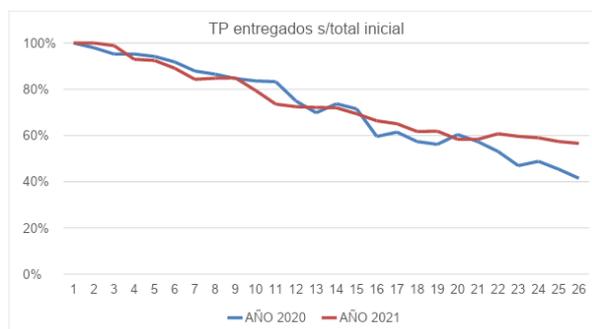


Gráfico 1

### 3.2 Desgranamiento

En el primer cuatrimestre del año 2020 el desgranamiento fue del 58.6%, manifestándose de manera gradual, aunque con caídas abruptas en instancias de evaluaciones parciales.

Con la incorporación de videotutoriales y autocorrección en el primer cuatrimestre del 2021 el desgranamiento fue de 48,24%. Se observa también durante el último tercio del cursado (a partir de TP 18), que la permanencia es sostenida hasta el final del cuatrimestre.

### 3.3 Encuestas sobre autoevaluación y videoclases

Finalizando el cursado del primer cuatrimestre 2021 se realizó una encuesta anónima a 346 alumnos consultando sobre la experiencia de la autocorrección de los trabajos prácticos. De los resultados, se observa que el método de autocorrección no causó, en general, dificultades en su implementación. Vemos también una alta aceptación de la autocorrección y reconocimiento de las ventajas de evitar repetición de errores e identificar los criterios de evaluación más importantes para cada temática abordada en los trabajos prácticos.

Durante el 2021 se encuestaron 335 alumnos acerca de su opinión sobre los breves videos explicativos que acompañan los trabajos prácticos. Los resultados demuestran una aceptación altamente positiva.

### 3.4 Conclusiones

La disminución del desgranamiento, el aumento de láminas aprobadas en primera instancia, demostraron que las acciones implementadas mejoraron el recorrido académico de los alumnos, pese a que los resultados fueron de proporciones menores a lo esperado.

En el año 2020 se percibió un mayor compromiso por parte de los alumnos en el cursado virtual de la materia que en 2021. Durante éste último período se percibió mayor desgano y falta de interés por la materia. Aumentaron los casos de copias entre alumnos tanto en láminas como en parciales y la asistencia a las video consultas (no obligatorias) fue muy reducida. Atribuimos este fenómeno de falta de interés a las condiciones generadas por la pandemia por COVID 19.

## 4 Citas bibliográficas

1. Calatayud Salom. A. (2002): "La cultura autoevaluativa, piedra filosofal de la calidad en educación". Revista: *Educadores*. Núm 204. Págs.357-375.Valencia. España.
2. Calatayud Salom. A. (1999): "La participación del alumno en el proceso evaluador". Revista *Educadores*. Núm 190-191. Valencia. España.

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**RELATO DE VIDA DE LA PROF. ESTELA LINDHOLM DE MORIS: LOS INICIOS DE LA  
LECTOCOMPENSIÓN EN INGLÉS EN LA FACET**

María Bernarda Lau <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Avenida Independencia, 1900, San Miguel de Tucumán, Argentina. blau@herrera.unt.edu.ar*

**RESUMEN**

*El propósito de este trabajo es realizar una reseña acerca del origen de la Lectocomprensión en inglés en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) y en nuestra provincia. Para tal fin, realizamos una entrevista a la Profesora Estela Lindholm de Moris quien fuera docente de esta casa y quien inaugurara la Cátedra de Inglés de esta unidad académica en el año 1962. A través del recurso metodológico denominado relato de vida intentaremos reconstruir el surgimiento de esta área de especialidad en nuestro contexto. Nos valdremos del relato de la Prof. Lindholm quien fue protagonista durante los más de cuarenta años en los que ejerció la docencia universitaria y publicó numerosos libros que se constituyen como base de esta área de especialidad que es la enseñanza del inglés con propósitos académicos.*

**ABSTRACT**

*The aim of this paper is to review the origin and development of English Reading Comprehension at Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET). For this purpose, we interviewed Professor Estela Lindholm de Moris who was the first teacher to take a position at FACET to teach English in 1965. By means of the biographical approach called life story, we will try to trace the origins of this area of expertise in our context. We will use her voice to transmit her experience of more than 40 years in which she taught at the university and published numerous books that built the foundations of teaching English for Academic Purposes.*

**Palabras clave:** *Relato de vida - FACET - Inglés - Lectocomprensión*

**Introducción**

Con el propósito de reconstruir la historia de la enseñanza del Inglés en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), entrevistamos a la Profesora Estela Lindholm de Moris quien inaugurara la Cátedra de Idioma inglés de la FACET en 1962.

En aquellos años, el profesorado en Inglés de la UNT no ofrecía formación en el área de lo que en el presente conocemos como Lectocomprensión por lo que la Prof. Lindholm se enfrentó al enorme desafío que implicaba enseñar a los estudiantes de las carreras de ingeniería a leer en inglés para que pudieran acceder a bibliografía de cada una de sus áreas de especialidad. Era esta un área de vacancia ya que las disciplinas que hoy conocemos como Inglés con Propósitos Específicos (*ESP, English for Specific Purposes*) e Inglés con Propósitos Académicos (*EAP, English for Academic Purposes*), surgen más tarde. En el contexto internacional, el ESP surge fines de los años 70 como un desafío para la enseñanza del Inglés (*ELT, English Language Teaching*) de abordar la enseñanza del idioma a partir de las necesidades específicas de un grupo de aprendientes. El EAP se origina a partir del ESP, dirigido a

alumnos de nivel superior que necesitaban desarrollar otro tipo de habilidades (*study skills*) entre las que podemos destacar estrategias para abordar la lectura de diferentes tipos de textos (Howat, 2004). Es allí donde podemos ubicar las necesidades de los estudiantes de las carreras de ingeniería de la FACET donde la lengua extranjera es el medio para llegar a un objetivo, acceder a textos científico-técnicos que no estaban traducidos al español.

Los libros de textos que se usaban para dar clases de lengua inglesa tradicionales que apuntaban a las cuatro habilidades (leer, escuchar, hablar y escribir) no eran de utilidad ya que estaban diseñados para enseñar inglés con propósitos generales y no se ajustaban a las necesidades de los estudiantes de la FACET. La Prof. Lindholm se ocupa de planificar y seleccionar el material que además de estar relacionado con los temas disciplinares de las carreras que cursaban sus alumnos, reuniera los contenidos lingüísticos que necesitaba enseñar. A partir del análisis meticuloso de ese material y de las observaciones que realizaba en sus clases se originan la serie de publicaciones que la Prof. Lindholm realiza junto con su colega y amiga la Prof. Hilda Sahian de Chanta a lo largo de 30 años.

Y es en esos años justamente que se fue configurando esta área de enseñanza del inglés como lengua extranjera que hoy conocemos como Lectocomprensión, es decir la enseñanza de la habilidad de la lectura en idioma inglés. Sus publicaciones tuvieron gran impacto en nuestra provincia, no sólo en la FACET sino también en otras unidades académicas de la UNT.

### **Metodología**

Nos servimos del recurso metodológico relato de vida definido como un enfoque biográfico que implica elaborar conocimientos a partir de una narración o biografía. Según Cornejo (2006), es un enfoque que se elabora “desde adentro”, a partir de la narración de los protagonistas del hecho que se quiere reconstruir. Así también, Correa (en Cornejo 2006) explica que este método se apoya en la propia historia del investigador, relacionada con su trayectoria académica pero también en su concepción del mundo, en su ideología. Por ello, consideramos que el relato de vida se constituye en una técnica cualitativa adecuada para reconstruir la historia de la Lectocomprensión en la FACET a través de la voz de su protagonista. Realizamos dos entrevistas de manera presencial para la recolección de los datos. La primera, en junio de 2019 y la segunda, en junio del 2021. El esquema inicial de la entrevista se diseñó con preguntas que apuntaban a distintos momentos de la vida académica de la Prof. Lindholm: su formación académica, sus comienzos en la FACET, la creación del método de enseñanza y sus publicaciones.

### **Entrevista a la Profesora Estela Lindholm de Moris**

Rinde su primer concurso como Jefa de Trabajos Prácticos (para estar a cargo de cátedra) en 1962 y da inicio de manera formal a la asignatura Traducción Técnica en la FACET ya que su ingreso coincide con la creación de la Cátedra de Idioma Inglés. Las autoridades de la facultad, “le dicen” que tenía que enseñar “traducción” lo cual implicaba armar la asignatura desde cero ya que en sus estudios en el profesorado en inglés no había recibido formación en esa área. Nos explica además que, en esa época, en el ambiente de la enseñanza del inglés, la palabra traducción era una especie de “mala palabra” ya que estaba de moda el *Direct Method* (Método Directo) que no permitía traducir ni una palabra al español, por lo cual este pedido se le presenta como un enorme desafío tanto en lo personal como en lo académico. En este contexto, el desafío era a su vez, prueba del área de vacancia que representaba la enseñanza del Inglés con Propósitos Académicos que como ya mencionamos empezó a tomar relevancia a nivel internacional recién hacia fines de los años 70.

Uno de los aportes fundamentales de la Prof. Lindholm, fue la ubicación de la asignatura Idioma Inglés en la currícula de las distintas carreras de la FACET luego del Ciclo Básico y no en primer año como sucede hasta el presente en la mayoría de las facultades de la UNT. Relata que incluso presenta una nota argumentando que el alumno debía tener conocimientos disciplinares específicos para poder activarlos en el momento de la lectura de los textos en inglés. Así, los alumnos lograrían mejorar su comprensión lectora y esto ayudaría a reducir la deserción en la asignatura. Esos argumentos que utiliza de manera sólida y coherente hace casi 60 años se encuentran, en el presente, reforzados por las teorías actuales respecto de la importancia de apoyarse en los conocimientos disciplinares en el momento de la lectura en lengua extranjera.

En sus años en la FACET, fue ascendiendo, mediante concursos de antecedentes y oposición, desde el

cargode Jefa de Trabajos Prácticos hasta el de Profesora Titular con el que se jubila en 2002.

En cuanto al equipo de trabajo que formó en la FACET se encuentran sus discípulas María A. Maidana (actualmente Prof. Titular), Virginia E. Hawkes (Prof. Adjunta) y María Rosa Bennasar ( Jefa de Trabajos Prácticos). Ellas fueron las encargadas de continuar con la tarea docente en esa unidad académica, así como también de darle continuidad al material didáctico, pero también a renovarlo. Es así, que realizan tres publicaciones que toman como referencia los libros producidos por las Profesoras Lindholm y Sahian. Los dos primeros en soporte papel *Inglés para Ciencias y Tecnología. Lectura Comprensiva de Texto* (2009) y *Lextocomprensión en Inglés. Ciencia y Tecnología* (2015) y el e-book *Lextocomprensión de Textos CientíficoTécnicos en Inglés* (2022).

### **La solución del problema**

En el año 1963 la Profesora Hilda Sahian de Chanta, amiga y colega de la Prof. Lindholm, concursaba para la asignatura Idioma Moderno Inglés II e ingresa a la Facultad de Filosofía y Letras (FFYL) en donde también debía enseñar traducción. Ambas docentes deciden empezar a reunirse para ver “cómo solucionar el problema”. Estela relata que se encontraban todos los días para trabajar al menos unas horas incluso cuando esto implicaba restarle algo de tiempo a sus familias. Luego de mucho estudio y de lecturas, que incluyeron a importantes autores tales como Widdowson y Chomsky, pero que a su criterio no ayudaron en gran medida a resolver el “hecho concreto”, llegaron a la conclusión de que había que estudiar La Oración en todas sus partes. En este sentido, agrega que el sistema que diseñaron para enseñar la FN (Frase Nominal) fue un aporte clave para la enseñanza de la Lectocomprensión. Así también las reglas de diccionario, y la sistematización de los casos de palabras terminadas en *-ing*, entre otros.

### **Sobre los libros, trabajo previo**

Los libros publicados para Ciencias servían tanto para Ciencias Exactas como para Ciencias Naturales y Filosofía y Letras donde también trabajaba la Prof. Sahian de Chanta. Realizaban pruebas piloto antes de publicarlos para probar la utilidad de los textos seleccionados. Para ello, hacían copias a máquina con papel carbónico para que trabajen sus alumnos. También menciona el esfuerzo para realizar esos libros sin la tecnología de la que hoy disponemos y sólo con la ayuda de una máquina de escribir Olivetti además de stencils.

Explica que en esos libros abarcaron todos (y rápidamente agrega “casi todos”) los temas difíciles para la interpretación de un texto y que trabajaron siempre de una manera muy sistemática para diseñar su método de enseñanza y plasmarlo en esos libros que fueron un aporte y creación original ya que no lo tomaron de ningún otro autor ni enfoque. Afirma que lo más valioso del método que propusieron es que el objetivo se llega a cumplir, quizá no en un cien por ciento, y concluye en que esa es la recompensa por todo el “trabajohormiga” realizado durante años.

A partir de la primera publicación de la Prof. Lindholm y la Prof Sahian comienza una prolífica sociedad en la que sientan las bases de la Lecto comprensión en Tucumán. Podemos diferenciar tres etapas en sus publicaciones.

En la primera etapa, publican el libro *Estructuras Gramaticales Básicas para la traducción del inglés al castellano*, cuya primera edición se realizó en el año 1964 y tuvo sucesivas ediciones (1967 y 1982). Participa también en esta publicación la Prof. Lore Schneider de Zuccardi quien se desempeñaba como Profesora de la asignatura Idioma Moderno Inglés II en la FFYL.

En el prólogo del libro que se mantiene a lo largo de sus ediciones, las autoras se refieren a la vasta producción de libros dedicados a la enseñanza de la Lengua Extranjera inglés en esos años y, a su vez, a la falta de material que se relacione con la traducción de la lengua inglesa al castellano. Se pone de manifiesto que esta se constituía como un área vacancia y surge, por lo tanto, la necesidad de elaborar un método para enseñar a traducir textos específicos del inglés al castellano con un enfoque didáctico, es decir, que contemple los objetivos de enseñanza, los contenidos a enseñar, así como también los destinatarios de dicho enfoque: los alumnos.

En una segunda etapa, las Profesoras Lindholm y Sahian publican la serie de libros denominados Inglés Instrumental que se detallan a continuación: Inglés Instrumental. Para estudiantes de Ciencias, Para estudiantes de Humanidades y Una guía para el profesor (1974); Inglés Instrumental. Para estudiantes

de Humanidades (1977) e Inglés Instrumental. Para estudiantes de Ciencias (1979).

En el prefacio de la publicación de 1974, las autoras hacen referencia a la división entre Guía para el profesor (que además contiene los ejemplos extraídos de la sección para estudiantes de Ciencias y Humanidades) y los Textos que se proponen a los alumnos.

Además, explican que el término “Instrumental” que utilizan para titular esta publicación proviene de Chile y que lo eligen porque se relaciona con el objetivo que persiguen con la publicación de este material, es decir, que sea la herramienta o instrumento a través del cual los estudiantes de Ciencias y Humanidades puedan acceder a material disciplinar que no esté traducido al español.

En cuanto a la Guía para profesores, indican que tiene como propósito orientar a los docentes y hacer sugerencias que se basaban en diez años de experiencia frente a las aulas utilizando este tipo de enfoque de la enseñanza del inglés.

La última etapa de producción conjunta de las Profesoras Lindholm y Sahian, se produce en los 90 y se titula *Curso Teórico Práctico de Inglés* con sus versiones correspondientes: Curso teórico Práctico de Inglés como Auxiliar de Ciencias Exactas y Ciencias Naturales (1990 y 1999) e Inglés. Curso Teórico Práctico. Ciencias Humanas (1991).

En sus respectivos prólogos enfatizan el objetivo del material producido: proveer a los alumnos de estrategias que los conduzcan a leer comprensivamente textos de su especialidad. Agregan que al diseñar el material tuvieron en cuenta las secuencias textuales características de cada área (explicación, instrucción, etc.), los contenidos lingüísticos particulares que se presentan en cada una de ellas (secuencias sintácticas, conectores lógicos, conjunciones, etc.), el rol de esas estructuras lingüísticas dentro del texto específico de cada disciplina para realizar funciones de la lengua (realizar generalizaciones, hipótesis, definiciones, conclusiones, etc.) así como también el vocabulario propio de cada uno de los discursos académicos.

### **Conclusiones**

El comienzo de la carrera universitaria de la Profesora Lindholm en los años 60 marca a su vez, el comienzo de la historia de la Lectocomprensión en la FACET. A través de su relato de vida tomamos conocimiento de la necesidad de generar un método de enseñanza eficaz que guiara a los alumnos en el proceso de aprender a leer en la lengua extranjera inglés textos relacionados con sus áreas disciplinares. Era esta una demanda muy precisa de los alumnos de la FACET y un área de vacancia en la formación del profesorado en Inglés de la UNT. Comienza entonces una búsqueda incansable de la Prof. Lindholm para construir ese método que permitiera a sus estudiantes a acceder a bibliografía especializada en inglés.

Creemos que las publicaciones que detallamos en el apartado anterior pueden ser considerados como libros fundadores del área de la Lectocomprensión en Inglés en Tucumán. Los tres grupos de libros elaborados por la Profesoras Lindholm de Moris y Sahian de Chanta, se constituyen en material de referencia desde los años 60 y hasta la actualidad. Las producciones con fines didácticos realizadas en el área por los distintos docentes que se desempeñan dictando inglés en las diferentes unidades académicas de la UNT utilizan ese material como punto de partida. Esos textos son la piedra basal de la Lectocomprensión en nuestra provincia y el método que ellas desarrollan y perfeccionan a lo largo de casi 40 años, es el método de referencia que heredamos todos los que nos dedicamos en el presente a esta área de la enseñanza del Inglés.

### **Agradecimientos**

Un especial agradecimiento a la Profesora Estela Lindholm, de Moris por su tiempo y su generosidad. También a María

A. Maidana y a Virginia E. Hawkes quienes fueron el nexo para que estas entrevistas fueran posibles.

### **Referencias**

1. M. Cornejo. “El Enfoque Biográfico: Trayectorias, Desarrollos Teóricos y Perspectivas”. PSYKHE2006, Vol.15, N° 1, 95-106. versión On-line ISSN 0718-2228.
2. A.P.R. Howatt and H.G. Widowwson,. “A History of English Language Teaching”. (2004).OxfordUniversity Press, London.

## GUÍA PRÁCTICA PARA ALINEAR LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA A LA ESTRATEGIA ORGANIZACIONAL

Lía G. Rico <sup>(1)\*</sup>, Laura R. Villarrubia <sup>(1)</sup>, María F. Villarrubia <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Calle Ítalo Palanca N°10, UNJu – Jujuy*

*\*(Lía G. Rico): [ricoliagabriela@gmail.com](mailto:ricoliagabriela@gmail.com)*

### RESUMEN

*Este trabajo presenta el desarrollo de una propuesta didáctica enfocada en el planeamiento estratégico de la tecnología de la información, utilizando técnicas de la administración de operaciones, para identificar las oportunidades de creación de valor. La misma se llevó a cabo en la asignatura Sistemas de Información Administrativa, correspondiente al 5to. año de la Licenciatura en Sistemas, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy. El desarrollo presenta el marco conceptual, materiales y métodos detallando el estudio de caso, consigna, guía didáctica y los resultados obtenidos. Finalmente, en base a los resultados observados, se realizan las conclusiones de la propuesta.*

### ABSTRACT

*This work presents the development of a didactic proposal focused on the strategic planning of information technology, using operations management techniques, to identify value creation opportunities. The same was carried out in the Administrative Information Systems subject, corresponding to the 5th. year of the Bachelor of Systems, from the Faculty of Engineering of the National University of Jujuy. The development presents the conceptual framework, materials and methods detailing the case study, instructions, didactic guide and the results obtained. Finally, based on the observed results, the conclusions of the proposal are made.*

**Palabras clave:** *tecnología de información, administración estratégica, procesos de negocio*

### Introducción

Después de varias décadas en que la tecnología de información (TI) era observada en el rol de soporte para el negocio, el nuevo milenio trae aparejada una nueva visión de la función de la TI en el mundo corporativo. [1] Esta nueva visión entiende a la TI como un bien esencial para el negocio, y se apoya sobre tres conceptos fundamentales: alto valor que aporta, la estructura organizacional sobre la que se apoya, y el gobierno de las funciones que comprende. Desde que se comienza a hablar de la creación de valor de la TI, se empieza a abandonar el foco tradicional en la TI como sinónimo de costo para la empresa. [1]

Como docentes universitarios no estamos ajenos a estos cambios, es por ello que este trabajo presenta una propuesta didáctica que complementa el estudio tradicional de sistemas informáticos, generando en el estudiante la necesidad de pensar y diseñar sistemas de información alineados con la estrategia global del negocio.

La misma propone el uso de prácticas y herramientas de gestión y de calidad, tomadas de la administración de operaciones: objetivo corporativo, PBC (paquete de beneficios para el cliente) y modelado de sistemas para desarrollar un radar de tecnología e identificar las oportunidades de creación de valor utilizando nuevas tecnologías.

Al final se exponen los resultados que los estudiantes lograron al usar la propuesta, y se presentan unos puntos de discusión y las conclusiones.

## Materiales y Métodos

El objeto de análisis en el presente trabajo es el desempeño del estudiante de Sistemas de Información Administrativa, asignatura de 5º año de la carrera Licenciatura en Sistemas. La muestra poblacional comprende el curso completo y para esta propuesta se aporta como ejemplo el trabajo realizado por un grupo de estudiantes.

La metodología empleada utiliza métodos cualitativos relacionados con la observación del desempeño de los estudiantes a partir de las estrategias didácticas implementadas.

Las fases que comprenden la realización de la propuesta se enmarcan de acuerdo a un proceso de investigación-acción, Salgado Lévano (2007) hace referencia al diseño de la investigación acción: “Según Stringer (1999) las tres fases esenciales de los diseños de investigación-acción son: Observar (construir un bosquejo del problema y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (resolver problemas e implementar mejoras), las cuales se dan de una manera cíclica, una y otra vez, hasta que el problema es resuelto, el cambio se logra o la mejora se introduce satisfactoriamente (Citado por Hernández, Fernández & Baptista, 2006).” (pp. 73)[2]

Al aplicar esta metodología surgen innovaciones en la cátedra. A continuación, se presenta una descripción resumida del caso de estudio propuesto a los estudiantes, la consigna que deben desarrollar, y la guía didáctica para su desarrollo.

**Caso de estudio:** El caso se tomó del apéndice del libro de David Ruble, estudio del caso McVET[3], el mismo ha sido simplificado en su redacción y los nombres de las personas fueron cambiados. En esta propuesta, la cadena de veterinarias se denomina “**Perro Feliz**” y se describen los siguientes ítems:

- Historia de cómo se gestó este negocio
- Descripción del entorno del negocio, el mercado, la demanda y la competencia.
- Objetivo que persigue su propietario:
  - Automatizar los procesos de captura de pedidos y facturación.
  - Maximizar los recursos.
- Entrevistas que se realizaron a los distintos referentes de la veterinaria.
- Interfaces de un sistema que fue adaptado a la empresa para el registro del cliente, su mascota y el servicio realizado.

**Consigna:** El equipo de estudiantes se constituye en un consultor informático. Desde ese rol debe definir la estrategia de TI que agregue valor a la cadena de veterinarias “Perro Feliz”

**Guía didáctica:** El equipo consultor dispone de la siguiente guía, allí encuentra los pasos para definir estrategias de valor para el caso dado, y lo conducen en el razonamiento para lograr plantear la estrategia TI.

1. Definir la **Estrategia de valor 1: Base de negocio**
  - a. Identificar y comprender el objetivo del negocio
  - b. Desarrollar el concepto y propuesta de valor
2. Definir la **Estrategia de valor 2: Paquete de beneficios para el cliente**
  - a. Diseñar bienes y servicios configurados para dar valor a los clientes del negocio
3. Definir la **Estrategia de valor 3: Modelo operativo de la empresa**
  - a. Determinar los procesos de negocio y su alcance funcional
  - b. Modelizar los procesos de negocio
  - c. Diseño del encuentro del servicio
4. Definir la **Estrategia de valor 4: Oportunidades TI y contexto de valor**
  - a. Desarrollar un radar de tecnología

## Resultados

Los resultados que se presentan en esta sección fueron extraídos de un trabajo final de cátedra conformado por los estudiantes Alancay, Ibarra y Stemberger, aplicando la guía didáctica.

En la figura 1 se visualizan los modelos que permiten conocer la base del negocio y la modelización del proceso principal de la veterinaria.

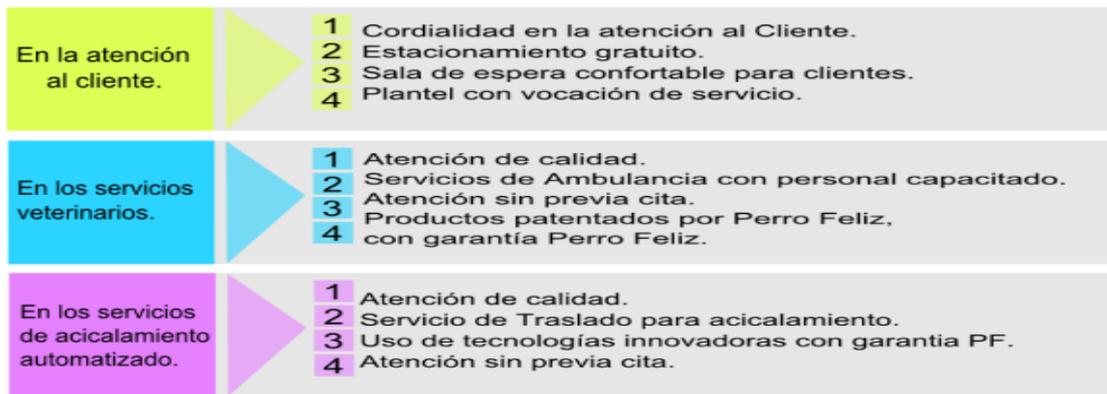


Fig. 1 Definición del Negocio-Servicio y Clientes

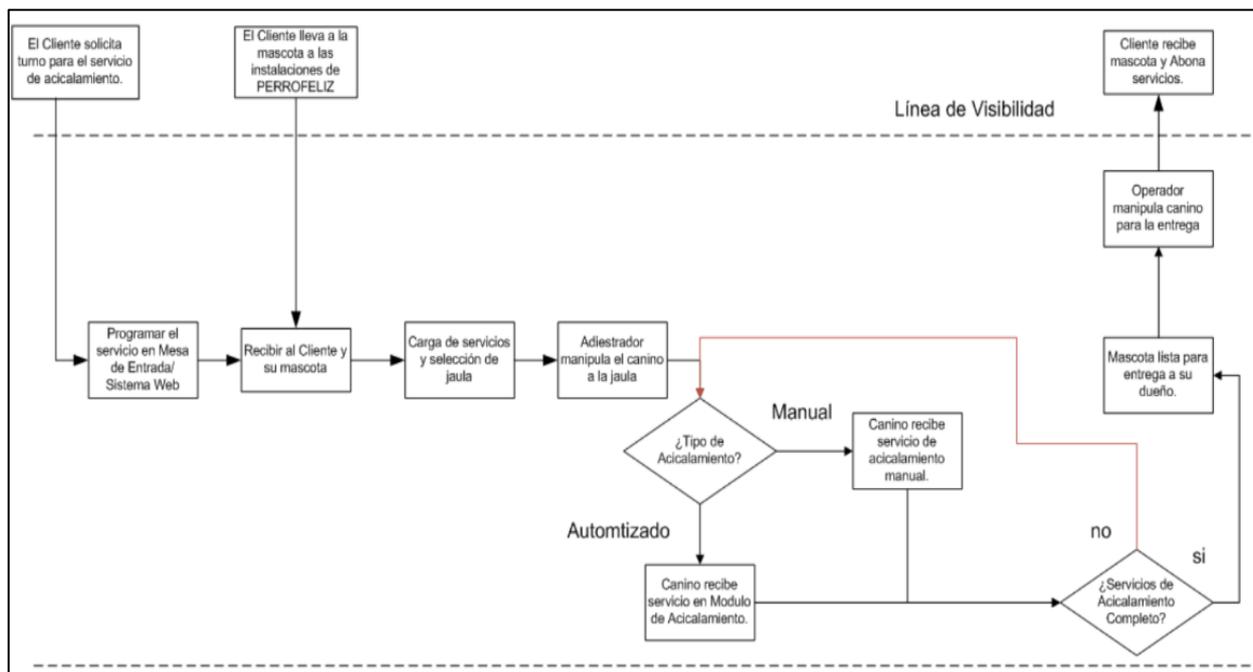


Fig. 2 Modelado de procesos de negocios: diseño de la línea de visibilidad, para optimizar la atención al cliente al considerar posibles fallas

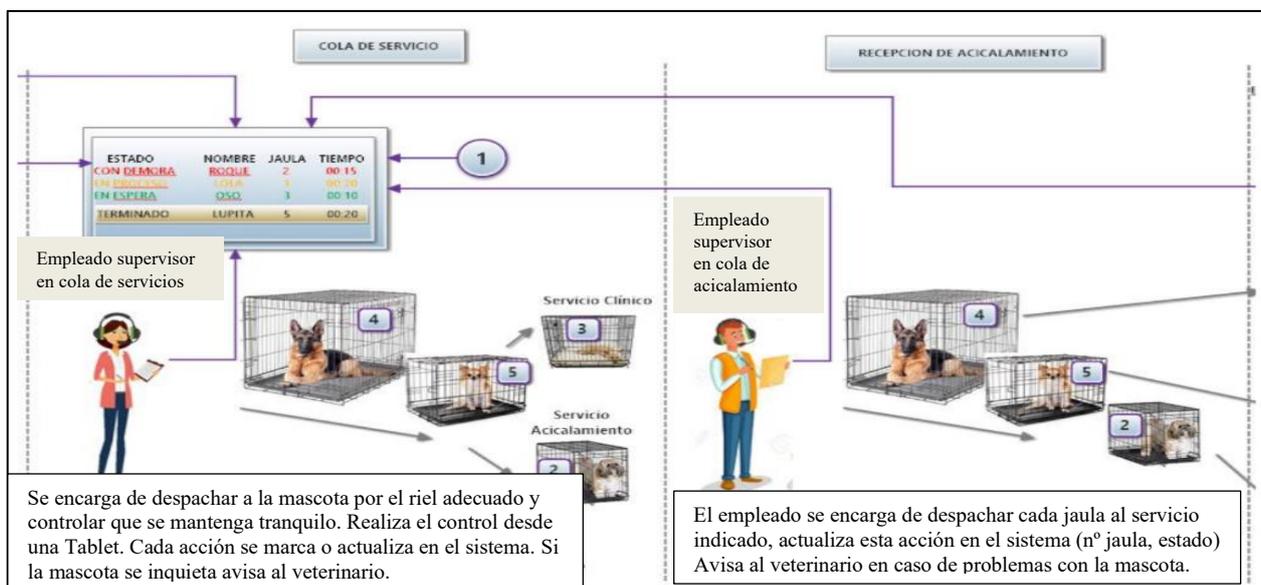


Fig. 3 Parte del modelado de un sistema workflow

En la Tabla 1 se presenta el criterio de evaluación definido por los docentes para valorar los trabajos de los grupos de estudiantes:

**Tabla 1 Criterios de evaluación**

Estrategias de valor	Herramientas de gestión y de calidad	Criterio de evaluación
Estrategia de valor 1 (base del negocio)	+Identificar y comprender el objetivo del negocio	Claridad en la meta del negocio
	+Desarrollar el concepto y propuesta de valor	Identifica deseos y necesidades de los clientes
Estrategia de valor 2 (PBC)	+Diseñar bienes y servicios configurados para dar valor a los clientes del negocio	Define con claridad las características tangibles (bienes) e intangibles (servicios) que el cliente reconoce, paga, utiliza y experimenta
Estrategia de valor 3 (modelo operativo de la empresa)	+Determinar los procesos de negocio y su alcance funcional	Identifica y determina todas las actividades primarias y de apoyo del negocio
		Identifica y determina el alcance funcional del negocio
	+Modelizar los procesos de negocio	Identifica con claridad las entradas y salidas de cada proceso, así como sus mecanismos y controles.
	+Diseño del encuentro del servicio	Identifica los puntos de encuentro con el cliente
Analiza los momentos de verdad		
Estrategia de valor 4 (oportunidades de TI y contexto de valor)	+Desarrollar un radar de tecnología	Identifica oportunidades de TI que optimizan el modelo de negocio actual.
		Especifica escenarios relacionando los procesos de negocio con la TI.

De la observación de los docentes, y en comparación con trabajos de años anteriores que partían de la definición del objetivo e identificación de problemas y oportunidades, se puede afirmar que los grupos arribaron a propuestas tecnológicas superadoras alineadas con la estrategia del negocio.

## Conclusiones

Por la experiencia académica se sabe que limitar la enseñanza de los sistemas de información solo desde lo técnico-informático conlleva a los estudiantes a diseñar propuestas tecnológicas acotadas a solucionar el problema operativo, suelen ser pobres en relación a la esencia del negocio en sí, es decir, están lejos de constituirse en una verdadera ventaja competitiva, una herramienta que agregue valor al negocio para el cual se plantean. Entendemos que esta guía práctica está sujeta a mejoras, sin embargo, al observar los resultados obtenidos, se puede considerar como una buena práctica pedagógica.

## Agradecimientos

A los estudiantes de la materia Sistemas de Información Administrativa por su participación comprometida en el desarrollo de la propuesta. Un especial agradecimiento para Alancay, Judith Marcela; Stemberger, Jorge Fernando; Ibarra Ortega, Marcos Antonio, de cuyo trabajo se tomaron los ejemplos y gráficos expuestos en el apartado Resultados.

## REFERENCIAS

1. Accenture, "Aceleración para el desarrollo de sistemas y procesos"; 2010, p. 229-235
2. Salgado Lévano, A., "Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos"; Liberabit. Revista de Psicología, 2007, p. 71-78. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68601309>
3. David Ruble, "Análisis y diseño práctico para sistemas cliente/servidor con GUI"; 1998, Prentice-Hall.

## RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ACTIVIDADES PRACTICAS DE LABORATORIO COMO HERRAMIENTA DE FORMACIÓN PARA INGENIEROS EN ALIMENTOS

D. Gutiérrez<sup>(1)</sup>, F. Pece Azar<sup>(1)</sup>, S. Rodríguez<sup>(1)\*</sup>

1- ICyTA- Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero.

\*[silviadepece@hotmail.com](mailto:silviadepece@hotmail.com)

### RESUMEN

*La resolución de problemas se considera una herramienta muy útil y versátil para lograr el aprendizaje significativo por parte de los estudiantes de carreras de ingeniería. Se estudió la aplicación de esta herramienta en el desarrollo de trabajos prácticos de laboratorio (TPL) de la asignatura Análisis y Control de Alimentos, de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Facultad de Agronomía y Agroindustria de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, evaluándose sus beneficios y contribución a la educación desde el enfoque de competencias. Para el desarrollo del TPL los estudiantes se dividieron en grupos (2-3-personas) y a cada grupo se les planteó una situación problema diferente, la cual debía ser resuelta seleccionando y aplicando diferentes técnicas de análisis y metodologías. Como control se desarrollaron TPL donde todos los estudiantes realizaron los análisis descritos en la guía de TPL, e indicados por los docentes. Posteriormente, a través de encuestas se solicitó la evaluación crítica de estudiantes sobre su experiencia respecto de la estrategia utilizada. Se determinó que el estudiante se volvió más autónomo, creativo y contestó las consignas con mayor seguridad a medida que el cuatrimestre avanzó. Además, esta herramienta permitió optimizar el trabajo en equipo, mejoró la capacidad de comunicación y satisfacción con el método de trabajo. Esta forma de abordar el aprendizaje les permitió internalizar mejor los conceptos y relacionarlos con los temas desarrollados en las clases teóricas y tomar conciencia de la importancia del entorno para resolver en forma eficiente un problema, lo cual se vio reflejado en las puestas en común a través del relato al resto de los compañeros y evaluaciones escritas estructuradas. Esta herramienta mostró ser muy útil y adecuada para la preparación del ejercicio profesional.*

### ABSTRACT

*The problem solving is considered a very useful and versatile tool to achieve meaningful learning by engineering students. The application of this tool in the development of practical laboratory work (TPL) of the Food Analysis and Control subject, of the Food Engineering career of the Faculty of Agronomy and Agroindustry of the National University of Santiago del Estero, evaluating its benefits and contribution to education from the competencies approach, was studied. For the development of the TPL, the students were divided into groups (2-3-people) and each group was presented with a different problem situation, which had to be resolved by selecting and applying different analysis techniques and methodologies. As a control, TPL were developed where all the students performed the analyzes described in the TPL guide, and indicated by the teachers. Subsequently, through surveys, the critical evaluation of students about their experience with respect to the strategy used was requested. It was determined that the student became more autonomous, creative and answered the instructions with greater confidence as the semester progressed. In addition, this tool allowed optimizing teamwork, improved communication skills and satisfaction with the work method. This way of approaching learning allowed them to better internalize the concepts and relate them to the topics developed in the theoretical classes and become aware of the importance of the environment to efficiently solve a problem, which was reflected in the sharing through of the story to the rest of the classmates and structured written evaluations. This tool proved to be very useful and adequate for the preparation of the professional exercise.*

*Palabras clave: Ingeniería en alimentos, herramientas de aprendizaje, competencias.*

## **Introducción,**

La universidad constituye una institución de formación superior que tiene entre sus fines principales la preparación de profesionales altamente cualificados que van a desempeñar múltiples puestos de responsabilidad en distintos campos laborales. En general, las instituciones de educación superior tienen que hacer frente a las nuevas demandas y desafíos que presenta una compleja sociedad en cambio continuo y acelerado. Es así que a nivel mundial los sistemas educativos superiores en los últimos años han experimentado importantes procesos de reforma tanto en el plano organizativo como principalmente en la dimensión curricular y pedagógica referida a los planes de estudios, las programaciones docentes y los nuevos enfoques de enseñanza-aprendizaje. En una formación superior basada en competencias no es suficiente con evaluar los conceptos o principios científicos asimilados por los estudiantes. La educación por competencias, se puede concebir como un sistema de conocimientos, habilidades y actitudes que son utilizados de modo interactivo en la ejecución oportuna de tareas y en la resolución de problemas más o menos complejos en el marco de una determinada situación y movilizándolo los recursos y medios disponibles en el ambiente específico en que se opera, teniendo en cuenta que este contexto puede ser, en nuestro caso, tanto académico como laboral [1].

La enseñanza por competencias enfrenta al alumno a tareas propias de la vida cotidiana en los planos personal y social, o correspondientes al ejercicio de una profesión. Estimula por lo tanto un aprendizaje activo y contextualizado, fomenta la autonomía del alumno y eleva considerablemente su motivación al aproximar el aprendizaje a la vida real [2].

En síntesis, las competencias se manifiestan y se demuestran en la acción, lo que implica que la Educación Superior debe poner el énfasis en proporcionar un acervo de conocimientos culturales y científico-técnicos que sean sustantivos y relevantes, junto a un conjunto de destrezas y habilidades clave y a un sistema de valores y actitudes que doten a los estudiantes de altas capacidades para desarrollar tareas complejas y resolver problemas académicos o profesionales, tanto individualmente como en el seno de equipos heterogéneos [1].

En ese contexto, en este trabajo se estudió la aplicación de la herramienta resolución de situaciones problemáticas en el desarrollo de trabajos prácticos de laboratorio (TPL) de la asignatura Análisis y Control de Alimentos, de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Facultad de Agronomía y Agroindustria (FAyA) de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), evaluándose sus beneficios y contribución para lograr el aprendizaje significativo.

## **Materiales y Métodos**

El presente trabajo es un estudio descriptivo, la población estuvo formada por todos los alumnos que cursaron la asignatura Análisis y Control de Alimentos (la cual se dicta en el del último año) de la carrera de ingeniería en alimentos de la FAyA- UNSE de los años 2019 (13 alumnos) y 2021 (15 alumnos). Durante el cursado de la asignatura habitualmente se desarrollan diferentes actividades teóricas y prácticas, tales como clases expositivas teóricas, aulas taller, seminarios de investigación, visitas a plantas de elaboración de alimentos y trabajos prácticos de laboratorio, entre otras. Para llevar a cabo este estudio, los estudiantes que participaron del TPL se dividieron en grupos (2-3 personas) y a cada grupo se les planteó una consigna diferente bajo la forma de una situación problemática (relacionada con el control de alimentos para determinar su calidad y aptitud bromatológica según la legislación alimentaria, o detectar posibles adulteraciones), la cual debía ser resuelta aplicando diferentes análisis de alimentos y seleccionando la metodología más adecuada, según la situación. Se aplicó esta metodología en los siguientes temas: 1- análisis de alimentos Lácteos, 2- análisis de alimentos farináceos, 3- microbiología de alimentos, 4- análisis de alimentos frutihortícolas conservados por calor, y 5- evaluación sensorial de alimentos. Como control se desarrollaron dos trabajos prácticos donde todos los estudiantes realizaron los mismos análisis descriptos en la guía de TPL e indicados por los docentes para los siguientes temas: análisis de alimentos grasos y análisis de alimentos cárnicos.

Los estudiantes interactuaron en el grupo, debieron leer y analizar el problema, realizar un análisis y buscar información para luego definir los análisis y seleccionar la metodología a usar para poder responder a la consigna planteada. Los docentes participantes de la experiencia elaboraron dos planillas (Tabla 1 y 2) con indicadores para evaluar el desempeño grupal e individual de los estudiantes.

Posteriormente, a través de encuestas se solicitó la evaluación crítica de los estudiantes sobre su experiencia respecto de la estrategia utilizada.

## Resultados y Discusión

La metodología utilizada fue el aprendizaje basado en problemas, por medio de esta metodología los estudiantes logran resolver los problemas planteados recurriendo a los conocimientos previamente adquiridos y así poder aplicarlos en una situación específica [3]. En las tablas 1 y 2 se presentan los resultados obtenidos al evaluar a los estudiantes, sobre diferentes indicadores del trabajo en grupo e individuales, respectivamente.

Tabla 1: Indicadores para evaluar el desempeño del grupo en la clase

Indicadores	Siempre (%)	A veces (%)	Nunca (%)
Discuten previamente el tema	95	5	--
Describen e interpretan las consignas	85	15	--
Relacionan la consigna con los conceptos teóricos previamente desarrollados por los docentes?	75	25	--
Realizan búsqueda de bibliografía?	65	30	5
Trabajo en equipo	97	3	--
Creatividad para resolver el problema	60	30	10

Tabla 2: Indicadores para evaluar las capacidades individuales de los alumnos

Indicadores	Regular (%)	Buena (%)	Muy buena (%)
Internalización de conceptos	7	10	83
Capacidad de comunicación oral	8	11	81
Seguridad en el desempeño del TPL	10	15	75
Comprensión de los factores que influyen en el problema que deben resolver	5	9	86
Resultados en las evaluaciones escritas estructuradas.	7	13	80
Desarrollo de criterio	6	15	79

Se determinó que los estudiantes se volvieron más autónomos, creativos y contestaron las consignas con mayor seguridad a medida que el cuatrimestre avanzó. Además, esta herramienta permitió optimizar el trabajo en equipo, mejoró la capacidad de comunicación y satisfacción con el método de trabajo. Esta forma de abordar el aprendizaje les permitió internalizar mejor los conceptos y relacionarlos con los temas desarrollados en las clases teóricas y tomar conciencia de la importancia del entorno para resolver en forma eficiente un problema, lo cual se vio reflejado en las puestas en común a través del relato al resto de los compañeros, informes escritos y evaluaciones escritas estructuradas.

En los TPL control, se determinó que los estudiantes muy pocas veces discutieron el tema (30 %), no realizaron búsqueda de información adicional y no fueron creativos para analizar y realizar el TP. Se limitaron a seguir el protocolo descrito en la guía, sin espíritu crítico. Así mismo, desde el punto de vista de las capacidades individuales que desarrollaron los estudiantes se determinó que la internalización de los conceptos fue buena (55%) o regular (45%), lo que estuvo relacionado con los resultados de las evaluaciones escritas, en relación a esos temas tomados como control.

De acuerdo a lo observado por otros autores [4], es muy importante que las instituciones universitarias basen su educación en competencias, ya que de esta manera se prepara a los alumnos para ser capaces, en forma eficaz y eficiente, de aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad de manera práctica en la construcción o el desempeño como profesionales que desarrollarán sus actividades en el medio.

Al realizar las encuestas los estudiantes manifestaron estar de acuerdo y conformes con la metodología aplicada ya que los ayudó a comprender mejor los temas y lograr un aprendizaje significativo, tal como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3: Resultados de la encuesta realizada a los estudiantes sobre el sistema de aprendizaje planteado

Indicador	Siempre (%)	A veces (%)	Nunca (%)
En qué grado logró satisfacción al realizar el TPL mediante la resolución de problemas	90	10	--
Considera adecuado el desarrollo de los TPL con esta metodología?	95	5	--
A su juicio la estrategia utilizada empleada le ayudó a una mejor internalización de los conceptos?	96	4	--

## **Conclusiones**

A través de este trabajo se observó que el uso de la estrategia del aprendizaje basado en problemas en el contexto de la asignatura Análisis y Control de Alimentos mejoró significativamente el desempeño de los estudiantes a través de la resolución de situaciones problemáticas, ya que favoreció la comprensión de los temas, la interacción grupal, la integración de los contenidos, mejorando al mismo tiempo la creatividad y la comunicación.

Esta herramienta mostró ser muy útil y adecuada para la preparación del ejercicio profesional de los estudiantes de ingeniería en alimentos, ya que contribuyó al acrecentar el rendimiento académico, la internalización e integración de conocimientos adquiridos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## **REFERENCIAS**

1. J.I. López Ruiz. Un giro copernicano en la enseñanza universitaria: formación por competencias. *Revista de Educación*, 356. Septiembre-diciembre (2011) pp. 279-301.
2. C. R. López. La planificación de la enseñanza por competencias. *INNOVACIÓN EDUCATIVA*, nº 20 (2010) pp. 77-88.
3. L. Pollicina; E. Mosconi; G. Bustichi; J. Varela. "Estrategia de aprendizaje basado en problemas para elevar el rendimiento académico". *Memorias de las 2º Jornadas Sobre las Prácticas Docentes En La Universidad Pública*. (2018) p.1209-1018.
4. S. Generoso; S. Macías; S. Rodríguez. "El uso de situaciones problemáticas como herramientas para alcanzar competencias profesionales". *Memorias de las 2º Jornadas Sobre las Prácticas Docentes En La Universidad Pública*. (2018) p. 2039-2049.

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**DISEÑO DE SITUACION DE INTEGRACION: GEODINAMICA EXTERNA**

**Silvina Echazú Lamas<sup>(1)</sup>, Marianela de Paul<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup>*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.*

*\*Correo Electrónico (autor de contacto): [sechazu@hotmail.com](mailto:sechazu@hotmail.com)*

**RESUMEN**

*La propuesta de este trabajo es integrar todos los conceptos relacionados con la denudación, la geomorfología, procesos de remoción en masa, formación de suelos y aguas subterráneas en una determinada área de estudio, analizar los fenómenos naturales que se producen en la misma y la problemática que afectan a las poblaciones a través del modelo de Situaciones de Integración.*

*A partir de estos antecedentes, los estudiantes de ingeniería, como conclusión de la investigación, pueden realizar un análisis crítico y plantear posibles soluciones geotécnicas.*

*Para ello se conforman equipos de trabajos, los cuales presentan: un informe escrito bajo un formato académico y una presentación oral. Cada uno de ellos es evaluado a través de rubricas.*

**ABSTRACT**

*The proposal of this work is to integrate all the concepts related to denudation, geomorphology, mass removal processes, soil formation and groundwater in a given area of study; analyze the natural phenomena that occur in it and the problems that affect populations through the Integration of Situations model.*

*From this background, the engineering students, as a conclusion of the investigation, can carry out a critical analysis and formulate possible geotechnical solutions.*

*For this purpose, work teams are formed which present a written report following an academic format and an oral report. Each of them is evaluated through rubrics.*

**Palabras Claves:** *geodinámica externa, situación de integración, rúbricas, geotecnia*

**Introducción**

De acuerdo a CONFEDI [1] el concepto de competencia “Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales”.

Es decir, el elemento central para desarrollar competencias pasa por la movilización, articulación e integración de los saberes conocer, hacer y ser, en un determinado contexto [2]. Considerando que los momentos principales de aprendizaje: aprender los recursos y participar en actividades de integración y de evaluación formativa permiten aprender cómo movilizar los recursos en situaciones complejas [3].

La asignatura Geotecnia I está diagramada en tres partes: la primera parte corresponde al reconocimiento de los minerales y rocas, la segunda parte corresponde a diferentes procesos endógenos y por último a procesos exógenos asociados a la geodinámica externa, que dan origen a los suelos (meteorización, erosión, procesos de remoción en masa). Para esta última parte se proponen los siguientes resultados de aprendizaje:

RA1: Determinar los diferentes procesos geológicos externos e internos para su aplicación en una zona de investigación determinada para un futuro proyecto civil mediante la investigación y reconocimiento del territorio in situ.

RA2: Distinguir los diferentes tipos de suelos que se generan a través de procesos de meteorización y denudación en función de las características del medio ambiente.

Para alcanzar estos resultados de aprendizajes se propone integrar estos temas aplicando el modelo del Diseño de Situaciones, donde los alumnos, además, podrán desarrollar competencias como el aprendizaje autónomo, el trabajo en equipo y el espíritu crítico.

## Metodología

Roegiers [4] propone la integración de los conocimientos en los alumnos, como la articulación de diferentes conocimientos y movilizarlos en situación de: conocimientos particulares, conceptos, saber-hacer, reglas, procedimientos, etc. Por otra parte, término “situación” se utiliza en el sentido de “situación problema”, considerando un conjunto de actividades que debe articular. Para ello, se establecen los siguientes aspectos: las características, los constituyentes y el carácter significativo de la situación

I) Las características de una situación son :

- La integración: de competencias (saber ser) y el englobe diferentes temáticas o áreas (conocer)
- La producción esperada: corresponde a la respuesta, solución del problema, etc, planteada por el alumno o alumnos. Cada actividad tendrá un sello particular
- El carácter de pedagógico es decir que el alumno toma el problema como propio.

II) Los constituyentes de una situación son tres elementos discursivos:

- El soporte es el conjunto de elementos materiales presentados al alumno: texto escrito, documentación
- La tarea es la anticipación del producto esperado.
- La consigna es el conjunto de instrucciones de trabajo entregada al alumno de manera explícita.

III) El carácter significativo de una situación está vinculado al esfuerzo del estudiante dispuesto a aceptar los desafíos. Se puede considerar que el carácter significativo puede aparecer en diferentes niveles y están relacionados a los constituyentes de la situación (contexto, tarea).

## Diseño de situaciones de Integración

### Tema: Geodinámica Externa

I) Características de la situación

*Integración de saberes:* Minerales y rocas ígneas, sedimentarios y metamórficos, estructuras geológicas y macizos rocosos, denudación, suelos y aguas subterráneas

*Saber Ser:* Trabajo en equipo (designación de roles, responsabilidades, cooperación), espíritu crítico

*Producción esperada:* Integrar los contenidos de la asignatura en una localidad

Analizar los antecedentes del lugar de estudio en bibliotecas digitales y paginas instituciones como SEGEMAR e INPRES, como diferentes investigaciones (tesis, papers)

*Situación a-didáctica:* permitir a los alumnos profundizar los diferentes temas (geomorfología, suelos, aguas subterráneas, etc.) búsqueda de información, material bibliográfico en bibliotecas virtuales libres que permitan generar la base de informes de características generales de una determinada zona.

II) Constituyentes de la situación

Este trabajo de integración permite a los alumnos realizar un cierre de la asignatura englobando todos los temas de la asignatura, relacionando las ciencias naturales como la geología y sus diferentes ramas (geomorfología, estructural, etc.) con la ingeniería civil.

Los alumnos que cursan esta carrera proceden de diferentes localidades del NOA, es por ello, que se asignan para la investigación los lugares natales de manera de generar empatía con el sitio y de esa manera conocer en profundidad sus raíces. Por otra parte, permite analizar las necesidades de infraestructuras condicionadas a las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio.

*Tareas y consignas del trabajo de integración*

a) Trabajo de Integración.

El trabajo consistirá en la investigación de una localidad considerando los siguientes temas:

- Determinar a qué **provincia geológica** pertenece la localidad asignada. Colocar límites y características generales de la misma.
- Describir y determinar los **tipos de rocas** que aparecen en la región. (Utilizando las Hojas geológicas de la zona)
- Procesos de **Meteorización** relacionados con el clima (temperatura, viento, Lluvia), tectónica, rocas y vegetación. (Describir los procesos involucrados detalladamente)

- **Suelo:** relacionar la descripción los puntos anteriores para determinar los factores formadores de los suelos y tipo de suelo resultante.
- **Geomorfología** de la zona, determinar características generales, procesos erosivos, paisajes de erosión y acumulación.
- **Procesos Gravitacionales:** determinar si en la zona han ocurrido procesos, clasificarlos y explicarlos. Si no hay información, en base a las características de la región determinar dos procesos que consideren que podría afectarla
- **Aguas subterráneas:** conseguir información sobre los acuíferos, o si existen pozos realizados en la zona y determinar profundidad de la freática, etc. Si no hay información, en base a las características de la región determinar en qué zona podría haber acuíferos y a que tipo pertenecería.

Se conformarán grupos en cada comisión de 5 a 6 alumnos, designando un coordinador por grupo.

Para el desarrollo de trabajo se realizará un documento cooperativo para observar el aporte de los diferentes integrantes del equipo.

La presentación escrita se diagramará de acuerdo a los temas indicados en el párrafo anterior, teniendo en cuenta un formato de trabajo de congreso sugerido por la cátedra subido a la plataforma Moodle.

*b) Trabajo de Integración -Video o ppt animado*

Seleccionar los conceptos más relevantes de la investigación en video o presentación ppt con animación.

La duración no deberá exceder los 20 minutos.

Ambas actividades serán subidas a la plataforma o en su defecto el link correspondiente para su visualización

### III) Carácter significativo

. El carácter significativo en este trabajo está dado por:

- Constituye la base de un informe de impacto ambiental que es requerido para la realización de proyectos de diferentes obras civiles.
- El conocimiento de las ciencias naturales, en particular de la geología y sus diferentes ramas relacionadas con la ingeniería (petrología, geomorfología, estructura, aguas subterráneas y suelos), permite definir parámetros de diseño de las obras civiles .
- Las condiciones geológicas y geotécnicas de un sitio definen la permanencia de las obras, por lo tanto, conocer las mismas es fundamental para evitar fallas o desastres que afecten a vidas humanas como las construcciones en general.

A continuación se adjuntan las rúbricas para las tareas previstas (Tabla 1 y Tabla 2)

	Principiante	Básico	Autónomo	Avanzado
Realiza una introducción considerando los objetivos del trabajo 5	Poca información	Contiene información general	Introducción completa, omite detalles	Introducción completa, Bien escrita
Delimita la zona de estudio en función de los datos de Provincia Geológica 10	No presenta detalles	Presenta detalles generales	Presenta casi todos los detalles, con algunas omisiones.	Presenta todos los detalles importantes
Describe e identifica las principales macizos rocos y roca (-Litología )10	Idem anterior	Idem anterior	Idem anterior	Idem anterior
Describe los procesos de Meteorización asociados a las condiciones climáticas que afectan a las rocas del lugar 15	Explicación Figuras, grafico incorrectos	Explicación Figuras, gráficas correctas con limitaciones	Explicación Figuras, gráficas correctas con detalles	Explicación Figuras, gráficas correctas adicionando información aclaratoria
Describe los factores asociados a la formación de los Suelos 10	Idem anterior	Idem anterior	Idem anterior	Idem anterior
Identifica los principales paisajes de acuerdo a los agentes dinámicos 10	Idem anterior	Idem anterior	Idem anterior	Idem anterior
Identifica los principales Procesos Gravitacionales según materiales 15	Idem anterior	Idem anterior	Idem anterior	Idem anterior
Identifica fuente de provisión de Aguas subterráneas 10	Idem anterior	Idem anterior	Idem anterior	Idem anterior
Elabora Conclusiones de acuerdo a la investigación realizada 10	No corresponde	Conclusión limitada	Conclusiones básicas con poca precisión.	Conclusiones claras y concisas
Respeto el formato del trabajo 5	No cumple	Parcialmente	Cumple con algunos detalles.	Totalmente

Tabla 1: Rúbrica de evaluación del informe escrito

	<b>Principiante</b>	<b>Básico</b>	<b>Autónomo</b>	<b>Avanzado</b>
Presenta textos apropiados a la temática	Sin escala adecuada	Exceso de textos	Adecuada información	Muy buena elección de la información
Presenta imágenes apropiada para la temática	Fuera de escala	Tamaños excesivos	Tamaño adecuado	Excelente distribución de imágenes
Contenidos y estructuración de la presentación	Presentación confusa o muy larga	Presentación que no llega a completar la información	Presentación adecuada en tiempo y forma	Presentación que brinda el total de la información con el tiempo estipulado

Tabla 2: Rúbrica de evaluación de la exposición o presentación

## Resultados

Desde la implementación de este trabajo, se realizan encuestas de seguimiento a los alumnos y la evaluación integral ( informe escrito y presentación oral) por parte de los docentes se observan los siguientes resultados: el 100% de los grupos logran desarrollar trabajos de integración bajo la guía y dirección del docente el 100% los alumnos que llegan a esta instancia promocionan la asignatura, dada que esta actividad es la evaluación final.

el 70% de los grupos interpretan las consignas en forma inmediata, el 30% requiere mayor atención docente para alcanzar los resultados de aprendizajes propuestos.

el 70% de los grupos generan producciones donde aportan creatividad, manejo de las tecnologías

el 50% de los grupos requieren ajustar los tiempos de presentación.

## Conclusión

A partir de la implementación de este modelo de Situaciones de Integración, se puede concluir que:

- Este modelo es adecuado para la integración de diferentes áreas o cierre de un determinado tema.
- Los alumnos logran integrar tanto las competencias sociales, actitudinales con las específicas.
- Los grupos identifican un líder, quien los organiza y lleva a cabo la tarea de coordinación entre ellos.
- Cada trabajo es el resultado de un desafío diferente que es resuelto con criterios diferentes, reflejando el interés y la impronta de cada grupo.
- El docente cumple el rol de facilitador y guía para poder llevar a delante la búsqueda de la información.
- El uso de rúbricas permiten la realización una evaluación cuantitativa y cualitativa evitando cualquier tipo de subjetividad.
- El plazo propuesto es ajustado, pero es una forma de fijar límites, sino se dilatan las presentaciones.
- El estudio geológico - geotécnico de la zona de implantación de una obra es la base para la perduración de las mismas en el tiempo.

## REFERENCIAS

1. CONFEDI, “Competencias genéricas. Desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina”. San Juan, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, 2006
2. V. Kowalski et al. Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias Módulo 3: Sistema de Evaluación de Competencias. Misiones, 2018.
3. A. Mastache et al. “Formar personas competentes. Desarrollo de las competencias tecnológicas y psicosociales.” Ed. Novedex, pag.245,2009
4. X. Roegiers,, “Pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza”. San José: Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECL. Colección IDER (Investigación y desarrollo educativo regional),2007

## RESTRUCTURACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO. SECUENCIA DIDÁCTICA: AISLAMIENTO DE ADN Y ELECTROFORESIS EN GEL DE AGAROSA

Lencina M.F.<sup>(1)\*</sup>, Corral L.,<sup>(1)</sup> y Tereschuk M.L.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Cátedra de Química Orgánica, Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, Tucumán, Argentina.

\*Correo Electrónico: [mflencina@herrera.unt.edu.ar](mailto:mflencina@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

A la luz de los nuevos estándares de CONFEDI planteados en 2018 para las Ingenierías, en especial para la carrera de Ingeniería Biomédica que se dicta en FACET-UNT, se hace necesario replantear ciertos aspectos teóricos y cambios de denominación además de atender a desarrollos en las prácticas de laboratorio con nuevas estrategias y planteos en nuestras clases. Al ser Química Orgánica y Biológica asignatura básica en los nuevos estándares, cobra mayor importancia el planteo del desarrollo de habilidades particulares de laboratorio. Es claro que la pandemia COVID-19, nos ha atravesado desde muchos lugares y que a partir de la virtualidad forzada por las circunstancias de confinamiento, tratando de reinventar los aprendizajes, hemos aprendido algunas formas de comunicación virtual que aún no habíamos explorado. Entonces, al volver a la presencialidad, un modelo híbrido ha quedado como parte de nuestro bagaje de estrategias y entonces surge plantear una nueva secuencia didáctica que, según Sanjurjo, trae cuatro momentos del aprendizaje: construcción, elaboración, ejercitación y aplicación. El tema elegido para el desarrollo de la práctica de laboratorio: Aislamiento de ADN y electroforesis en geles de agarosa, es de vital importancia tanto en la Biología como en la Química Biológica y además es una práctica exclusiva de la carrera de Ingeniería Biomédica de FACET-UNT.

### ABSTRACT

The new CONFEDI standards raised in 2018 for Engineering, especially for the Biomedical Engineering degree (FACET-UNT), make it necessary to rethink certain theoretical aspects in order to attend to developments in laboratory practices involving new strategies and approaches in our classes. As Organic and Biological Chemistry is a basic matter for the new standards, the approach to the development of particular laboratory skills becomes more important than ever. It is clear that the COVID-19 pandemic has crossed us from many places and that from the virtuality forced by the circumstances of confinement, trying to reinvent learning, we have learned some forms of virtual communication that we had not yet explored. Then, when returning to classroom training, a hybrid model has remained as part of our baggage of strategies, and then a new didactic sequence arises, according to Sanjurjo, with four moments of learning: construction, elaboration, exercise, and application. The theme is chosen for the development of the laboratory practice: Isolation of DNA and electrophoresis in agarose gels, is of vital importance in both Biology and Biological Chemistry and is also an exclusive practice of the FACET Biomedical Engineering career. UNT.

**Palabras clave:** Educación, Secuencia Didáctica, Química Biológica, ADN, electroforesis.

### Introducción

#### Planteo de la problemática

La carrera de Ingeniería Biomédica (FACET-UNT) comenzó a dictarse en el año 2002 y su plan de estudios definitivo se estableció en 2004, siendo al momento el plan de estudios vigente. La carrera tiene actualmente

en la asignatura Química Orgánica, el único referente teórico-práctico para el conocimiento de la naturaleza química de las biomoléculas (hidratos de carbono, lípidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, entre otros). Química Orgánica está situada en el módulo III de la carrera (primer cuatrimestre de segundo año).

Durante el año 2018 el CONFEDI se reunió para plantear nuevos estándares para las ingenierías del país, y de estas reuniones, emanaron de CONEAU resoluciones para realizar cambios de fondo en las carreras. De acuerdo a las modificaciones realizadas por la Res 2021-1555-APN-ME (Anexo I) en la que se establecen los nuevos estándares de acreditación para Ingeniería Biomédica /Bioingeniería (<https://www.coneau.gob.ar/coneau/acreditacion-de-carreras/carreras-de-grado/convocatorias/proyectos/ingenieria/>), nuestra asignatura quedaría dentro de los bloques de conocimiento de las Ciencias Básicas de Ingeniería Biomédica. En este sentido, como parte de los Descriptores de Conocimiento se encuentra la Química Orgánica y Biológica, lo que presupone la construcción de saberes para el ciclo superior o de formación profesional.

En 2021, se propuso un cambio curricular para 2023, en el que la asignatura Química Orgánica pasaría a llamarse “Química Orgánica y Biológica”, aumentando su carga horaria de 80 a 96 hs cuatrimestrales, lo que denota la importancia que esta materia tiene en la carrera. Por ello, y siendo necesario una modificación o proceso de revisión y reestructuración de la asignatura, es que se propone repensar la práctica de laboratorio como estaba planificada. Para ello, se plantea una secuencia didáctica completa a partir de un tema central de la Química Biológica y la Biología como es el conocimiento de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), poniendo foco en la obtención y detección de ADN. Estamos convencidos que esto llevará a un mejoramiento del proceso de formación de los futuros Ingenieros Biomédicos, para lograr un profesional competitivo con alto nivel de compromiso en el desarrollo de la región y el país [1].

### Marco teórico

Durante 2020-2021, la pandemia de Covid 19, atravesó todas las instancias de nuestra vida, y las áreas de salud y educación se vieron fuertemente alteradas. Ante el cierre global de instituciones educativas presenciales, en la mayoría de los países se asumió la decisión de diseñar modos de dar continuidad pedagógica apelando a la infraestructura tecnológica, saberes previos de gestores y docentes, posibilidades y características de cada institución.

Fue así que se generó un cambio radical y abrupto, priorizando; en la mayoría de los casos, diseños de propuestas que intentaron emular aquello que ya se venía realizando en la presencialidad; pues lógicamente era lo conocido, tanto para quienes asumían tareas de gestión como para docentes, estudiantes y las propias familias [2].

A partir de la enseñanza remota de emergencia impuesta durante el ASPO (aislamiento social preventivo y obligatorio) nuestras prácticas de laboratorio mutaron totalmente a experiencias que pudieran realizarse en los domicilios particulares de nuestros alumnos. Al volver a la presencialidad se migró hacia un periodo de transición con un modelo híbrido. En la enseñanza híbrida el uso del tiempo presencial se convierte en un recurso muy valioso. Por ello, actividades que en las clases tradicionales se realizaban de modo presencial – como la lectura de un texto, mirar un video e inclusive una presentación del docente (grabado en video)– se trasladan a la modalidad remota. Una de las claves de la modalidad híbrida es el uso adecuado del tiempo presencial con actividades que requieran la presencia física del docente.

Las actividades presenciales y las sincrónicas remotas se reservan para diálogos y debates con temas ya introducidos antes, la revisión y resolución de ejercicios u ofrecer explicaciones complejas que requieran ejemplos, parafraseo, etc. Al mismo tiempo captar las reacciones de los estudiantes de una manera más directa para realizar los ajustes necesarios en el momento. Además, resulta más conveniente para favorecer las conversaciones personales priorizando el bienestar de los estudiantes y las actividades de socialización entre los estudiantes. También es propicia para actividades que procuran desarrollar competencias psicomotoras [3]. Las planificaciones de secuencias son el documento didáctico donde se reflejan los pasos, las estrategias y las tareas que un equipo docente ha pensado para enseñar y provocar determinados aprendizajes. Las secuencias didácticas deben estar formuladas orientadas por los momentos del aprendizaje: la **construcción**, la **elaboración**, la **ejercitación** y la **aplicación**, explicados por Liliana Sanjurjo [1]

### Secuencia Didáctica Propuesta

Objetivos didácticos:

- Realizar la técnica de extracción de ADN a partir de un producto natural o de un microorganismo.

- Aplicar la técnica de electroforesis en geles de agarosa para la detección de ADN.
- Trabajar en equipo de manera ordenada y siguiendo las normas de seguridad e higiene en el laboratorio

### Encuentro inicial presencial: (construcción)

Reflexión inicial en el laboratorio de Química Orgánica y Biológica, se comienza con el grupo sentado y se inicia preguntándoles lo siguiente y anotando en el pizarrón algunas de sus respuestas:

*¿Qué expectativas tienen para la clase y el tema? ¿Por qué creen que está incluido? ¿Cuál es la estructura del ADN, qué bases nitrogenadas lo conforman? ¿Es importante en nuestra profesión tener conocimientos del trabajo realizado en laboratorios bioquímicos?*

Luego se realiza la proyección del modelo de Watson and Crick y se da inicio a una breve clase donde se repasan los conceptos necesarios, ya desarrollados en la clase teoría, que serán utilizados en el laboratorio.

Posteriormente se inicia el debate sobre cómo el descubrimiento del ADN y las técnicas de laboratorio que permiten secuenciar y conocer los genes que lo componen, significaron un hito en la biología, en la medicina forense, en la antropología etc.

Se presentan en pantalla diferentes imágenes:

❖ Abuelas de Plaza de Mayo: creación de un Banco Nacional de Datos Genéticos (BNDG) de familiares de chicos desaparecidos, que en mayo de 1987 se convirtió en la ley N° 23.511.

❖ Proyecto Inocencia (EEUU 1992): organización legal que se ha comprometido a exonerar a personas condenadas erróneamente, mediante el uso de pruebas de ADN.

❖ La oveja Dolly 1996: fue el primer mamífero clonado a partir de una célula adulta.

Finalizado el debate, se desarrollarán aspectos teóricos de las técnicas de laboratorio a desarrollar en el siguiente encuentro. En este punto se hará hincapié en cómo las propiedades y reacciones de los grupos funcionales vistos en clases anteriores confieren las características más importantes del ADN.

Para la próxima etapa, se contará con el acceso a laboratorios de CONICET (PROIMI-Planta piloto de procesos industriales microbiológicos-) para la realización del laboratorio (Electroforesis en geles de agarosa para reconocimiento de ADN extraído)

### Trabajo virtual (elaboración y ejercitación)

En el aula virtual los estudiantes deberán elegir los grupos y horarios en los que visitarán PROIMI-CONICET para realizar las experiencias prácticas.

Para esta etapa deberán utilizar el material que estará disponible en el aula virtual (Moodle). Allí encontrarán material teórico de apoyo, guía de laboratorio y links con las experiencias de laboratorio a realizar:

<https://learn.genetics.utah.edu/content/labs/extraction/> en este link se presenta de manera virtual la extracción de ADN, con todos los materiales y elementos de laboratorios necesarios, los estudiantes deberán hacer click sobre los elementos o moverlos para poder continuar. Esta experiencia puede ser repetida cuantas veces se necesite <https://learn.genetics.utah.edu/content/labs/gel/> este enlace trabaja de manera análoga al anterior, pero con la técnica de electroforesis.

Debido a que el tiempo en el laboratorio estará limitado por la cantidad de horas que le podemos dedicar a la actividad y porque usaremos laboratorios de un instituto de CONICET externo a UNT; los links mencionados anteriormente permitirán que el alumno asimile los conceptos con mayor disponibilidad de tiempo y ejercite el laboratorio muchas veces con el fin de evitar dudas o pérdidas innecesarias de tiempo en la realización práctica del mismo.

### Segundo encuentro presencial: (aplicación)

Los grupos formados anteriormente asistirán a PROIMI el día acordado. Allí, luego de un repaso de las medidas de seguridad pertinentes procederán a la elaboración de la primera parte del laboratorio, la extracción de ADN. A cada grupo se le asignará una muestra biológica diferente, puede ser una muestra vegetal, un tejido animal o una colonia bacteriana. Durante todo el proceso de extracción estarán guiados por profesores de la cátedra y personal de CONICET. Una vez realizada la extracción por diversos métodos [4], se procederá al revelado de la misma por electroforesis. Para la electroforesis los grupos deberán preparar el gel de agarosa, conectar el equipo de electroforesis y colocar un colorante (Bromuro de etidio) luego realizar el revelado del gel en el transiluminador UV.

Evaluación: La evaluación de las técnicas de laboratorio se realizará en la plataforma Moodle y debe finalizar antes del segundo encuentro presencial, es condición necesaria para ingresar al laboratorio. La evaluación

virtual tendrá 7 preguntas y podrán realizarla tantas veces como sea necesario hasta certificar el conocimiento de las técnicas de laboratorio. Se realizará además una autoevaluación grupal con la siguiente grilla (Tabla 1), la misma será provista por los docentes al terminar la experiencia de laboratorio.

Tabla 1: Grilla de evaluación grupal

Pauta de evaluación	Alumno 1	Alumno 2	Alumno 3	Alumno 4	Alumno 5
Hizo uso adecuado del tiempo	D	D	S	S	I
Fue solidario con los compañeros					
Aportó soluciones a los conflictos planteados					
Fue puntual					
Fue ordenado en para registrar información y realizar el trabajo					
Demostró interés					
Fue responsable en realizar las tareas necesarias y asignadas					
Total					

D: destacado, S: suficiente, I: insuficiente

Finalmente, cada grupo deberá presentar un informe de laboratorio con los datos recopilados en la práctica y las conclusiones que pudieron sacar de la misma. El informe deberá ser entregado en formato digital en la plataforma virtual de la cátedra.

## Conclusiones

Nuestro propósito ha sido y es darle un sentido más amplio al trabajo práctico de laboratorio, eligiendo actividades que no sólo sean llamativas para el alumno de Ingeniería Biomédica, sino que éstas se orienten a la reflexión, favoreciendo un mejor desarrollo conceptual con el fin de lograr que el trabajo en el laboratorio sea una actividad cautivante, motivadora y pueda ayudar a lograr los objetivos de aprendizaje propuestos.

Estamos convencidos de que a través de esta propuesta, que integra estrategias para la construcción de conocimientos en el marco de una asignatura dentro de la nueva estructura curricular, como Química Orgánica y Biológica, y a la luz de los nuevos estándares para la carrera de Ingeniería Biomédica, podremos aportar al cambio de enfoque de la enseñanza experimental de manera que promuevan aprendizajes significativos, que propicien en los alumnos el interés real y profundo por la ciencia y la disfruten de manera responsable.

## Referencias

1. X. Rodríguez y L. Sanjurjo, "Volver a pensar la clase. Las formas básicas de enseñar", 2003, Homo Sapiens.
2. M.L. Bossolasco y R. Enrico. (2021). Clase 1 del Módulo Articulación de entornos educativos presenciales y virtuales. Diplomatura en estrategias y recursos para enseñar y aprender en la virtualidad. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
3. E. Gómez Caride, (2021) "¿Qué es el modelo híbrido y cómo ponerlo en práctica?" Documento N° 15. Proyecto Las preguntas educativas: ¿qué sabemos de educación? Recuperado de: <https://secureservercdn.net/198.71.233.106/rjh.422.myftpupload.com/wp-content/uploads/2021/06/15-Hibrido-nuevo.pdf>.
4. L. Martínez Martín, (2015) "Extracción de ADN. Experimento con reactivos de la vida cotidiana". Genética UAB. <https://www.studocu.com/co/document/universidad-internacional-de-la-rioja-en-colombia/biologia/laura-martinez-martin-2015-4-19p21-19/23721381>.

## MARCAS LINGÜÍSTICO-DISCURSIVAS EN TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS

María R. Bennasar<sup>(1)\*</sup>,

<sup>(1)</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, Tucumán, Argentina.

\*Correo Electrónico: mbennasar@herrera.unt.edu.ar

### RESUMEN

*Este trabajo intenta dar cuenta de algunos aspectos de la investigación sobre lectura en lengua extranjera (LE) que llevamos a cabo los docentes de inglés de la FACET, UNT, en el marco de nuestro proyecto de investigación. El objetivo de esta comunicación es mostrar las marcas lingüístico-discursivas de textos con secuencias descriptivas y explicativas [1], como secuencias dominantes y propias de las ciencias.*

*Sostenemos que la investigación en la práctica es una instancia fundamental para analizar aspectos ligados a la estructura y organización del discurso académico que podrían mejorar los niveles de comprensión en lectores principiantes de LE. Según Nassaji [2] el lector exitoso es capaz de comprender la organización textual y utilizar esta información de manera efectiva para afianzar la comprensión, tanto en Lengua Materna (LM) como en LE. De este modo, el conocimiento de la estructura y las características propias de la organización del género académico, junto con los procesos cognitivos que se activan durante la lectura, podrían mejorarla comprensión.*

*Para comprender un texto de especialidad es muy importante tener los conocimientos previos sobre lo que se está por leer, pero además es fundamental conocer las características propias de este tipo de texto partiendo de la base de que conocemos los aspectos gramaticales de la LM y obviamente de la LE.*

*Con el propósito de facilitar la comprensión, consideramos que es fundamental tener en cuenta las características textuales y las marcas lingüísticas de los textos científicos. En este sentido, la función del docente consiste en minimizar las dificultades o escollos que el lector puede encontrar durante la lectura haciendo explícitas las marcas textuales y discursivas y facilitando así las posibilidades de comprensión.*

### ABSTRACT

*This work accounts for some aspects on reading in English as a foreign language carried out at the FACET, UNT. The objective of this research is to show discourse and linguistic features in academic texts with typical explanatory and descriptive sequences [1]. As teachers of English at the FACET we intend to investigate those aspects related to the structure and organization of academic discourse that contribute to improve reading comprehension.*

*We hold that research in practice is fundamental to analyse some features related to the linguistic aspects mentioned above that could improve comprehension in foreign language starter readers. Thus, the knowledge of structure and text organization of academic genre along with the cognitive processes that arise during reading might eventually improve reading comprehension. According to Nassaji [2], successful readers are able to understand text organization and use that information effectively to reinforce comprehension both in first as well as in second language.*

*We believe that both, previous knowledge about science and the knowledge of scientific texts features are important in the process of comprehension provided that the reader has a good command of grammatical aspects on first and second language. Thus, the teacher's role aims at minimizing difficulties that the reader may find, eliciting text and discourse marks and making comprehension easier.*

## **Introducción**

Desde la lingüística textual se ha intentado desarrollar diversas clasificaciones de los textos considerando los rasgos comunes a muchos de ellos con el fin de establecer regularidades que permitan una descripción de los mismos.

Desde el punto de vista cognitivo, los esquemas prototípicos explican muchos aspectos de la comprensión y de la producción de textos y en tareas de comprensión y producción el conocimiento de estos esquemas permite utilizar estrategias para resolver problemas específicos. Así, en relación con los esquemas prototípicos, Adam [1] expresa que no se trata de una clasificación sino más bien de formas prototípicas que poseen las secuencias dentro de los textos. Su análisis respecto de los textos se encamina hacia una concepción abstracta de los mismos con una estructura compuesta por secuencias con una organización interna propia y relativamente autónoma que permite analizar los textos como estructuras heterogéneas con uno de sus componentes como forma dominante.

Adoptamos para esta investigación, el concepto de Adam de *secuencia textual* como una unidad estructural de base semántica. Este autor distingue cinco secuencias textuales prototípicas: la secuencia argumentativa, descriptiva, dialógica-conversacional, explicativa y la secuencia narrativa, aunque pueden coexistir dos o más según de qué tipo de textos se trate.

Con respecto a las secuencias textuales, observamos que aquellas que resultan relevantes para la caracterización de los textos en la clase de lectocomprensión son fundamentalmente la secuencia explicativa y descriptiva, aunque es posible encontrar también secuencias narrativas y argumentativas. Es interesante destacar la representación esquemática del prototipo de la secuencia explicativa-descriptiva que contempla las fases de planteamiento del problema, la fase resolutive y la conclusión, aunque no se espera que siempre se encuentren en el orden que aquí se expone. Por su parte, la secuencia descriptiva permite representar con palabras el mundo real proporcionando las características del objeto.

En relación con la secuencia explicativa destacamos que la misma consiste en hacer comprender al interlocutor una idea o concepto que le resulta ambiguo.

El principal objetivo de los discursos científicos es describir y explicar. Explicar va más allá de informar o exponer porque intenta demostrar y hacer comprender ciertos fenómenos sobre los cuales este tipo de texto aporta la información necesaria.

Respecto del rol de los géneros discursivos para la lingüística contemporánea, Shiro [3] explica que son fundamentales para lograr la optimización de los procesos de adquisición y enseñanza de lenguas maternas y extranjeras. La autora expresa que la clasificación de los géneros se basa en la combinación de tres criterios a saber, *intratextuales* que buscan las marcas lingüísticas (rasgos léxicos, tiempos y formas verbales, modo y modalidad); *extratextuales* que hacen referencia a los rasgos situacionales y a los contextos donde pueden aparecer ciertos géneros y *criterios funcionales* que se describen como una combinación de los anteriores puesto que permiten detectar propósitos comunicativos y la intencionalidad que subyace al texto. Adelstein y Kuguel [4], sostienen que los textos académicos son *textos especializados* que circulan en el ámbito universitario y de la investigación. Por su parte, los textos especializados son textos producidos en ámbitos específicos como por ejemplo las historias clínicas en medicina. Las autoras explican que dentro del conjunto de los textos especializados se encuentran *los textos académicos* que se producen en universidades y centros de investigación y que responden a convenciones propias de las diferentes áreas del conocimiento.

## **Materiales y Métodos**

El grupo de informantes que participó de esta experiencia estaba formado por el grupo de alumnos que en el año 2018 cursaban la asignatura Idioma Inglés (o equivalentes según el plan de estudio), de carácter anual y obligatorio, que corresponde al segundo o tercer año de las diversas carreras que ofrece la FACET de la UNT. El propósito final de la materia es que los alumnos sean capaces de desarrollar la habilidad de la lectura en inglés para acceder a bibliografía específica de cada especialidad.

El proceso de instrucción y la recolección de datos se llevó a cabo en las clases teóricas mediante la explicación y guía por parte de los docentes para analizar textos académicos partiendo de la base de las características propias de las secuencias descriptivas/explicativas que se encuentran en este tipo de textos.

De este modo, los instrumentos de análisis para esta etapa de la investigación fueron textos del área de la ciencia que se trabajaron siguiendo un instructivo donde se recomendaba identificar los rasgos o marcas textuales y discursivas en los textos analizados con el propósito de asociarlas con los textos académicos y científicos. Los alumnos debían llevar un registro de los marcadores discursivos y recursos lingüísticos que este tipo de textos utiliza a fin de identificarlos como rasgos típicos del discurso científico. Se tuvo en cuenta la combinación de los criterios intratextuales para buscar las marcas lingüísticas (rasgos léxicos, tiempos y formas verbales, modo y modalidad); los extratextuales que hacen referencia a los rasgos situacionales y a los contextos donde pueden aparecer ciertos géneros y los criterios funcionales que logran combinar los anteriores ya que permiten detectar propósitos comunicativos y la intencionalidad que subyace al texto.

## **Resultados**

Los datos recolectados en esta etapa de la investigación fueron considerados para ser utilizados en clases sucesivas puesto que se considera que arrojan resultados relevantes respecto del reconocimiento, por parte de los alumnos, de los rasgos lingüístico-descriptivos típicos de los textos de ciencia que podrían optimizar la comprensión en la lectura. Determinamos el contexto social donde se producen los textos o ámbito de circulación, como así también el nivel funcional según las funciones principales del lenguaje y finalmente la estructura prototípica para analizar los tipos de secuencia descriptiva/explicativa como secuencias dominantes.

## **Discusión**

Las características de los textos están en general relacionadas con las funciones o actividades del género mismo, de ahí la importancia de percibir y comprender las claves de contextualización que poseen los géneros de los eventos discursivos. Dichas claves nos aportan los aspectos sociales, temporales y espaciales que hacen posible la comprensión del evento y el significado de lo que subyace a algunas situaciones aun cuando seamos capaces de reconocer el significado que se connota. En este sentido podemos afirmar que las actividades didácticas llevadas a cabo durante esta etapa de la investigación nos permiten articular contenidos teóricos con una propuesta de análisis para trabajar los textos académicos en el área de la ciencia y diseñar actividades que permitan a los alumnos apropiarse de los contenidos y de los rasgos característicos de los textos académicos para comprender mejor los textos.

## **Conclusión**

A partir de las investigaciones llevadas a cabo en esta etapa podríamos concluir que la instrucción sistemática de los rasgos lingüístico-discursivos más significativos de los textos académicos del área de la ciencia, es un instrumento fundamental para que el docente pueda intervenir en el proceso de comprensión del alumno ya que contribuye a la adquisición de conocimientos en LE. Sabemos que el discurso académico-científico responde a una esfera muy específica de la actividad humana y posee rasgos típicos que deben ser enseñados para mejorar el proceso de comprensión lectora en textos de ciencias. Por lo tanto, cuando enseñamos inglés con propósitos académicos en el área de las ciencias es importante considerar el desarrollo de competencias comunicativas generales y de habilidades discursivas específicas que permitan a los aprendientes reconocer los rasgos lingüístico-discursivos de los textos que circulan en los ámbitos de especialidad.

## **Referencias**

1. J.M. Adam, "Les textes: Types et prototypes. Récir, description, argumentation, et dialogue"; Nathan Université (1992).
2. Nassaji, H. "Issues in Second-Language Reading: Implications for Acquisition and Instruction"; Reading Research Quarterly, vol. 46, no. 2, (2011), p. 173-84.
3. M. Shiro, P. Charaudeau y L. Granato, "Los géneros discursivos desde múltiples perspectivas: teorías y análisis"; Vervuert Verlagsgesellschaft (2012).
4. A. Adelstein, y I. Kuguel, "Los textos académicos en el nivel universitario". Universidad Nacional de General Sarmiento (2004).

## ACTITUDES HACIA LA MATEMÁTICA EN EL INGRESO UNIVERSITARIO

Héctor R. Tarifa<sup>(1)\*</sup>, Patricio O. Condorí<sup>(1)</sup>, José L. Medina<sup>(1)</sup>, Jaime I. Saravia<sup>(1)</sup> y C. Marcelo Pérez Ibarra<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca 10, Jujuy, Argentina.

\*Correo Electrónico: [hart969@hotmail.com](mailto:hart969@hotmail.com)

### RESUMEN

*En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al medir las actitudes hacia la matemática de los postulantes a ingresar, en 2022, a la Facultad de Ingeniería (UNJu). Para ello, se administró un cuestionario (tipo Likert) para identificar actitudes tanto positivas como negativas hacia el objeto actitudinal. Si bien los resultados obtenidos muestran que la mayoría de los encuestados tienen una actitud positiva, es necesario comprobar la influencia de esta predisposición con los resultados de las evaluaciones del Curso de Nivelación.*

### ABSTRACT

*This paper presents the results obtained by measuring the attitudes towards mathematics of the applicants to enter, in 2022, the Faculty of Engineering (UNJu). For this, a questionnaire (Likert-type) was administered to identify both positive and negative attitudes towards the attitudinal object. Although the results obtained show that the majority of those surveyed have a positive attitude, it is necessary to check the influence of this predisposition with the results of the evaluations of the Leveling Course.*

*Palabras clave: actitudes, matemáticas, medición, cuestionario, Likert*

### INTRODUCCIÓN

En educación, la formulación de estrategias y planificaciones y la adopción de distintos paradigmas pedagógicos tienen por objetivo crear un ambiente propicio para el proceso educativo. En particular, considerando que la enseñanza de las matemáticas es esencial en cualquier carrera de ingeniería, medir las actitudes hacia esta asignatura aporta información significativa para definir acciones pedagógicas que impacten positivamente en el rendimiento de los estudiantes. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al realizar una medición de las actitudes hacia la matemática de los postulantes a ingresar, en 2022, a la Facultad de Ingeniería (UNJu).

### ACTITUDES HACIA LA MATEMÁTICA

Si bien existe múltiples de definiciones del concepto “actitudes”, al momento de estudiarlas, compararlas y analizarlas sobre distintas personas o grupos es necesario contar con un modelo que las describa. Uno muy utilizado es el modelo tridimensional que considera que las actitudes están formadas por 3 componentes: afectivo (sentimientos de agrado/desagrado), cognitivo (percepción acerca del objeto actitudinal) y conductual (intenciones de acción) [1].

Algunos de los procedimientos más comunes para medir las actitudes son: a) directos o explícitos (observación directa, cuestionarios, escalas, entrevistas, etc.) y b) indirectos e implícitos (pruebas proyectivas, métodos observacionales, medidas de tiempo de reacción, etc.). En particular, una escala es un instrumento constituido por una lista de afirmaciones con las que el sujeto manifiesta su nivel de acuerdo o desacuerdo. De los diferentes tipos de escala (de ordenación, de intensidad, de diferencial semántico, entre otras) las más utilizadas en el estudio de actitudes son las de tipo Likert.

### ESCALA DE LIKERT

La escala tipo Likert es una escala aditiva, que corresponde a un nivel de medición ordinal, muy utilizada en investigación cuantitativa como instrumento de medición. Esta escala está compuesta de una serie de afirmaciones que representan la propiedad que el investigador está interesado en medir. Las respuestas a estas afirmaciones se categorizan en un espectro de acuerdo o desacuerdo que el encuestado elegirá según su preferencia. A cada categoría se asigna un valor numérico para obtener una puntuación final que indique la posición del sujeto respecto a la actitud o variable medida [2].

### EXPERIENCIA

Al finalizar el curso de ingreso de la Facultad de Ingeniería (FI) se propuso a los ingresantes que, de forma anónima, completasen un cuestionario de “Actitudes hacia la matemática”. Éste fue elaborado y validado por Mariana Alejandra Farías Mata [3] y se compone de 13 ítems que evalúan actitudes positivas y 14 negativas hacia la matemática, usando una escala multivaluada.

El cuestionario se implementó en el aula virtual Moodle (UNJu Virtual) asignada al Sistema de Ingreso de la FI, y estuvo disponible por 15 días tras finalizar el curso. De los 1470 postulantes matriculados en el aula, 658 participaron del cuestionario.

### RESULTADOS

Para procesar los datos se asignaron valores numéricos a la escala multivaluada propuesta, y así obtener un valor significativo que hiciera posible comparar e interpretar resultados. En la Tabla 1 se muestra la asignación realizada, obsérvese que en el caso de las afirmaciones *negativas* se invirtieron los valores para ponderar con mayor puntuación al “desacuerdo” con una actitud negativa.

Tabla 1. Asignación de valores a los tipos de respuesta

VALOR (POSITIVAS)	VALOR (NEGATIVAS)	RESPUESTA
0	4	TOTALMENTE EN DESACUERDO
1	3	EN DESACUERDO
2	2	INDECISO
3	1	EN ACUERDO
4	0	TOTALMENTE EN ACUERDO

Una vez cuantificados los resultados se definieron 5 categorías para clasificar la actitud de los encuestados. En la Tabla 2 se indican los intervalos de puntaje considerados para cada categoría, así como la cantidad y porcentaje de alumnos clasificados.

Tabla 2. Clasificación de respuestas del cuestionario “Actitudes hacia la matemática”

RANGO	ACTITUD	ALUMNOS	PORCENTAJE
0-21	MUY NEGATIVA	10	1,5%
22-42	NEGATIVA	52	7,9%
43-63	INDIFERENTE	261	39,6%
64-84	POSITIVA	296	44,9%
>=85	MUY POSITIVA	39	5,9%

En las Figuras 1 y 2 (afirmaciones positivas y negativas, respectivamente) se contrastan las respuestas registradas para cada afirmación.

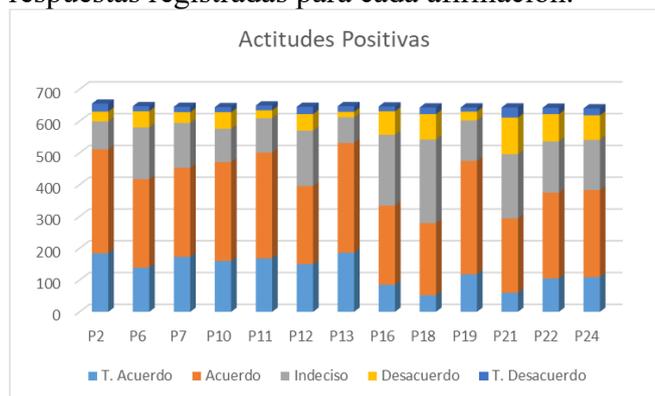


Figura 1. Comparación de resultados sobre actitudes positivas.

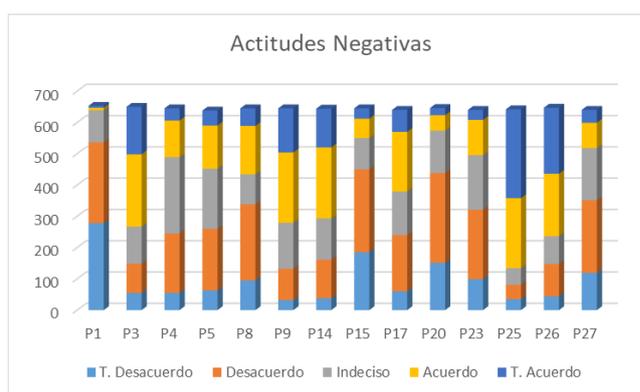


Figura 2. Comparación de resultados sobre actitudes negativas.

## DISCUSIÓN

Como puede observarse en la Tabla 2, el 51% de los estudiantes presenta una actitud positiva hacia la matemática, mientras que un 40% se mantiene neutral. Tratándose del ingreso a una facultad de ingeniería estos números son esperables. No obstante, sería interesante analizar si la actitud positiva o neutra tiene una correlación directa con los resultados de las evaluaciones del Curso de Ingreso. En las Figuras 2 y 3, puede observarse la proporción de tipos de respuesta por afirmación, lo que haría posible identificar aspectos o situaciones en los que la mayoría de los estudiantes coincide, ya sea que se trate de percepciones positivas o negativas hacia la matemática.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y su discusión se propone: a) aplicar otros instrumentos de recolección de datos para identificar más características de los alumnos; b) establecer la correlación entre los resultados obtenidos y el desempeño de los estudiantes; y c) aplicar otras técnicas de análisis de datos como minería de datos, análisis de redes sociales, análisis de componente principal, etc., para identificar perfiles, patrones o tendencias en el grupo de estudiantes.

## REFERENCIAS

1. Ursini, S., & Sánchez, J. (2019). Actitudes hacia las matemáticas. Qué son. Cómo se miden. Cómo se evalúan. Cómo se modifican. Ciudad de México, México: UNAM, FES Zaragoza.
2. Laguna, B., & Alberto, C. (2017). Diseño de un Instrumento Tipo Escala Likert para la Descripción de las Actitudes hacia la Tecnología por parte de los Profesores de un Colegio Público de Bogotá (Doctoral dissertation, Universidad Distrital Francisco José de Caldas).
3. Mata, M. A. F. (2015). Revalidación psicométrica del cuestionario de actitudes hacia la matemática en estudiantes universitarios. *Revista Evaluar*, 15(1).

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**RECONSTRUYENDO EL PROCESO DE EVALUACIÓN: INCORPORAR LA RÚBRICA  
EN EL SEMINARIO DE ENERGÍA DE BIOMASA EN INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
FORESTALES**

**Myriam E. Ludueña<sup>(1)\*</sup>, Amelia N. Giannuzzo<sup>(2)</sup>, Isabel Velázquez de Reyes<sup>(3)</sup>, Elisa  
Marchese<sup>(4)</sup>, María E. Carranza<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup>*Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Rutas N° 26 y N° 9 km 1134 4206 Villa El Zanjón, Santiago del Estero, Argentina.*

<sup>(2)</sup>*Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano S 1912, Santiago del Estero, Argentina.*

<sup>(3)</sup>*Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano S 1912, Santiago del Estero, Argentina.*

<sup>(3)</sup> *Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata, Avenida 124 y 51, La Plata, Buenos Aires, Argentina.*

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [mel@unse.edu.ar](mailto:mel@unse.edu.ar)

**RESUMEN**

*Durante el aislamiento social preventivo y obligatorio (ASPO) en el año 2020, se incorporó un trabajo final integrador tipo monografía, al proceso de evaluación que se venía realizando en el Seminario de Energía de Biomasa: trabajos prácticos y examen final. El conflicto emocional que genera en las y los estudiantes el examen final tradicional, en muchos casos, es condicionante en su vida académica. Las prácticas de evaluación propuestas como instancia de control y repetición de información no acercan a las y los estudiantes a situaciones problemáticas próximas a las que podrían encontrar en la vida profesional. En la vida real se presentan casos que exigen un trabajo en equipo de reflexión, reorientación, reformulación y reconstrucción en la resolución de problemas. La evaluación dentro del proceso de formación debe ser continua, constante y perdurable en el tiempo, como una herramienta que genera información para promover un desarrollo integral del proceso de transformación propiciando el crecimiento y articulación de aquellos sujetos involucrados con sus futuros contextos profesionales. Se realizó un diagnóstico de la evaluación durante el ASPO lo que permitió instrumentar una estrategia metodológica innovadora para la evaluación del proceso de aprendizaje teniendo en cuenta el proceso de enseñanza. Este paso es importante dentro del proceso formativo en el marco institucional pues necesita la certificación de los aprendizajes. Certificación pensada no para asignar calificaciones sino para completar los requerimientos administrativos -acreditación de cursada o final de un espacio curricular. El objetivo es rediseñar la propuesta de evaluación del Seminario de Energía de Biomasa, asignatura de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, a partir de concebirla como parte de los procesos de enseñanza y aprendizaje, diseñando una estrategia metodológica orientada a la incorporación de la rúbrica con criterios de evaluación.*

**ABSTRACT**

*During the preventive and mandatory social isolation (ASPO) in the year 2020, a monograph-type integrative final project was incorporated into the evaluation process that had been carried out in the Biomass Energy Seminar: practical work and final exam. The emotional conflict that the traditional final exam generates in students, in many cases, is a conditioning factor in their academic life. The evaluation practices proposed as an instance of control and repetition of information do not bring students closer to*

*problematic situations close to those they could find in professional life. In real life, cases are presented that require teamwork of reflection, reorientation, reformulation and reconstruction in problem solving. The evaluation within the training process must be continuous, constant and lasting over time, as a tool that generates information to promote an integral development of the transformation process, fostering the growth and articulation of those subjects involved with their future professional contexts. A diagnosis of the evaluation was carried out during the ASPO, which allowed the implementation of an innovative methodological strategy for the evaluation of the learning process, taking into account the teaching process. This step is important within the training process in the institutional framework since it requires the certification of learning. Certification designed not to assign grades but to complete administrative requirements -accreditation of course or end of a curricular space. The objective is to redesign the evaluation proposal of the Biomass Energy Seminar, a subject of the Faculty of Forest Sciences of the National University of Santiago del Estero, from conceiving it as part of the teaching and learning processes, designing a methodological strategy oriented to the incorporation of the rubric with evaluation criteria.*

**PALABRAS CLAVE:** *matriz de valoración, instrumento de evaluación, proceso de enseñanza y aprendizaje, proceso de evaluación, Seminario de Energía de Biomasa.*

## **Introducción**

El proceso de evaluación en la Universidad es un tema bien conocido, estudiado, analizado y que siempre queda abierto a nuevas intervenciones de los investigadores y las investigadoras para fortalecer, refutar o aportar con nuevas herramientas que acompañen este proceso tan importante. Este trabajo está orientado a rediseñar la propuesta de evaluación del Seminario de Energía de Biomasa, asignatura de la carrera de Ingeniería en Industrias Forestales, de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina, a partir de concebirla como parte de los procesos de enseñanza y aprendizaje, diseñando una estrategia metodológica con la incorporación de matrices de valoración cualitativa y cuantitativa. El trabajo se basa en un proyecto de innovación que interviene en los procesos de enseñanza y aprendizaje donde la evaluación se incorpora, siendo parte de estos procesos y promoviendo en forma constante la retroalimentación del instrumento de innovación. La rúbrica descrita como el asistente de la evaluación, construida teniendo en cuenta la programación total de la asignatura, será la encargada de brindar transparencia a los criterios planteados. La tendencia del trabajo docente es reflexionar acerca de lo importante que es llevar adelante una planificación en los procesos de enseñanza y aprendizaje reuniendo en ellos, la evaluación y transformarlo en la tríada enseñanza, aprendizaje y evaluación. En este proceso se debe incorporar claridad y transparencia en la comunicación de objetivos y criterios de evaluación, incluir tareas de evaluación que generen capacidad de reflexión y toma de decisiones consciente. Claramente lo menciona Barberà [2006] “en la evaluación para el aprendizaje el eje motor principal es la retroalimentación y el aprovechamiento que de ésta realizan los alumnos y los mismos profesores”.

## **Materiales y Métodos**

En el análisis del diagnóstico se realizó una entrevista semiestructurada a la profesora de cátedra, entrevista en grupo a las estudiantes y se aplicó la técnica de observación participante. A partir de este material se realizó una revisión de criterios de evaluación. Esto requiere una definición de los mismos de acuerdo a los objetivos que se pretenden abordar en función de la instancia en donde se aplican. Los criterios de evaluación hacen referencia a los aprendizajes logrados o buscados mediante ciertos procesos de enseñanza y en el Seminario de Energía de Biomasa los criterios se fundamentan en los contenidos de cada unidad temática de la programación. La matriz de valoración (rúbrica) es el documento que asistirá a la evaluación del Seminario de Energía de Biomasa distinguiendo los *criterios de evaluación* donde se recurre a las expectativas de logro de

las y los estudiantes, y los *indicadores* que describen la calidad de cada uno de los criterios en forma comprensible (“nivel iniciado”, “nivel en proceso”, “nivel avanzado”). Anijovich y Cappelletti [2017] sostienen que las rúbricas tienen algunas ventajas y las describe así: aportan transparencia cuando muestran en los descriptores la calidad de los desempeños y las producciones, orientan (como mapas de ruta) en el avance del aprendizaje, reducen la subjetividad del docente, permite la autoevaluación y revisión final sin tiempo limitado, promueve la evaluación entre pares, muestra las áreas para intensificar y estimula la responsabilidad. La evaluación, desde la construcción metodológica propone habilidades de aprendizaje autónomo y el trabajo colaborativo circulando por el mundo real. De esta forma los estudiantes pueden palpar problemas reales y poner en juego distintas habilidades y saberes para tomar decisiones, desarrollando la capacidad de autoevaluación, la coevaluación, y la autorregulación de sus actividades con avances, retrocesos logros y dificultades. Podríamos caracterizar a la rúbrica como instrumentos que permiten expresar, socializar y compartir dichos criterios. El diseño de la rúbrica implica tener en cuenta todos los aspectos anteriores y estar preparada o preparado para reorganizarla, en caso de construirla con las y los estudiantes.

### Resultados

Esta matriz de valoración (rúbrica holística) se presentará al inicio de la cursada a los estudiantes. En ella puede distinguirse la modalidad de evaluación, los niveles de calidad y se relatan los descriptores de cada criterio de evaluación. Para la construcción se tuvieron en cuenta los 9 criterios de evaluación, los descriptores y 3 indicadores de los niveles de calidad (Tabla 1).

Tabla 1. Rúbrica de evaluación del Seminario de Energía de Biomasa.

<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Nivel iniciado</b>	<b>Nivel en proceso</b>	<b>Nivel avanzado</b>
<b>Maneja definiciones y terminología técnica del TEMA 1.</b>	No maneja definiciones ni reconoce terminología	Conoce definiciones y diferencia terminología	Define y maneja terminología
<b>Relaciona los conceptos del TEMA 2.</b>	No distingue conceptos	Identifica y reconoce los diferentes conceptos	Maneja y relaciona los diferentes conceptos
<b>Presenta compromiso ambiental con el TEMA 3.</b>	Presenta desinterés con el tema ambiental	Se interesa por la temática ambiental	Determina su compromiso ambiental
<b>Incorpora conceptos del TEMA 4.</b>	Distingue conceptos	Maneja conceptos	Relaciona y maneja conceptos
<b>Aplica en laboratorio los conceptos del TEMA 5.</b>	No evidencia habilidades en el laboratorio	Maneja los materiales en laboratorio en forma adecuada y relaciona conceptos	Trabaja con idoneidad en laboratorio relacionando conceptos
<b>Identifica y mantiene relación conectora del TEMA 6.</b>	Identifica pero no mantiene relación conectora	Reconoce conceptos y los relaciona de forma adecuada	Analiza, relaciona, elabora y concluye relacionando conceptos
<b>Adquiere competencia sobre el TEMA 7.</b>	No manifiesta competencia sobre el tema	Evidencia competencia sobre el tema	Demuestra en forma clara la competencia adquirida en el tema
<b>Reconoce las diferentes proposiciones del TEMA 8.</b>	Identifica las diferentes proposiciones	Reconoce las diferentes proposiciones	Maneja, compara y concluye sobre las diferentes proposiciones
<b>Establece nexo entre los conceptos del TEMA 9.</b>	No reconoce conceptos	Reconoce conceptos	Relaciona, vincula y emite conclusiones sobre conceptos

## **Conclusiones**

Los resultados alcanzados en la entrevista semiestructurada a la docente a cargo, las entrevistas en grupo a estudiantes y la observación participante realizada por la auxiliar docente, se utilizaron para el rediseño del plan de evaluación donde se tuvieron en cuenta los aspectos comunicacionales, las instancias de evaluación y el sentimiento de comodidad y confianza en el ámbito de la cursada. El nuevo plan de evaluación donde se incorporó la rúbrica, refleja la modalidad de trabajo del equipo cátedra, donde en un ambiente de respeto y cordialidad se llevarán adelante las actividades de los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación. La rúbrica construida como asistente del proceso de evaluación del Seminario de Energía de Biomasa, resulta ser un instrumento en la retroalimentación y la autorregulación de los aprendizajes debido a que cada criterio de evaluación tiene en cuenta las habilidades, capacidades y competencias de los estudiantes considerando tres niveles de calidad planteados.

## **REFERENCIAS**

1. Anijovich, R. y Cappelletti, G., 2017. La evaluación como oportunidad. Ed. Paidós. 91 p.
2. Barberà, E. 2006. Aportaciones de la tecnología a la e-Evaluación. RED. Revista de Educación a Distancia. Año V. Número monográfico VI. Consultado 24 de marzo de 2021. [en línea] <http://www.um.es/ead/red/M6>.

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**EXPERIENCIA EN LA FORMACION DE LOS INGENIEROS 4.0 EN LAS CATEDRAS  
INGENIERIA DE SOFTWARE I, II Y III. FACULTAD DE TECNOLOGIA Y CIENCIAS  
APLICADAS-UNCA**

**Doria, María Vanesa<sup>(1)\*</sup>, Haustein, María Carolina<sup>(1)</sup> y Flores, Carola Victoria<sup>(1)</sup>**

*<sup>(1)</sup>Departamento de Informática, Facultad Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, Argentina. Caro-h@tecno.unca.edu.ar*

**RESUMEN**

*Las nuevas tecnologías constituyen la era digital considerada la cuarta revolución industrial, conocida también como Industria 4.0, que se caracteriza por la transformación de la manera en que las organizaciones fabrican, mejoran y distribuyen sus productos; fusiona tanto las tecnologías que se encuentran en prueba como las que están en desarrollo.*

*En la actualidad los profesionales del sector ya hablan de Ingeniería 4.0, un concepto que engloba los avances tecnológicos de: desarrollo e integración de sistemas, el internet de las cosas, el internet de la gente, Inteligencia artificial, el blockchain, inteligencia artificial, big data, open source, middleware, cloud, robótica, ciberseguridad, entre otros. De esto se desprende que los profesionales de la Industria 4.0 deben estar preparados para trabajar en equipo y con una constante que es el cambio continuo. En este contexto la formación de los ingenieros está cambiando, de tal forma que las universidades están implementando estrategias y acciones para adaptar las propuestas curriculares a los requerimientos de esta nueva revolución industria y por supuesto la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas tomó el reto de este cambio de enseñanza.*

*El presente trabajo se desprende del proyecto de investigación “La Tecnología de la información y Comunicación (TIC) y las competencias en la formación de los ingenieros informáticos 4.0. de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca.” Y muestra el trabajo realizado en conjunto con las cátedras Ingeniería de Software I, II y III para fortalecer las competencias que debe tener un Ingeniero egresado de nuestra Facultad.*

Palabras claves: Industria 4.0- cátedra ingeniería de software-ingenieros informáticos 4.0- educación 4.0

**ABSTRACT**

*New technologies constitute the digital age considered the fourth industrial revolution, also known as Industry 4.0, which is characterized by the transformation of the way organizations manufacture, improve and distribute their products; merges both test and developing technologies.*

*Currently professionals in the sector are already talking about Engineering 4.0, a concept that encompasses the technological advances of: development and integration of systems, the Internet of Things, the Internet of People, artificial intelligence, blockchain, artificial intelligence, big data, open source, middleware, cloud, robotics, cybersecurity, among others. It follows that Industry 4.0 professionals must be prepared to work as a team and with a constant that is continuous change. In this context the training of engineers is changing, so that universities are implementing strategies and actions to adapt curricular proposals to the requirements of this new industrial revolution and of course the Faculty of Technology and Applied Sciences took up the challenge of this teaching change.*

*The present work follows from the research project "Information and Communication Technology (ICT) and skills in the training of computer engineers 4.0. of the Faculty of Technology and Applied Sciences of the*

*National University of Catamarca." And it shows the work carried out in conjunction with the chairs Software Engineering I, II and III to strengthen the competences that must have an Engineer graduated from our faculty.*

Keywords: Industry 4.0- software engineering professor-computer engineers 4.0 - education 4.0.

### **Introducción**

La Educación 4.0 no es una pedagogía ni un modelo educativo, sino solo un enfoque que se puede ver reflejado en el modelo académico en términos de la estructura y la operación del currículo, que permite la vinculación con los sectores social y productivo, al mismo tiempo que promueve la generación de aprendizajes que les facilita tener experiencias para una exitosa inserción en el mercado laboral (Toro Gonzales, 2020). Las competencias que son requeridas para la educación 4.0 en estudiantes de educación superior, son variadas y están relacionadas con las competencias y habilidades que deben tener los profesionales para incursionar en el campo laboral en el marco de la mencionada Tecnología 4.0. El Foro Económico Mundial (2018) menciona que las diez habilidades o competencias genéricas necesarias para prosperar en la Industria 4.0 son: solución de problemas complejos, pensamiento crítico, creatividad, administración de personas, coordinación con otros, inteligencia emocional, juicio y toma de decisiones, orientación de servicio, negociación y flexibilidad cognitiva. (González-Hernández y Granillo-Macías, 2020). En particular en Argentina, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI 2017), ha consensado en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. En este contexto es que las Docentes de las cátedras Ingeniería de Software I, II y III han trabajado conjuntamente bajo la premisa de desarrollar en los estudiantes las competencias para un profesional 4.0.

### **Materiales y Métodos.**

Los docentes de las cátedras mencionadas realizaron una investigación exploratoria de diferentes fuentes bibliográficas con el objetivo de comprender las competencias mediáticas y profesionales que debe desarrollar el futuro profesional en Ingeniería Informática 4.0. Se utilizaron métodos comparativos y descriptivos para el análisis de los contenidos de las materias y se consensó en la realización de los trabajos vinculados que abordarán los conceptos fundamentales sobre las competencias en la formación de los ingenieros informáticos 4.0, con énfasis en el uso de las TIC, elemento imprescindible en el entorno educativo y en la educación 4.0 centrada en las capacidades, su importancia y las diversas metodologías, técnicas y herramientas que se encuentran disponibles.

- Población de estudio: alumnos de los espacios curriculares Ingeniería de Software I, II y III de la carrera de ingeniería en Informática de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas
- Unidad de Análisis: plan de estudio y currícula de la Carrera Ingeniería en Informática

### **Resultados**

Partiendo de que el aula de clase es un espacio oportuno para el estudio y abordaje de pedagogías que favorezcan los procesos educativos de la Carrera Ingeniería en Informática, es que se plantearon las consideraciones necesarias para posicionar las prácticas llevadas a cabo en las asignaturas Ingeniería de Software I, II y III de manera articulada, conforme el diseño curricular (Currícula Ingeniería en Informática – Facultad de Tecnología y Cs Ap. Plan 2011) utilizando el modelo TPACK. Para el análisis se consideraron los conocimientos genéricos del TPACK: contenidos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos. Mediante el uso de un problema guía como conductor de las actividades de enseñanza-aprendizaje del proceso de desarrollo y gestión de un proyecto de software diseñado y planteado por los profesores de las asignaturas para propiciar en los estudiantes la adquisición de una serie de competencias genéricas de egreso para los ingenieros.

A continuación, se muestra una tabla con algunas actividades que surgen del problema-guía y en que asignaturas la llevan a cabo los alumnos:

Actividad	Asignatura
Generar Informes escritos.	ISI - ISII – ISIII
Presentar el trabajo realizado en forma oral para ser puesto en consideración por sus compañeros y docente	ISI – ISIII
Trabajar en grupos para abordar el problema guía sobre el proceso de desarrollo de software.	ISI - ISII – ISIII
Analizar los requerimientos del cliente que solicita el sistema de información.	ISI
Realizar modelos de análisis (contexto del sistema y funciones)	ISI
Realizar los modelos de diseño (datos, procesos e interfaces).	ISII
Articular contenidos de las prácticas teniendo en cuenta las experiencias previas obtenidas en cada asignatura.	ISI - ISII – ISIII
Desarrollar un plan sistemático para abordar el desarrollo de software del problema guía.	ISIII

### Discusión

Para el pedagogo Philippe Meirieu la escena del aula de clase es rica en problemas y exige una actitud de estudio e investigación, lo que propició el estudio y abordaje del modelo TPACK para analizar cómo estamos brindando la enseñanza de la ingeniería de software integrando las TIC. La realización de este trabajo brindó un panorama claro de la utilización de TIC en las asignaturas de ingeniería de software I, II y III.

### Conclusión

La realización de este trabajo, ayudó a los estudiantes a conocer tanto sus fortalezas como debilidades, y a desarrollar nuevas competencias: como el trabajo en equipo, liderazgo, trabajar en contextos de cambio continuo. Y a los docentes a reflexionar que se esto es un comienzo y que se puede mejorar la formación de los futuros ingenieros en informática con el uso de las nuevas tecnologías, un camino que requiere mucha investigación, retroalimentación y trabajo en conjunto de los docentes de la carrera.

### REFERENCIAS

1. Toro González, J. (2020). Educación 4.0. ¿Modelos Educativo, Pedagógico o Didáctico. Revista Docencia Politécnica, número 2. (pp. 6-8).
2. González-Hernández, I. J. y Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la
3. CONFEDI (2017). Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería. Aprobado por Asamblea de Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI).
4. Currícula Ingeniería en Informática – Facultad de Tecnología y Cs Ap. Plan 2011.

## EVALUAR CON RÚBRICAS: PROPUESTA DE CAPACITACIÓN A DOCENTES UNIVERSITARIOS

María I. Korzeniewski<sup>(1)\*</sup>, Carola V. Flores<sup>(2)</sup>, Ana M. del Prado<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratorio de Investigación e Innovación en Educación (LIIE), Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 55, Catamarca, Argentina.

<sup>(2)</sup> Departamento de Informática, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 55, Catamarca, Argentina.

\*Correo Electrónico: [marisak@tecno.unca.edu.ar](mailto:marisak@tecno.unca.edu.ar)

### RESUMEN

Los nuevos estándares para las carreras de ingeniería, donde la enseñanza se basa en competencias, proponen replantear, entre otras cosas, el proceso de evaluación para ordenarlo con el logro de competencias.

Es por ello, que se hizo necesario capacitar a los docentes de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca (FTyCA), para poder abordar los desafíos del nuevo paradigma educativo con herramientas orientadas a la evaluación del aprendizaje basado en competencias. De ahí que se pensó en la utilización de rúbricas de evaluación como un instrumento que permite hacerlo ya que clarifica el alcance del proceso formativo de los estudiantes, brinda criterios de evaluación claros y conocidos que guían al estudiante en su proceso de aprendizaje y desarrollo de competencias. Pues, no sólo es adecuado para evaluar competencias en varios niveles, sino que genera al mismo tiempo retroalimentación directa para el estudiante.

En este trabajo se describe el curso de capacitación docente bajo modalidad virtual sobre plataforma Moodle diseñado para docentes de la FTyCA, cuyo objetivo es mostrar como una rúbrica puede utilizarse como estrategia didáctica formativa-evaluativa para el logro de competencias, habilidades y actitudes significativas en estudiantes universitarios

### ABSTRACT

The new standards for engineering careers, where teaching is based on competencies, propose rethinking, among other things, the evaluation process to order it with the achievement of competencies.

For this reason, it became necessary to train the teachers of the Faculty of Technology and Applied Sciences of the National University of Catamarca, in order to address the challenges of the new educational paradigm with tools aimed at evaluating learning based on competencies. Hence, the use of evaluation rubrics was thought of as an instrument that allows it to be done, since it clarifies the scope of the students' training process. Well, it is not only suitable for evaluating competencies at various levels, but also generates direct feedback for the student at the same time.

This paper describes the didactic sequence designed for a teacher training course under virtual modality on the Moodle platform, whose objective is to show how a rubric can be used as a formative-evaluative didactic strategy for the achievement of significant skills, abilities and attitudes in university students..

Palabras clave: Rúbricas, Estrategia Didáctica, Capacitación Docente, Evaluación, Competencias.

Keywords: Rubrics, Didactic Strategy, Teacher Training, Evaluation, Competencies.

## INTRODUCCIÓN

Una de las dificultades relacionadas a los procesos de evaluación es el desconocimiento de los criterios por parte de los estudiantes, que ha llevado a percibir la evaluación como un suceso arbitrario e incluso azaroso.

La rúbrica es un instrumento que permite conocer de antemano los criterios que se consideran para evaluar, la cual es una herramienta de evaluación para el docente y, además, es un referente dentro de una tarea, que los estudiantes pueden usar para valorar sus progresos y logros. Las rúbricas son tablas que desglosan los niveles de desempeño de los estudiantes en un aspecto determinado, con criterios específicos sobre rendimiento; indican el logro de los objetivos curriculares y las expectativas de los docentes [1].

La rúbrica al ser formativa es considerada una estrategia didáctica, que presenta una potencialidad pedagógica extraordinaria, por su funcionalidad y versatilidad de carácter formativo, evaluativo y autorregulador de las competencias que se requieran para el dominio cognitivo, de habilidades y actitudes en carreras de educación superior.

El uso de rúbricas facilita la formación en competencias, lo cual es fundamental en el nuevo modelo centrado en el estudiante, donde [2]:

- Informa al estudiante de los logros alcanzados y los que le queda por conseguir.
- Aporta retroalimentación inmediata mediante evidencias constatadas a través de criterios preestablecidos.
- Contrasta los procesos de enseñanza y aprendizaje con los resultados logrados.
- Resalta el carácter multidimensional de las competencias al integrar conocimientos, habilidades y actitudes.

Por otro lado, el docente diseña herramientas para recopilar información, a través de los instrumentos de evaluación, que permiten valorar el trabajo del estudiante bajo ciertos criterios establecidos de forma cuantitativa o cualitativa. Ejemplo de esto, son las evaluaciones escritas, lista de cotejo, las rúbricas, entre otras [3].

Estas técnicas e instrumentos permiten lograr un rol formativo del conocimiento, es decir forma parte del proceso de enseñanza-aprendizaje, cuya finalidad es mediar en la construcción de saberes, donde el estudiante es el protagonista [4].

Es sabido que bajo la modalidad e-learning y b-learning, es necesario desplegar estrategias didácticas de evaluación formativa para involucrar al estudiante en su proceso de aprendizaje. Este proceso, requiere sistematizar distintas herramientas como el trabajo de los estudiantes, exposiciones, pruebas escritas, observación directa, entre otros que permiten desarrollar la capacidad de reflexión y pensamiento crítico.

Es por ello, que esta propuesta pretende que los docentes de la FTyCA implementen las rúbricas en sus cátedras, también denominada matriz de valoración, como un instrumento de evaluación con carácter formativo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Considerando la naturaleza del objeto de estudio –diseño de la secuencia didáctica para un curso de capacitación docente bajo modalidad e-learning- es que esta presentación se basa en el paradigma investigación basada en diseño, denomina DBR, por sus siglas en inglés (design-based research) cuyo objetivo es la mejora del aprendizaje, mediante el diseño y desarrollo de la innovación educativa en los entornos de aula. Es decir, es una investigación intervencionista que genera nuevo conocimiento didáctico e incluye entre sus pasos el diseño, implementación y evaluación, del objeto de estudio, que en este caso es la secuencia didáctica del curso de capacitación.

En todas las unidades se presenta el material de forma atractiva a través de una presentación Genially - herramienta online para crear contenidos- donde se plasman objetivos, material de estudio realizado por los profesores de la cátedra, material de lectura obligatorio y también bibliografía complementaria. Esta capacitación se realiza totalmente en línea y se acompaña a los participantes durante todo el proceso de enseñanza aprendizaje. Se utilizan varios de los recursos pedagógicos que ofrece la plataforma y se habilitan espacios de prueba para configurar las herramientas trabajadas. Se prevé que al finalizar el Taller el participante podrá integrar los conocimientos adquiridos en el aula virtual de su especialidad, por lo que es importante la participación en debates, discusión en foros, trabajo colaborativo y trabajos individuales.

## DISCUSIÓN

El curso está implementado en la plataforma Moodle de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. El mismo es organizado por la Secretaría de Posgrado de la Facultad, bajo la modalidad taller y dictado a distancia. Su duración es de cuatro semanas, con una carga horaria de 30 horas, dictado entre junio y julio de 2022.

El objetivo de este Taller es que el docente se apropie de conceptos fundamentales de evaluación y desarrolle capacidades básicas y necesarias para evaluar contenidos en los entornos virtuales, con las herramientas que ofrece la plataforma Moodle.

El contenido está dividido en tres unidades:

- *Unidad 1. Evaluar con rúbricas.* El objetivo de esta unidad es que el docente comprenda la utilidad de la rúbrica como instrumento de evaluación formativa y diseñe rúbricas según la actividad a evaluar en el contexto de la asignatura que dicta.

*Actividades Propuestas:* a) Diseñar o adaptar una actividad para su asignatura donde estén especificados los resultados de aprendizaje (competencias, habilidades y conocimientos). b) Diseñar una rúbrica para evaluar la actividad propuesta donde deben considerarse la especificación de criterios que permitan evidenciar el alcance de los resultados de aprendizaje definidos.

Esta unidad es evaluada con una rúbrica con criterios para la actividad propuesta y su relación con la rúbrica diseñada.

- *Unidad 2. Implementación de una rúbrica en Moodle:* El objetivo de esta unidad es que el participante logre implementar en moodle rúbricas para la evaluación de tareas.

*Actividades propuestas:* la actividad consiste en implementar la rúbrica diseñada en la unidad anterior y simular entregas y calificaciones de tareas. Para lo que se usan aulas de prueba generadas en moodle para tal fin, donde los participantes puedan observar cómo es la vista de las rúbricas desde la óptica del estudiante y del docente.

En esta unidad se propone una actividad de autoevaluación con un formulario moodle, para comprobar si pudo finalizar la actividad propuesta.

- *Unidad 3. Actividad taller de moodle:* El objetivo de esta unidad es que los participantes puedan configurar una actividad en la modalidad taller con coevaluación.

*Actividades propuestas:* se solicita que en el aula de prueba cree y configure un taller para una actividad planteada, también el participante debe simular la coevaluación con un rol de estudiante de una actividad de otro compañero.

Para que los docentes experimenten las diferentes fases de un taller, trabajan en el aula virtual del taller y en dos aulas de pruebas. En una de ellas, están matriculados como estudiantes y en la otra están matriculados como docentes.

Al finalizar la actividad de cada unidad participan en un foro de cierre, reflexionando sobre la actividad realizada en la unidad.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta el diseño de una capacitación implementada en formato taller para que los docentes participantes experimenten en los distintos roles (como profesor y como estudiante) y dentro de las aulas de prueba las aristas de la heteroevaluación, la autoevaluación y la evaluación entre pares (coevaluación). De esta manera, las actividades son de carácter formativo como proceso sistemático en el que se recoge y analiza información para conocer los niveles de avance en el desarrollo de las competencias de los participantes.

Desde esta óptica, la evaluación permite una retroalimentación permanente del proceso enseñanza aprendizaje para desarrollar en el estudiante la capacidad de aprender a aprender, y con ello la capacidad de auto-regular los aprendizajes. Además es una forma que posee el docente de reforzar el aprendizaje durante el proceso, pudiendo realizar los ajustes necesarios, para guiar al estudiante a adquirir gradualmente la responsabilidad de su propio aprendizaje.

## REFERENCIAS

1. F. Gatica-Lara and T. Uribarren-Berrueta, “¿Cómo elaborar una rúbrica?” Investigación en educación médica, (2013), p. 61-65. (paper)
2. L. C. Velazco-Martínez and J. C. Hurtado, J. C. “Uso de rúbricas en educación superior y evaluación de competencias”. Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado, Vol. 22(2018), p. 183-208. (paper)
3. C. Hamodi, V. M. López y A. T. López. “Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior”. Perfiles Educativos, XXXVII (147) (2015), p.146-161. (paper)
4. U. R. Cukierman, “Aprendizaje centrado en el estudiante. Un enfoque imprescindible para la educación en ingeniería”. En Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería: experiencias en América Latina, Bogotá, ACOFI, (2018), p. 27-39. (paper)

## COMPETENCIAS EN LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS INFORMÁTICOS 4.0 DE LA FACULTAD DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA

**Poliche, Maria Valeria<sup>(1)\*</sup>, Soto Duran, Darío Enrique<sup>(2)</sup>, Vargas Agudelo, Fabio Alberto<sup>(2)</sup>,  
Herrera, Claudia<sup>(1)</sup>, Chayle, Carolina<sup>(1)</sup>, Doria, Vanesa<sup>(1)</sup> y Flores, Carola<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup>Departamento de Informática, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de  
Catamarca, Catamarca, Argentina

<sup>(2)</sup>Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. Medellín, Colombia

\*Correo Electrónico: [vpoliche@tecno.unca.edu.ar](mailto:vpoliche@tecno.unca.edu.ar)

### RESUMEN

*Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son herramientas que permiten el fácil acceso a la información y a la vez garantizan un aprendizaje didáctico con plena adquisición de conocimientos. La cuarta revolución industrial ha llegado de la mano de las nuevas tecnologías que conforman la era digital en la que se encuentra la industria actual. Esta revolución industrial conocida como Industria 4.0 está cambiando la formación de los ingenieros, de tal forma que las universidades implementan estrategias y acciones para adaptar las propuestas curriculares. Hay una conciencia clara de la importancia de formar especialistas en los nuevos ámbitos tecnológicos.*

*Las competencias que son requeridas en estudiantes de educación superior, son variadas y conjugan conocimientos, habilidades y actitudes que deben tener los profesionales para incursionar en el campo laboral en el marco de la mencionada Industria 4.0. En Argentina, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), ha consensuado un conjunto de competencias de egreso genéricas y específicas.*

*Por lo expuesto con anterioridad resulta necesario definir competencias de un Ingeniero en Informática de la FTyCA de la UNCA que logre establecer salidas ocupacionales diferenciables en el ámbito laboral, es decir, acordes con las demandas del sector productivo y los retos de la educación superior.*

*La formación de los profesionales relacionados con el desarrollo de software debe incorporar competencias en materia de pruebas que permitan contar con un personal en políticas y herramientas. A nivel académico no hay claridad en las competencias que deben ser incorporadas en el proceso de formación en el contexto universitario.*

*Por lo tanto, este artículo valida con la academia y la industria los perfiles ocupacionales y las competencias que necesita tener un ingeniero en informática en lo que respecta a pruebas de software para establecer un proceso de enseñanza-aprendizaje adecuado al mismo.*

### ABSTRACT

*Information and communication technologies (ICT) are tools that allow easy access to information and at the same time guarantee didactic learning with full knowledge acquisition. The fourth industrial revolution has arrived hand in hand with the new technologies that make up the digital era in which today's industry finds itself. This industrial revolution known as Industry 4.0 is changing the training of engineers, so that universities are implementing strategies and actions to adapt curricular proposals. There is a clear awareness of the importance of training specialists in the new technological fields.*

*The competencies that are required in higher education students are varied and combine knowledge, skills and attitudes that professionals must have to enter the labor field within the framework of the aforementioned*

*Industry 4.0. In Argentina, the Federal Council of Engineering Deans (CONFEDI) has agreed on a set of generic and specific graduate competences.*

*In view of the above, it is necessary to define the competences of a Computer Science Engineer of the FTyCA of the UNCA in order to establish differentiable occupational opportunities in the workplace, i.e., in accordance with the demands of the productive sector and the challenges of higher education.*

*The training of professionals related to software development must incorporate competencies in testing that allow having a staff in policies and tools. At the academic level, there is no clarity on the competencies that should be incorporated in the training process in the university context.*

*Therefore, this article validates with academia and industry the occupational profiles and competencies that a computer engineer needs to have regarding software testing in order to establish a teaching-learning process appropriate to it.*

*Palabras Claves: industria 4.0, competencias, ingenieros, informática, pruebas*

## **INTRODUCCIÓN**

La cuarta revolución industrial ha llegado de la mano de las nuevas tecnologías que conforman la era digital en la que se encuentra la industria actual. Esta revolución industrial, conocida también como Industria 4.0, se caracteriza por fusionar tecnologías actualmente en prueba o en desarrollo. El contexto actual de la Industria 4.0 está cambiando la formación de los ingenieros, de tal forma que las universidades implementan estrategias y acciones para adaptar las propuestas curriculares a los requisitos de la nueva revolución industrial.

La Educación 4.0 no es una pedagogía ni un modelo educativo, sino solo un enfoque que se puede ver reflejado en el modelo académico en términos de la estructura y la operación del currículo, que permite la vinculación con los sectores social y productivo, al mismo tiempo que promueve la generación de aprendizajes que les facilita tener experiencias para una exitosa inserción en el mercado laboral. [Toro Gonzales, 2020]. Las competencias que son requeridas para la educación 4.0 en estudiantes de educación superior, son variadas y están relacionadas con las competencias y habilidades que deben tener los profesionales para incursionar en el campo laboral en el marco de la mencionada Tecnología 4.0.

En el contexto de la Industria 4.0, identifican las competencias requeridas para profesionales de la Industria 4.0, tales como: pensamiento interdisciplinar, resolución de problemas, competencia cultural e intercultural, y aprendizaje permanente.

El Foro Económico Mundial [2018a] menciona que las diez habilidades o competencias genéricas necesarias para prosperar en la Industria 4.0 son: solución de problemas complejos, pensamiento crítico, creatividad, administración de personas, coordinación con otros, inteligencia emocional, juicio y toma de decisiones, orientación de servicio, negociación y flexibilidad cognitiva. [González-Hernández y otro 2020].

Según el proyecto Tuning, las competencias en el marco educativo se concebían como "los conocimientos, habilidades, actitudes y responsabilidades, que describen los resultados del aprendizaje de un programa educativo o lo que los estudiantes son capaces de (González y Wagenaar, 2003).

En particular en Argentina, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), ha consensuado en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer.

Se han planteado cuestionamientos sobre si la forma actual de enseñar ingenierías realmente cumple con las necesidades de los sectores industriales. Esto ocurre porque las empresas demandan una serie de nuevas competencias [Enke et al., 2018], que las instituciones educativas no han logrado cubrir con sus planes y métodos de enseñanza. Incluso, en trabajos realizados de diseño de currículas de carreras de ingeniería, se ha notado que si bien ciertas universidades ofrecen cursos orientados a tecnologías de Industria 4.0, estos no se encuentran integrados debidamente, sino que funcionan de una manera aislada dentro del plan de estudio

Uno de los objetivos del ingeniero en informática es el estudio y la aplicación de los métodos y procesos asociados al ciclo de vida del software con el fin de garantizar la calidad del producto. Se entiende por calidad del software el cumplimiento de los requisitos y/o necesidades para las que se construye el software, de forma que sus propiedades lo hagan útil para las personas. Siendo, el propósito de alto nivel de la ingeniería del software lograr productos de software con calidad.

La formación de los profesionales relacionados con el desarrollo de software debe incorporar competencias en materia de pruebas que permitan contar con un personal en políticas y herramientas.

En el mundo laboral, las pruebas de software demandan mucho personal, en las diferentes funciones profesionales del proceso de construcción. Por eso, la industria del software desarrolló la norma ISO/IEC 29119, con el objetivo de unificar diferentes enfoques que ya existían de la disciplina.

Sin embargo, a nivel académico no hay claridad en las competencias que deben ser incorporadas en el proceso de formación en el contexto universitario. Según los diferentes estudios sobre la definición de competencias en la formación del profesional informático, se puede evidenciar lo siguiente [Escalona, Tanja E., y Gutiérrez, 2012]:

- Existe un bajo porcentaje de contenidos asociados a procesos de pruebas en la formación académica.
- Las empresas afirman que los profesionales egresados no cuentan con competencias específicas en el ámbito de las pruebas de software.
- Hay mayor interés en los procesos y técnicas de desarrollo de software que en el aseguramiento de la calidad.
- entre otras.

## Materiales y Métodos

Esta investigación se desarrolló a través de un enfoque mixto donde se utilizaron componentes cuantitativos y cualitativos a los efectos de poder identificar los perfiles y competencias que requiere un estudiante en el proceso de pruebas de software. Primeramente se realizó una revisión bibliográfica sobre las pruebas de software mediante la revisión sistemática de fuentes secundarias de información. Seguidamente se identificaron las estrategias implementadas en el contexto educativo y empresarial para desarrollar competencias requeridas en el área de pruebas de software. Finalmente se diseñó una encuesta para ser aplicada a las diferentes empresas del sector de software de Colombia y Argentina con el fin analizar el estado actual de las funciones y roles que desempeña un profesional informático en las organizaciones que incorporan Pruebas de Software.

Cabe señalar que los convenios de colaboración realizados entre la FTyCA y la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, Colombia, brindarán los recursos necesarios para cumplimentar con el objetivo del presente artículo.

## Resultados

En el marco de las pruebas de software, un profesional de la informática debe adquirir una serie de competencias orientadas a la aplicación de los diferentes tipos y niveles de prueba (unidad, integración, sistemas y aceptación), al tiempo que se centra en el uso de las diferentes técnicas y herramientas de prueba adecuadas para realizar, analizar y planificar casos de prueba en cada etapa del ciclo de vida del software.

El Libro Azul (Aquilino A., et al., 2006) hicieron una redefinición de las competencias del profesional de la informática, con el fin de describir las competencias y los aspectos clave en función del sector empresarial.

A partir de esta información y de las encuestas realizadas se establecieron las competencias genéricas según el nivel de formación (técnico, tecnólogo e ingeniero), las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 1: Competencias en pruebas de software según el nivel de formación

Competencias de prueba de software	Técnico	Tecnólogo	Ingeniero
Aplicar técnicas para ejecutar conjuntos de pruebas con una alta probabilidad de encontrar errores.	x		
Ejecutar pruebas utilizando herramientas para diferentes fases del ciclo de vida de las pruebas	x		
Recoger y generar informes asociados a la ejecución de casos de prueba	x		
Diseñar y preparar el entorno y los casos de prueba		x	
Evaluar los resultados de la ejecución de las pruebas para identificar el reprocesamiento adecuado.		x	
Planificar los recursos disponibles para alcanzar los objetivos		x	
Evaluar la madurez de las pruebas en una organización y mejorarla gradualmente.			x
Analizar los resultados de las pruebas para identificar oportunidades de mejora del proceso.			x
Coordinar y dirigir las actividades de las pruebas en una organización en todos los procesos fundamentales (Planificación y control, Análisis y diseño implementación y ejecución, evaluación de los criterios de criterios e informes, cierre de las pruebas).			x

Por otra parte, en los resultados se observa que los roles más utilizados en el ámbito de las pruebas de software son los de analista, diseñador y líder de pruebas, obteniendo una mayor puntuación el primero con respecto a los demás.

Los resultados mostrados han revelado que las competencias necesarias que se definieron para el nivel de formación de un Técnico Profesional en Sistemas son consideradas en un nivel sobresaliente por los encuestados, obteniendo una escala de valores superior a 3 en la mayoría de las respuestas.

Con respecto a las competencias necesarias para un Tecnólogo en Sistemas o áreas afines tienen una tendencia similar a las del técnico, seleccionando las competencias con un buen concepto por parte de los encuestados.

Las competencias que se definieron para un ingeniero tuvieron un excelente nivel de percepción por parte de los encuestados, considerando estas competencias esenciales para el nivel de formación con la obtención de un nivel de calificación más alto que las competencias de los niveles técnico y tecnólogo.

## Conclusiones

La identificación de las competencias relacionadas con los profesionales dedicados a pruebas de software es esencial para el desarrollo de estrategias educativas dirigidas a la cualificación de los estudiantes en áreas relacionadas con la ingeniería del software, ya que permite una adecuada apropiación de los roles y funciones en un entorno empresarial en una organización.

Una necesidad identificada en el sector del software implica la mejora de los conocimientos y habilidades de los profesionales en pruebas de software ya que actualmente son reducidos, teniendo en cuenta el déficit de profesionales en la industria de las TIC.

## Referencias

1. Aquilino A., J., Andrés, J., Nieto, C., Suárez, M., Pérez, J. R., Cernuda, A., . . . Redondo, J. M. (2006). Definición de competencias específicas y genéricas del ingeniero en informática. . Docencia Universitaria Proyectos de Innovación Docente.
2. Enke, J., Glass, R., Kreß, A., Hambach, J., Tisch, M. y Metternich, J.; ‘Competencies for a modern production system. Industrie 4.0’. *Procedia Manufacturing*; 2020; 23; 267 – 272
3. Gozález, J., & Wagenaar, R. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe*. Bilbao: Universidad de Deusto.
4. González-Hernández, I. J. y Granillo-Macías, R.; “Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0”; *Revista Electrónica de Investigación Educativa*; 2020; 22, e30, 1-14; <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e30.2750>.
5. Toro González, J, “Educación 4.0. ¿Modelos Educativo, Pedagógico o Didáctico”; (2020). *Revista Docencia Politécnica*, 2020, número 2. (pp. 6-8).

# **TECNOLOGÍAS BÁSICAS Y APLICADAS**

## ESTUDIOS PRELIMINARES DE CERÁMICAS FABRICADAS CON ARCILLAS DE LA LOCALIDAD LOS ROMANOS, SANTIAGO DEL ESTERO.

Cattaneo C.A.<sup>(1,2)\*</sup>, Gomez Khairallah A.O.<sup>(1)</sup>, Abdala J.M.<sup>(3)</sup>, Greco A.F.<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento Mecánica, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero Av. Belgrano "S" 1912, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup>Departamento de Física, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero Av. Belgrano "S" 1912, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(3)</sup>Departamento académico de Obras Viales, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero Av. Belgrano "S" 1912, Santiago del Estero, Argentina.

[agomez@unse.edu.ar](mailto:agomez@unse.edu.ar)

### RESUMEN

*En el trabajo se presentan estudios preliminares sobre muestras de arcillas locales empleadas para la producción de ladrillos de construcción. Se desarrolla un conjunto de mediciones de laboratorio para las diferentes etapas del proceso de obtención del cerámico final propiamente dicho, etapas donde las muestras son hidratadas, estacionadas, moldeadas y bizcochadas bajo condiciones de repetitividad, circunstancia planteada con el fin práctico de poder efectuar un relevamiento de los parámetros técnicos medidos sobre diferentes puntos de explotación de este recurso para la obtención de materiales estructurales, ladrillos en general.*

*La iniciativa permitiría en su instancia integral la determinación de diferentes indicadores como son características de granulometría, límite líquido, límite plástico, porosidad y tensión de rotura por compresión [1] lo que permitirá en primera instancia una evaluación del producto en sí, así como la sugerencia de posibles modificaciones tendientes a mejorar en el proceso de fabricación, permitiendo uniformidad en los productos logrados, optimizando tiempo y recursos.*

*Los casos de estudio del presente trabajo arrojaron el indicio de que pequeñas diferencias en las características de granulometría y composición de un mismo lugar de explotación puede dar productos cerámicos de características muy diferentes como lo es el valor de la tensión de rotura por compresión medidos en las probetas ensayadas, por lo que se considera relevante un conjunto de ensayos mínimos para asegurar uniformidad de la producción de cerámicos.*

### ABSTRACT

*This paper presents preliminary studies on samples of local clays used for the production of construction bricks. A set of laboratory measurements is developed for the different stages of the process of obtaining the final ceramic itself, stages where the samples are hydrated, parked, molded and bisqued under repetitive conditions, a circumstance raised with the practical purpose of being able to carry out a survey of the technical parameters measured on different points of exploitation of this resource to obtain structural materials, bricks in general.*

*The initiative would allow in its integral instance the determination of different indicators such as characteristics of granulometry, liquid limit, plastic limit, porosity and compression rupture stress [1], which, in first instance, will permit an evaluation of the product itself, as well as the suggestion of possible modifications aimed at improving the manufacturing process, allowing uniformity in the products achieved, therefore optimizing time and resources.*

*The study cases of the present work showed that small differences in the characteristics of granulometry and composition at the same place of exploitation, can give ceramic products with very different characteristics, such as the value of the breaking tension by compression measured in the tested specimens, so to ensure uniformity in the production of ceramics a set of minimum tests is considered relevant.*

*Palabras clave: caracterización de cerámicos de construcción, cerámicos, arcillas, densidad, módulo de ruptura.*

## **INTRODUCCIÓN**

En el campo de la industria de la construcción, los cerámicos y los compuestos de cerámicos son los materiales más empleados, tales como: los ladrillos de construcción, los materiales para revestimientos, pisos, artefactos sanitarios, entre otros. En este campo se destaca que la mayoría de estos provienen del procesado, conformado y bizcochado a altas temperaturas de materiales de base arcillosa.

Estructuralmente la arcilla se encuentra constituida por láminas de tetraedros de  $\text{SiO}_4$  y octaedros de  $\text{AlO}_6$ , donde la combinación de estas láminas forma diferentes tipos de estructuras arcillosas, dando a su vez origen a paquetes que al combinarse generan las placas de mineral arcilloso [2]. Por tal motivo, es muy poco probable encontrar dos arcillas que se comporten igual y trabajen de la misma manera.

Ante este panorama de inmensa variabilidad descripta de las arcillas, variabilidad que depende de numerosos factores difíciles de controlar, es de esperar que las propiedades físicas, químicas y mecánicas revistan una variabilidad semejante. Esta circunstancia es atendida por Iglesias en su trabajo “Estudio de caracterización mecánica de probetas cerámicas a partir de una adaptación del ensayo brasileño” [1]. Además Iglesias propone la elaboración de muestras cerámicas a partir de las arcillas estudiadas para la ejecución de un conjunto de ensayos, los que se realizan sobre muestras de material cerámico debidamente acondicionado para tal fin. Diferenciándose de los ensayos para productos terminados, lo que hace difícil su comparación. Como ejemplo, en países de la región es el trabajo de Breytmann [3] en el cual se describen ensayos normalizados sobre el elemento o producto terminado; en estos casos las formas y dimensiones representan de cierta manera una complicación en relación a las posibilidades de ejecución con el equipamiento del que se suele disponer en los laboratorios.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

Las arcillas utilizadas se extrajeron de la localidad Los Romanos, perteneciente al departamento Banda de la provincia de Santiago del Estero. Estas arcillas son utilizadas por los tabiques de la zona para la producción de ladrillo.

Se recolectaron dos tipos de arcillas, las mismas revisten características diferentes a criterio de los operarios de los tabiques, ya que al simple tacto da una percepción de diferencia, identificándolas en adelante como Arcilla A y Arcilla B.

En el proceso de determinación de indicadores de relevancia de las arcillas, en primera instancia se realizó una caracterización física básica, que son el tamizado de suelos por vía húmeda y la determinación de los límites de Atterberg [1] para obtener el índice de plasticidad.

Para realizar el conformado de las probetas de cerámica, en primera instancia se procedió al triturado y pulverizado manual de la arcilla, luego se tamizó para lograr una granulometría uniforme y a continuación se hidrató, esta última instancia se concretó al 40% de humedad en moldes cilíndricos, con presión de compactación de 40 MPa, obteniéndose probetas de 40 mm de diámetro y 33 mm de altura. Medidas que se ajustan a los lineamientos planteados por Iglesias [1] así como a la factibilidad de ser elaborados y ensayados por los equipos disponibles en el laboratorio.

Se fabricaron 2 probetas por cada tipo de arcilla con el objetivo de realizar los ensayos por duplicado y tomar un valor medio de los resultados obtenidos.

Una vez conformadas las probetas se procedió al secado de las mismas, lo cual se llevó a cabo al aire libre en una habitación cerrada hasta la detección de variaciones mínimas en el peso en intervalos de tiempo regulares.

Una vez que las probetas de arcilla se secaron, las mismas se sometieron a un tratamiento térmico, denominado bizcochado. A las probetas bizcochadas se denominarán cerámicas.

Para realizar el bizcochado se empleó una mufla eléctrica, la cual alcanzó los 950°C y se mantuvo a esta temperatura por el término de 4 horas empleando una sucesión de etapas de calentamiento.

Los ensayos de rotura por compresión se desarrollaron con un equipo de ensayo de suelos de accionamiento manual, el que se configuró con un aro de medición con capacidad de 5000 kg.

### Resultados

En la Figura 1 se visualizan los resultados del proceso de tamizado; de su análisis surge que para la Arcilla A se tiene un contenido de 81,6% de arcilla, 16,3% de arena y 2,1% de materia orgánica; mientras que para la Arcilla B se tiene un contenido de 77,2% de arcilla, 19,3% de arena y 3,5% de materia orgánica.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para los límites de Atterberg de las muestras ensayadas.

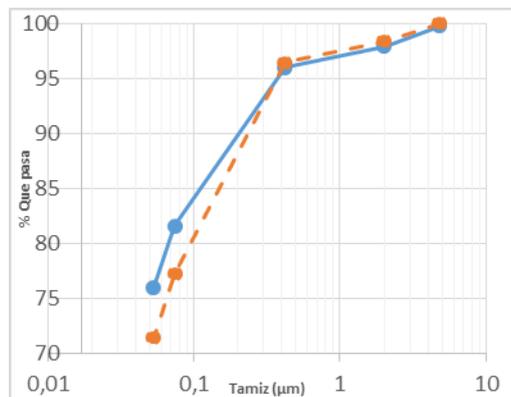


Figura 1. Granulometría por vía húmeda, línea continua arcilla A, línea de trazos arcilla B.

MUESTRA	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
Arcilla A	24,8	19,6	5,2
Arcilla B	24,1	19,6	4,5

Tabla N°1. Límites de Atterberg: LL(límite líquido), LP (Límite plástico), IP (Índice de plasticidad)

En la Tabla 2 se indican los porcentajes de encogimiento durante el secado y durante el bizcochado, mientras que en la Figura 2 se presentan las curvas de secado de las muestras.

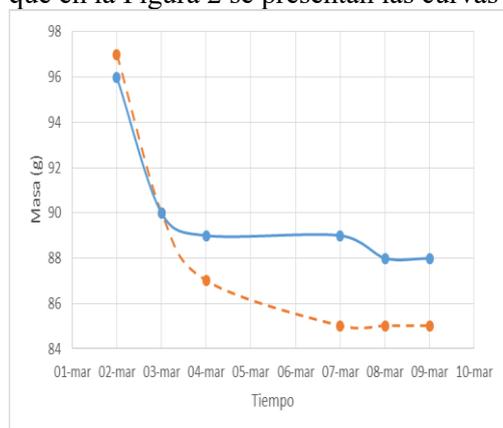


Figura 2. Curvas de secado, curva continua Arcilla A, Curva de trazos Arcilla B

Muestra	Encogimiento de secado (%)	Encogimiento en bizcochado (%)
Arcilla A	3,92	7,52
Arcilla B	0,00	3,71

Tabla 2. Encogimiento promedio de las muestras secadas y bizcochadas.

Por medio de determinaciones de laboratorio standard se determinaron los pesos secos, pesos saturados y peso saturado sumergido de las muestras, con los cuales se determinaron las densidades y porosidades aparentes indicadas en la Tabla 3.

Los resultados de los ensayos de rotura por compresión se encuentran plasmados en la Figura 3.

Muestra	Densidad aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	Porosidad aparente (%)
Cerámica A	1,88	28,36
Cerámica B	1,81	29,07

Tabla 3. Densidad aparente promedio y porosidad aparente promedio de las muestras ensayadas.

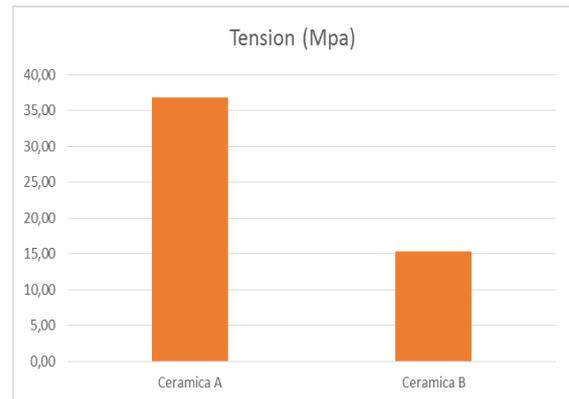


Figura 3. Resultados ensayo de rotura por compresión.

### Discusiones

Los resultados presentados, forman parte de estudios preliminares que necesitan repetirse y ampliarse para lograr una caracterización de las arcillas utilizadas y de los cerámicos obtenidos.

Para una caracterización de la arcillas se deberían hacer estudios de sedimentometría para determinar la cantidad de limo y arcilla presente, además de analizar las muestras con técnicas de espectrometría como lo son DRX, FRX, (SEM-EDS) y Raman, para obtener la composición química de las arcillas.

Para caracterizar cerámicos se deberían realizar ensayos de rotura a la flexión y resistencia al shock térmico, para tener una evaluación termo-mecánica del material.

### Conclusión

Se observa que ambas arcillas tienen un porcentaje elevado de arena y un bajo límite de plasticidad, pero el proceso de hidratación realizado permitió tener muestras de gran maleabilidad para conformar las probetas.

Las cerámicas obtenidas presentan una porosidad aparente próxima al 30%, una densidad aparente aproximadamente 1,85 gr/cm<sup>3</sup> y valores de resistencia a la rotura por compresión superior a 15 MPa, lo que indica que las cerámicas elaboradas son aceptables para aplicaciones en construcción y para la elaboración de cerámicas artesanales.

Los cerámicos obtenidos con la arcilla A presentan mejores propiedades mecánicas (mayor tensión de ruptura a la compresión) que las cerámicas elaboradas con la arcilla B, donde esta importante diferencia se podría atribuir al diferente contenido de arcilla y arena entre ambas muestras.

### Referencias

- [1] Iglesias I., "Estudio de caracterización mecánica de probetas cerámicas a partir de una adaptación del ensayo brasileño", *Materiales de Construcción* Vol. 61, (2011), 417-429.
- [2] Tebar, D. "Arcillas y Ladrillos". (p. 189). 1977. Madrid. Impresiones Morato. Segunda edición.
- [3] Breytmann, M., "Laboratorio N° 3: Ensayos normalizados para ladrillos cerámicos"; 2007, Carmona Universidad Técnica Federico Santa María Departamento de Obras Civiles, Chile.

## CÁLCULO DE CONCENTRACIONES DE IONES DE INTERÉS EN SALMUERAS MEDIANTE UN MODELO EMPÍRICO BASADO EN VALORES DE FUERZA IÓNICA

A. Orce Schwarz<sup>(1,2,3)\*</sup>, S. Valdez<sup>(1,2,3)</sup> y M. Thames<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina

<sup>(2)</sup> Instituto de Beneficio de Minerales, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina

<sup>(3)</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina

\* agustina.orce@gmail.com

### RESUMEN

El incremento en la producción de autos eléctricos, teléfonos celulares y computadoras portátiles que requieren baterías hizo que la demanda de compuestos de litio creciera exponencialmente. En Argentina la fuente principal de este metal son las salmueras de la Puna. Para poder obtener carbonato de litio grado batería a partir de salmueras ésta debe concentrar y purificar en distintas etapas del proceso. Durante la concentración de salmueras ricas en litio el volumen total disminuye debido a la evaporación del agua. En este proceso algunas sales pueden alcanzar sus concentraciones de saturación y precipitar, estableciéndose distintos equilibrios sólido-líquido. Existen diferentes modelos termodinámicos que describen equilibrios sólido-líquido, en la que calculan los coeficientes de actividad ( $\gamma$ ) de los iones en función de los valores de la fuerza iónica. La desventaja que presentan estos modelos es que no pueden aplicarse a soluciones con valores de fuerza iónica elevada y multicomponentes como son las salmueras de la Puna argentina. En este trabajo se obtuvieron dos modelos empíricos basados en valores de fuerza iónica de cuatro salmueras extraídas de diferentes salares de la Puna argentina. Los modelos describen a los equilibrios alcanzados durante las etapas de evaporación de las salmueras teniendo en cuenta las sales que precipitan. Estos modelos permiten calcular las concentraciones de los iones de mayor interés, a saber:  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  en función del grado de concentración de la salmuera.

*Palabras Clave:* salmueras, equilibrio, modelos empíricos, concentraciones.

### ABSTRACT

Batteries production for cellphones, notebooks, and electric cars increases exponentially lithium compounds demand. In Argentina the main lithium resources are placed in the Puna region.

Brines must be concentrated and purify in different stages in order to obtain battery grade lithium carbonate. In brines concentration, the total volume diminishes due to water evaporation and some salts could reach its saturation concentrations and precipitates; in consequence, different solid-liquid equilibriums stablish. There are several thermodynamic models that describe solid-liquid equilibriums; these models calculate ions activity coefficients ( $\gamma$ ) as a function of ionic strength. The disadvantage of these models is that they can be apply to systems with low ionic strength values, more specifically to binary, ternary or quaternary systems with one common ion. Puna brines do not satisfy these requirements. In this work two empirical models, based on high ionic strength values, that describe solid-liquid equilibrium during brine evaporation were determined. These models allow to calculate the concentration of ion of interest such as  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  as a function of the amount of water evaporated.

*Key words:* brines, equilibrium, empirical models, concentrations.

## Introducción

Los salares de Argentina forman parte del Triángulo del Litio, comprendido por Argentina, Bolivia y Chile. Este triángulo posee alrededor del 45% de las reservas in-situ de litio (Gruber *et al.* (2011)). La mayoría de los proyectos del NOA proponen emplear el método de concentración de litio mediante evaporación natural mientras que los menos indican que realizarán adsorción selectiva de litio y posterior concentración por evaporación forzada (Secretaría de Minería de la Nación, (2021)). Durante la evaporación algunas sales pueden alcanzar sus concentraciones de saturación y precipitar, estableciéndose distintos equilibrios sólido-líquido. Para una dada temperatura, en una solución multicomponente la solubilidad de un ión está fuertemente influenciada por la presencia de todos los demás iones (interacción iónica). Existen diferentes modelos termodinámicos que describen equilibrios sólido-líquido, en la que calculan los coeficientes de actividad ( $\gamma$ ) de los iones en función de los valores de la fuerza iónica. La desventaja que presentan estos modelos es que pueden aplicarse a soluciones con valores de fuerza iónica relativamente bajos o en su defecto a sistemas al sumo cuaternarios con un ión común. Las salmueras de la Puna argentina son sistemas multicomponentes complejos con elevados valores de fuerza iónica que exceden el rango de aplicación de los modelos termodinámicos antes mencionados. En este trabajo se obtuvieron dos modelos empíricos basados en valores de fuerza iónica de cuatro salmueras extraídas de diferentes salares de la Puna argentina y sometidas a distintos grados de evaporación. Los modelos describen los equilibrios teniendo en cuenta las sales que precipitan. Estos modelos se pueden emplear para calcular las concentraciones de los iones de mayor interés, a saber:  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  en función del grado de evaporación de la salmuera.

## Materiales y métodos

Se trabajó con cuatro salmueras de la Puna argentina: Salmuera I (salar de Pozuelos), Salmuera II (salar de Diablillos), Salmuera III (salar del Hombre Muerto) y Salmuera IV (salar de Antofalla). Sus composiciones se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición de las salmueras estudiadas.

	Composición de las salmueras en g/100g sol.									$\rho$ g/cm <sup>3</sup>
	$\text{Li}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	
Salmuera I	0,095	9,005	0,573	0,267	0,23	16,094	0,202	2,45	0,459	1,21
Salmuera II	0,07	6,353	0,657	0,164	0,062	10,589	0,673	0,188	N/D	1,13
Salmuera III	0,066	9,181	0,681	0,152	0,061	14,948	0,845	0,177	0,049	1,2
Salmuera IV	0,018	7,347	0,117	0,398	1,961	17,193	0,034	0,128	N/D	1,21

Las salmueras I, II y IV fueron evaporadas en las instalaciones de la Planta Piloto del Instituto de Beneficio de Minerales de la Facultad de Ingeniería mientras que los datos de evaporación y composición de la Salmuera III fueron provistos por una empresa litiera. Se tomaron alícuotas de las salmueras tanto antes como después de las evaporaciones para análisis químicos y de difracción de Rayos-X. Se empleó el software XLSTAT para determinar el grado de ajuste de los modelos a los resultados experimentales.

## Resultados y Discusión

Los balances de masa calculados en función de los resultados de los análisis químicos determinaron que durante el proceso de evaporación precipita sólo cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) en las Salmueras I y IV mientras que en las Salmueras II y III precipita también yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). En consecuencia, se determinaron dos modelos que relacionan los valores de fuerza iónica con el porcentaje de agua evaporada. El ajuste de los modelos se realizó mediante el software XLSTAT y se muestran en las Figuras 1 y 2. Estos modelos se emplearon para calcular la concentración de los iones de mayor interés ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ ) en función del porcentaje de agua evaporada.

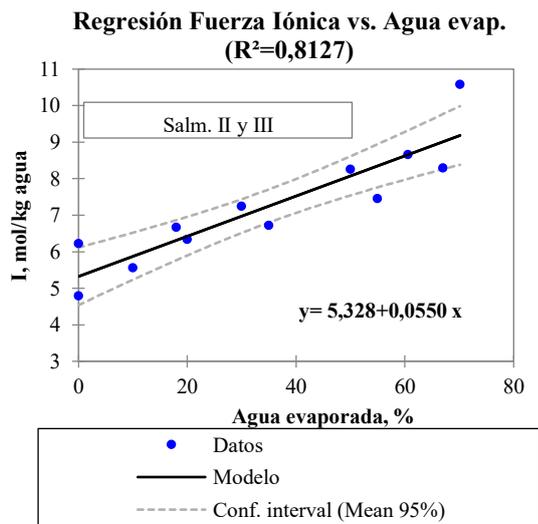


Figura 1. Ajuste de un modelo para la relación entre la fuerza iónica con el % de agua evaporada Salmueras II y III).

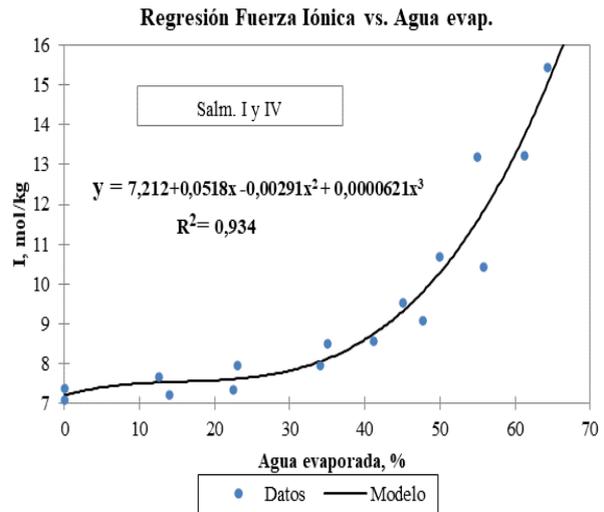


Figura 2. Ajuste de un modelo para la relación entre la fuerza iónica con el % de agua evaporada (Salmueras II y III).

Estos modelos se emplearon para calcular la concentración de los iones de mayor interés ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ ) en función del porcentaje de agua evaporada. El ajuste de los modelos, que se realizó empleando el software XLSTAT, se muestra en las Figuras 3, 4, 5 y 6.

Para las Salmueras I y IV se pudo determinar un modelo que describe la evolución de la concentración de  $\text{Li}^+$  y  $\text{K}^+$  de manera conjunta. Así mismo la evolución de la concentración de  $\text{Mg}^{2+}$  para estas salmueras se pudo describir mediante un único modelo. Para la Salmuera II se encontraron modelos independientes que describen la concentración de los iones antes mencionados. Los resultados obtenidos para la Salmuera III no fueron satisfactorios.

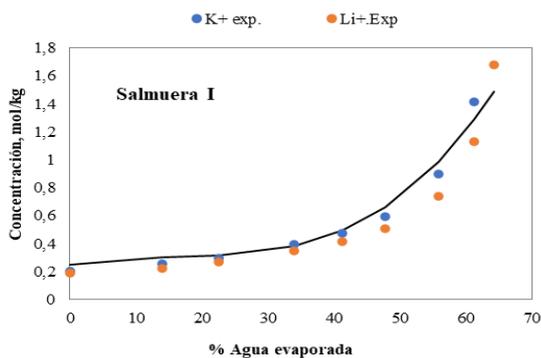


Figura 3. Concentraciones experimentales de  $\text{Li}^+$  y  $\text{K}^+$  junto al ajuste del modelo combinado para la Salmuera I.

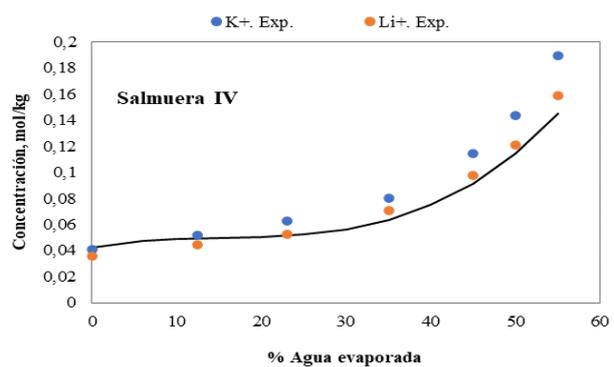


Figura 4. Concentraciones experimentales de  $\text{Li}^+$  y  $\text{K}^+$  junto al modelo combinado para la Salmuera IV.

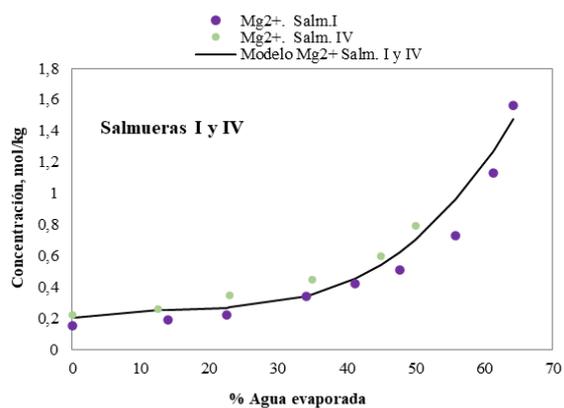


Figura 5. Concentraciones experimentales de  $Mg^{2+}$  junto al modelo combinado para la Salmueras I y IV.

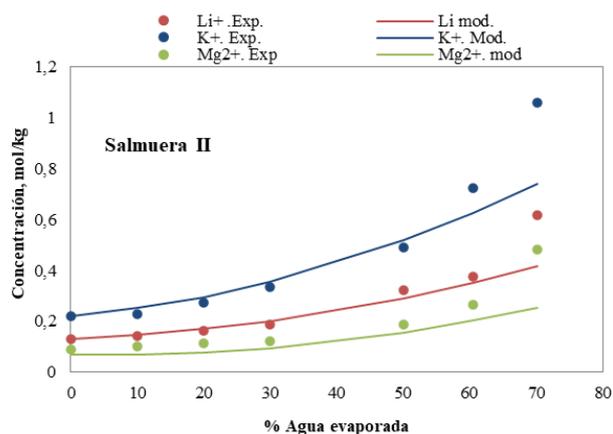


Figura 6. Concentraciones experimentales de  $Li^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  junto a los modelos para la Salmueras II.

Se puede observar que el ajuste de los modelos es muy bueno y sólo presenta desviaciones cuando el porcentaje de agua evaporado supera el 60%, valor que rara vez se supera durante el proceso.

## Conclusiones

Se obtuvieron dos modelos que describen la evolución de la fuerza iónica en salmueras en función del porcentaje de agua evaporada. Estos modelos dependen de si durante el proceso de evaporación precipitan sólo iones monovalentes o lo hacen junto con iones divalentes. Si sólo precipitan iones monovalentes el modelo es cúbico mientras que si precipitan además iones divalentes el modelo es lineal. Para las Salmueras I y IV se obtuvo un único modelo que describe la evolución de las concentraciones de  $Mg^{2+}$ ; para cada una de estas salmueras se obtuvo un único modelo que describe el comportamiento de los iones  $Li^+$  y  $K^+$  durante la evaporación de la salmuera. Para la Salmuera II se obtuvieron modelos independientes para describir la evolución de la concentración de los iones  $Mg^{2+}$ ,  $Li^+$  y  $K^+$ . En todos los casos el ajuste de los mismos es muy bueno. Poder conocer a priori las concentraciones alcanzadas por los iones durante la evaporación de la salmuera es de suma importancia ya que permite diagramar el esquema de procesamiento a nivel industrial. Estos modelos pueden emplearse como punto de partida para sistematizar el procesamiento de salmueras.

## Referencias

1. Gruber, P.W; Medina, P. A; Keoleian, G.A; Kesler, S.E; Everson, M.P; Wallington, T.J (2011). "Global Lithium Availability". *Journal of Industrial Ecology*, 15, pp.760-775.
2. Secretaría de Minería de la Nación:  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/catalog\\_of\\_advanced\\_lithium\\_projects\\_in\\_argentina\\_0.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/catalog_of_advanced_lithium_projects_in_argentina_0.pdf) (último acceso diciembre de 2021)

## PRONÓSTICO DE SERIES TEMPORALES APLICADA A LA PREDICCIÓN DE EVENTOS CLIMÁTICOS SEVEROS PARA LA REGIÓN DEL VALLE DE CATAMARCA

Salas, Carlos<sup>(2)\*</sup>, Pucheta, Julián<sup>(1,2)</sup>, Herrera, Martín<sup>(1)</sup>, Patiño, H. Daniel<sup>(3)</sup> y Rodríguez  
Rivero, Cristian<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, Catamarca,  
Argentina.

<sup>(2)</sup>Departamento de Electrónica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional  
de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Argentina.

<sup>(3)</sup>Instituto de Automática, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Av. Libertador  
General San Martín (Oeste) N° 1109. San Juan, Argentina.

<sup>(4)</sup>Cardiff School of Technologies, Cardiff Metropolitan University, Western Avenue, Cardiff, CF5 2YB,  
Wales.

\* Correo Electrónico: csalas@tecno.unca.edu.ar.

### RESUMEN

*En la Región de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca hay una serie de antecedentes de eventos climáticos severos que han quedado registradas por sus impactos negativos en la sociedad. Desde la disciplina de control automático se trata de proponer una solución al hecho de estar alerta y prever acciones que mitiguen los daños mediante un sistema de modelado de procesos dinámicos. Se han generado diversas soluciones al modelado de procesos climáticos partiendo de series temporales de valores de lluvia, y se proponen algoritmos de ajuste, validación y prueba para el caso particular del Valle de Catamarca. Se emplea la serie de Mackey Glass para realizar el diseño preliminar, y luego se emplean las series de lluvia obtenidas desde una central meteorológica del Ministerio de Ciencia e Innovación Tecnológica del Gobierno de Catamarca. El desafío en el proceso de cálculo surge a partir de que las series de datos tienen pocos años de historia y los eventos severos aparecieron menos de diez veces, sabiendo que las variables climáticas tienen estacionalidad marcada. Los algoritmos de predicción propuestos tienen métricas de evidencia de modelo definidas mediante la autocorrelación de cada serie temporal, y se busca que tengan una firma similar. Se diseñaron algoritmos basados en modelos dinámicos lineales, ya que evidencian un buen desempeño para realizar extrapolaciones con simulación de Monte Carlo que emplea ruidos de distribución gaussiana, gamma y Poisson. Se muestran resultados de predicción para las series de Mackey Glass 17 y 30 con horizonte de predicción de 24 pasos adelante, y para predicción de series de lluvia con horizonte de predicción de cuatro días. Se detallan las simulaciones Monte Carlo en cada caso.*

### ABSTRACT

*In the Region of San Fernando del Valle de Catamarca there is various antecedents of severe climatic events that have been recorded due to their negative impacts on society. An approach from the automatic control discipline to being aware and foreseeing actions that mitigate the damage through a dynamic process modeling system is proposed. Several solutions have been generated for modeling climatic processes based on rainfall values time series, tuning, validating, and testing algorithms are proposed for the case of the Catamarca Valley. The Mackey Glass series is used to carry out the preliminary design, and then the rainfall time series obtained from a meteorological center of the Ministry of Science and Technological Innovation of the*

Government of Catamarca are used. The challenge in the calculation process arises from the fact that the data series have a few years of history and the severe events appeared less than ten times, knowing that the climatic variables have marked seasonality. The proposed prediction algorithms have model evidence metrics defined by autocorrelation of each time series and are tuned to have a similar signature. Algorithms based on linear dynamic models were designed, since they show a good performance to perform extrapolations with Monte Carlo simulation by using Gaussian, Gamma, and Poisson distribution noises. Prediction results are shown for the Mackey Glass time series 17 and 30 with a forecast horizon of 24 steps ahead, and for rainfall time series forecast a prediction horizon of four days was used. The Monte Carlo simulations are detailed in each case.

*Palabras Clave* — pronóstico de series temporales, modelos dinámicos, predicción de series temporales, Simulación Monte Carlo.

## INTRODUCCIÓN

En la Región de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca hay una serie de antecedentes de inclemencias de eventos climáticos que han quedado registradas por sus impactos en la sociedad, por ejemplo, en el año 2020 [1] y en el año 2021 [2] en la propia Ciudad. Estos eventos generan una demanda de un sistema de alerta que tenga capacidad de predecir el evento con una antelación útil para la toma de decisiones. Para ello, se requiere de realizar sistemas de predicción y pronóstico enfocados en el evento de interés, con la historia de valores climáticos que dan información para proponer un sistema con exactitud adecuada a la cantidad de tiempo previo que se requiera en los cuales ya se tienen diversos resultados que sirven como referencia [3]. En la Fig. 1 se muestran los datos obtenidos desde la central de adquisición que tiene el Gobierno de Catamarca [4]. El objetivo se puede sintetizar en generar un valor probable de precipitación para los dos días siguientes al actual. En este trabajo se genera un pronóstico para los cuatro días siguientes, con fines de facilitar el análisis. Para el caso de las MG el horizonte es de 24 días adelante.

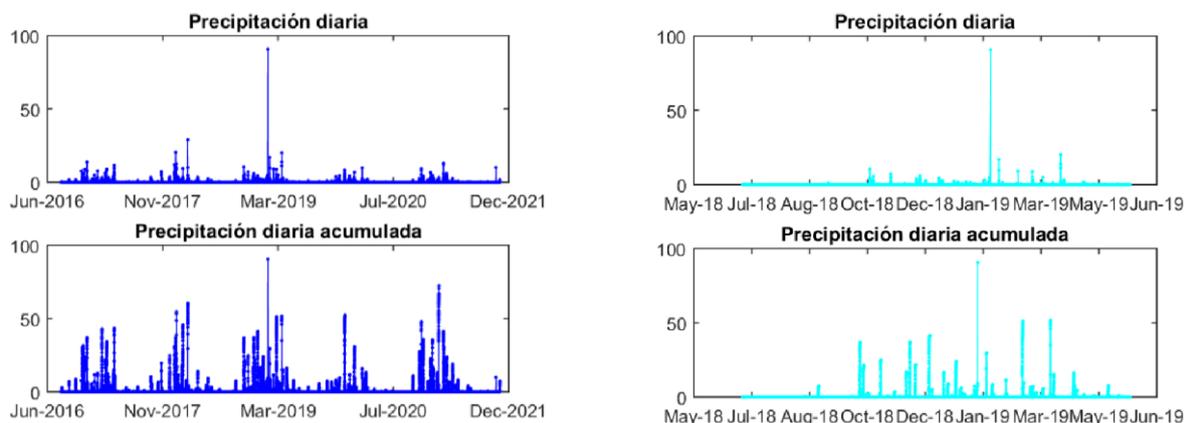


Fig. 1. Visualización de las series temporales de lluvia obtenidas desde [4]. A la izquierda se detallan los valores de precipitación disponibles, y a la derecha los valores de precipitación de un año hidrológico, que serán usados en este trabajo como prueba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se propone realizar un modelado que toma las entradas y salidas para el cálculo como se muestra en la Fig. 2 y seguir la metodología propuesta en [3].

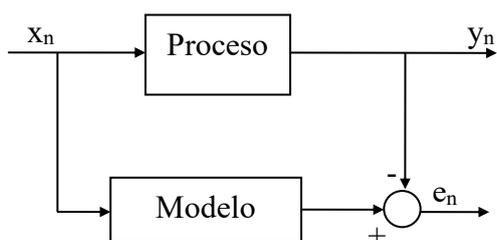


Fig. 2. Representación de la señal de error entre un proceso real y su modelo. El modelo tiene parámetros que son ajustados mediante la secuencia de error.

## RESULTADOS

Se implementa el algoritmo detallado para probarlo en series de dato Mackey Glass 17 y 30 siguiendo el método de modelado de series de lluvia de [3] y luego en las series de lluvia de la Región del Valle de Catamarca [4]. Se aplicó el método descrito y se obtuvieron los resultados de predicción que se muestran en las Fig. 3 para la serie MG17, Fig. 4 para las MG30, y en las Fig. 5 y Fig. 6 para e caso de las series de lluvia. Para éstas últimas se ha agregado una figura extra debido a la necesidad de ver los detalles. En todos los casos, se muestran las firmas de autorrelación a la derecha, con las funciones superpuestas.

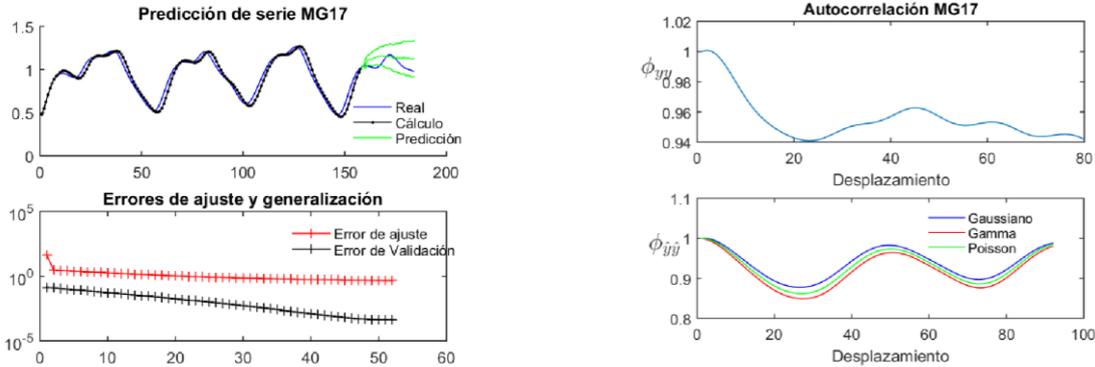


Fig. 3. Ajuste del algoritmo para correr el Monte Carlo con ruido Gaussiano, Gamma y Poisson. Para el primero fue de media nula con desviación de 0,31, para el Gamma con un factor de forma 0,03 y para Poisson con un  $\lambda$  de 0,08.

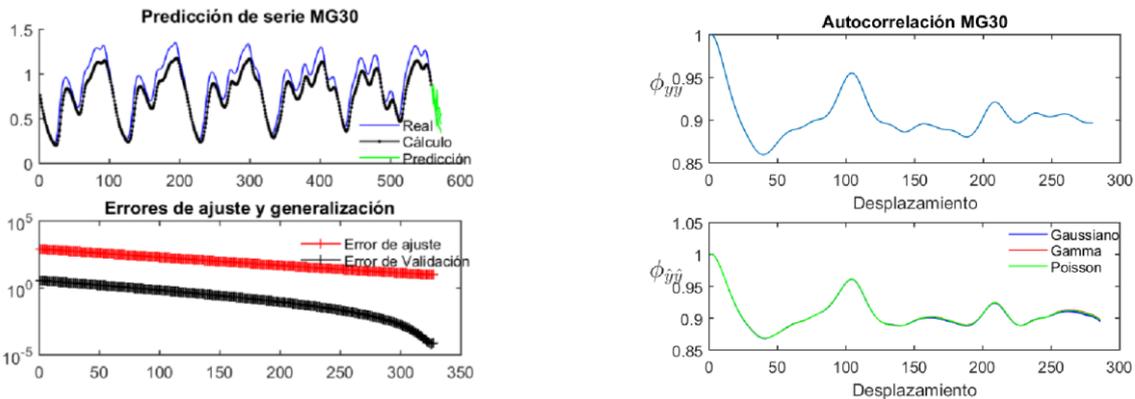


Fig. 4. Ajuste del algoritmo para correr el Monte Carlo con ruido Gaussiano, Gamma y Poisson. Para el primero fue de media nula con desviación de 0,44, para el Gamma con un factor de forma 0,03 y para Poisson con un  $\lambda$  de 0,08.

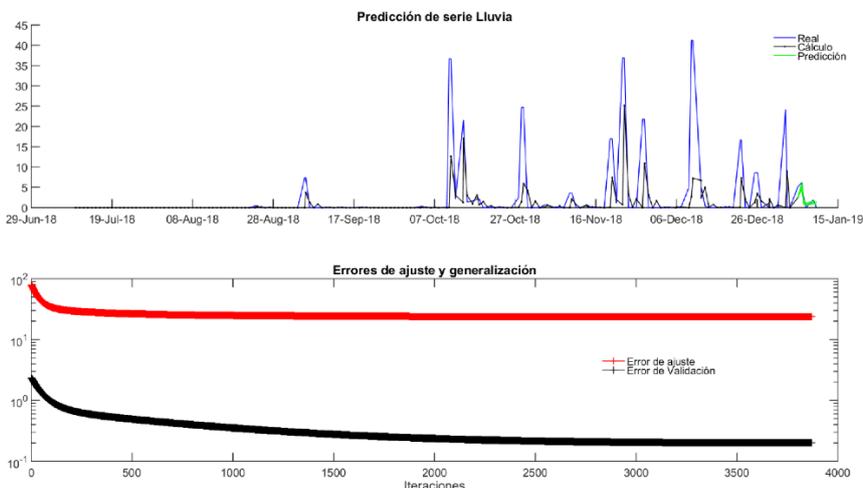


Fig. 5. Visualización de la predicción las series temporales de lluvia obtenidas desde [4].

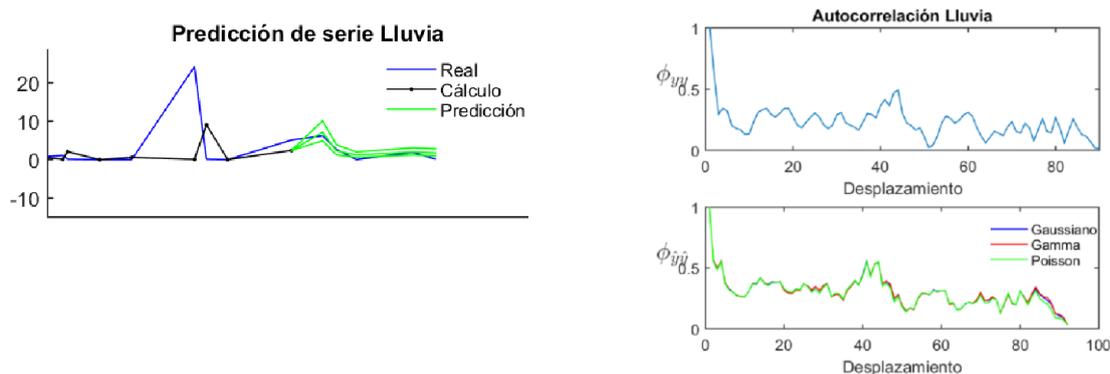


Fig. 6. Visualización de las series temporales de lluvia obtenidas desde [4].

## CONCLUSIONES

Se ha mostrado un método para pronóstico de series temporales que permite generar la predicción de eventos climáticos severos con un tiempo de antelación de cuatro días. Así planteado, se tiene que realizar el ajuste del algoritmo hasta hallar la máxima evidencia del modelo mediante las gráficas de autocorrelación. Éste procedimiento es consumidor de tiempo de cálculo, pero se espera lograr minimizar éste costo mediante técnicas de aprendizaje automático, como en [3]. Este método asume a los datos con errores acotados y que no hay faltantes. El método de evidencia de modelo empleado aquí es más simple que el usado previamente en casos similares [3], que requieren de grandes volúmenes de cómputo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Catamarca, al Ministerio de Ciencia e Innovación Tecnológica del Gobierno de Catamarca, a la Universidad Nacional de Córdoba, a la Universidad Nacional de San Juan y a la Cardiff Metropolitan University por su apoyo en el desarrollo de proyectos involucrados en el Control y modelado de procesos de dinámica lenta, media y rápida.

## REFERENCIAS

- [1] Crecida Enero 2020. <https://www.catamarcactual.com.ar/informacion-general/2020/1/15/impresionante-crecida-del-rio-el-tala-dejo-gente-aislada-193936.html>
- [2] Crecida Marzo 2021. <https://www.pagina12.com.ar/326964-la-capital-catamarquena-queda-anegada-por-una-tormenta>
- [3] Cristian Rodríguez Rivero, Julián Pucheta, Sergio Laboret and Víctor Sauchelli. “Energy associated tuning method for short-term series forecasting by complete and incomplete datasets”. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*. Volume 7, Issue 1, Pages 5–16, ISSN (Online) 2083-2567, DOI: <https://doi.org/10.1515/jaiscr-2017-0001>, 2017.
- [4] Ministerio de Ciencia e Innovación Tecnológica, Gobierno de Catamarca, Argentina. Sitio: <http://meteo.sucytca.gob.ar/>

## ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE PARA LA SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDIRECTA DE LA VELOCIDAD PROMEDIO DEL AIRE EN UN TUBO

Gustavo A. Salcedo<sup>(1,3)</sup>; Enrique E. Tarifa<sup>(2,3)</sup>; Eve L. Coronel<sup>(1)</sup>; Lara V. Lescano<sup>(1)</sup> y Domingo A. Rosas<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano 1912, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca 10, Jujuy, Argentina.

<sup>(3)</sup> CONICET

Correo Electrónico: [gusalc2.92@gmail.com](mailto:gusalc2.92@gmail.com)

### RESUMEN

La medición del flujo de fluidos es una práctica en diversas aplicaciones ingenieriles. El objetivo de la presente investigación fue el análisis de la incertidumbre a través del cual se realizó la selección de uno o más de los cuatro instrumentos utilizados para el cálculo de la velocidad promedio del aire en un tubo a diferentes frecuencias de trabajo del soplante. Por otra parte, se determinó en forma experimental el coeficiente de descarga, a cada frecuencia de trabajo, para la placa orificio utilizada en las experiencias. Para todas las mediciones realizadas, se estimaron las incertidumbres asociadas siguiendo las recomendaciones de la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición", una herramienta publicada por la Organización Internacional de Normalización. Los resultados obtenidos mostraron que la magnitud de dichas incertidumbres es función de la frecuencia y del instrumento de medición. Para frecuencias altas, el tubo Pitot conectado al manómetro en U presentó la menor incertidumbre; mientras que, a bajas frecuencias, los mejores resultados fueron obtenidos con el anemómetro analógico de hélice y, para frecuencias intermedias, el anemómetro de Pitot digital. El manómetro digital, si bien presentó valores bajos de incertidumbre, fue siempre superado por otros instrumentos. Los valores del coeficiente de descarga obtenidos concordaron con los reportados en bibliografía, presentaron una incertidumbre moderada, y podrán ser utilizados en futuras mediciones de velocidad en las condiciones del trabajo experimental.

### ABSTRACT

Fluid flow measurement is a practice in various engineering applications. The objective of the present investigation was the analysis of the uncertainty through which the selection of one or more of the four instruments used for the calculation of the average speed of the air in a tube at different working frequencies of the blower was made. On the other hand, the discharge coefficient was determined experimentally, at each working frequency, for the orifice plate used in the experiments. For all the measurements made, the associated uncertainties were estimated following the recommendations of the "Guide for the expression of uncertainty in measurement", a tool published by the International Organization for Standardization. The results obtained showed that the magnitude of these uncertainties is a function of the frequency and the measuring instrument. For high frequencies, the Pitot tube connected to the U-shaped manometer presented the least uncertainty; while, at low frequencies, the best results were obtained with the analog propeller anemometer and, for intermediate frequencies, the digital Pitot anemometer. The digital manometer, although it presented low uncertainty values, was always surpassed by other instruments. The values of the discharge coefficient obtained agreed with those reported in the literature, presented a moderate uncertainty, and may be used in future velocity measurements under the conditions of the experimental work.

Palabras claves: Velocidad del aire, tubo circular, incertidumbre, GUM.

## Introducción

Existe una gran vinculación entre la medición del flujo de fluidos con aspectos tales como la contabilización de sustancias, el rendimiento y control de procesos y la investigación [1].

El sistema a estudiar en el presente trabajo es el tubo de alimentación de aire de un secadero de lecho fluidizado. El aire es suministrado por un soplante radial. En este tipo de secaderos, se requieren mediciones fiables y precisas de la velocidad del aire [2]. Los dispositivos utilizados realizan mediciones indirectas de la velocidad promedio del aire que tienen cierta variabilidad. Dada la escasa investigación existente sobre la estimación y representación de dicha variabilidad para el equipo en estudio, en el presente trabajo se estima la incertidumbre asociada a la velocidad promedio medida por diversos instrumentos. Los dispositivos empleados en este trabajo son: tubo de Pitot conectado a un manómetro en U, anemómetro analógico de hélice, anemómetro de Pitot digital y manómetro diferencial digital.

El tubo en estudio tiene instalada una placa orificio. Cada frecuencia de trabajo posee un valor de coeficiente de descarga asociado, que se determina experimentalmente.

La incertidumbre puede propagarse de diferentes formas, pero en la presente investigación, se prefirió trabajar con el método recomendado por la “Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición”. Este último es un método de referencia para la estimación y reporte de la incertidumbre en las mediciones y cálculos realizados [3].

## Materiales y Métodos

En las experiencias realizadas, se trabajó con frecuencias  $F$  entre 5 y 60 Hz, tomando como valores intermedios múltiplos de 5 Hz, con una temperatura de aire  $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

El primer instrumento de medición empleado consistió en un tubo de Pitot conectado a un manómetro en U (PU). Los valores de velocidad promedio obtenidos con este instrumento se tomaron de referencia para el cálculo del coeficiente de descarga de la placa orificio.

La velocidad promedio puede determinarse también a través del segundo instrumento, el anemómetro analógico de hélice (AAH). La medida que arroja es indirecta, ya que mide el recorrido de la aguja del instrumento en un determinado tiempo.

En tercer lugar, se trabajó con el anemómetro de Pitot digital (APD) TROTEC TA400. Este instrumento mide la velocidad máxima, con la cual luego se calcula la velocidad promedio.

Además, se empleó un manómetro diferencial digital (MDD) EXTECH 407910. Este equipo mide la diferencia entre las presiones aguas arriba y abajo de la placa orificio instalada en el tubo. Con dicha diferencia, se calcula la velocidad promedio.

A través de la medición de la diferencia de presión a través de la placa orificio con el manómetro en U, se calculó el valor del coeficiente de descarga para cada una de las frecuencias de trabajo.

En cada procedimiento se aplicó la Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición (International Organization for Standardization, 1993), para estimar la incertidumbre de los resultados de los valores de velocidad a partir de las incertidumbres conocidas de los datos. La objetividad en la toma de decisiones se soportó principalmente sobre esta Guía.

## Resultados

La Figura 1 exhibe los valores obtenidos de velocidad promedio y sus respectivas bandas de error.

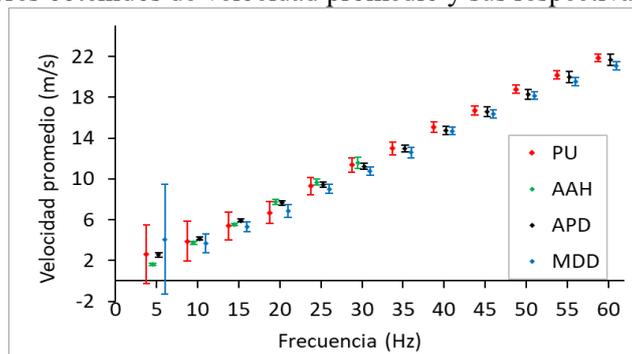


Figura 1. Valores de velocidad promedio obtenidos por los diferentes instrumentos.

El instrumento consistente en el tubo Pitot acoplado al manómetro en U presentó una disminución de la incertidumbre a frecuencia creciente, dado que los valores del coeficiente de sensibilidad de la diferencia de altura manométrica decrecieron a medida que aumentó  $F$ . Contrariamente al instrumento anterior, el anemómetro analógico de hélice exhibió un aumento de la incertidumbre, lo cual pudo deberse al incremento de la desviación estándar del valor del recorrido de la aguja con  $F$ . Este último instrumento presentó menor margen de error que el resto, por debajo de 25 Hz de frecuencia de trabajo del soplante.

Por otra parte, el anemómetro de Pitot digital exhibió un aumento de la incertidumbre a frecuencia creciente, dado que la precisión del anemómetro informada por el fabricante varía linealmente con la lectura efectuada. Este efecto se potenció con el aumento progresivo del coeficiente de sensibilidad  $c$  del coeficiente de fricción de Darcy. Cuando la frecuencia osciló de 25 a 45 Hz, los mejores resultados se obtuvieron con este instrumento. El manómetro diferencial digital presentó una alta incertidumbre cuando  $F = 5$  Hz, aunque a valores crecientes, la incertidumbre bajó a rangos moderados.

Los valores calculados para los coeficientes de descarga cuando  $17000 < N_{Re} < 64000$  oscilaron entre 0,66 y 0,69, y concordaron con las fuentes bibliográficas consultadas.

## Conclusiones

Mediante la aplicación del estándar GUM, se logra realizar una selección adecuada de instrumentos para medir la velocidad promedio del aire en un tubo. El instrumento PU se recomienda para la medición de la velocidad a frecuencias superiores a 45 Hz; mientras que, por debajo de 25 Hz, conviene trabajar con el instrumento AAH. Cuando la frecuencia oscila de 25 a 45 Hz, los mejores resultados se obtienen con el instrumento ADP. MDD posee una incertidumbre baja para  $F \geq 15$  Hz, pero en cada rango de frecuencia es superado por otro instrumento.

Los valores del coeficiente de descarga calculados concuerdan con los obtenidos de bibliografía y presentan una incertidumbre moderada.

## Referencias

1. Mott, R. L. (2006). Mecánica de fluidos. (6a. ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN. (*libro*)
2. Morales, O. A., Gómez, A., y Vázquez, R., (2014). "Medición de perfiles de velocidad en túnel de viento", Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa, vol. 1, no. 2. (*paper*)
3. Gregory, K., Bibbo, G., & Pattison, J. E., (2005). A standard approach to measurement uncertainties for scientists and engineers in medicine. Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine, 28 (2), 131-139. (*paper*)

## ANÁLISIS COMPARATIVO DE COLECTORES HEAT PIPES TUBULAR Y DE BARRA MACIZA DE HIERRO, PARA EL CALENTAMIENTO DE AIRE

Pablo S. Togo, Pablo<sup>1</sup>; Gustavo A. Villalba<sup>1</sup>; Aníbal O. Gomez Khairallah<sup>2</sup>, Carlos A. Cattaneo<sup>1,2</sup>; Enrique M. BIASONI<sup>1</sup>, Ledda Larcher<sup>1</sup>, Enzo V. Storniolo<sup>2</sup>

(1) Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

(2) Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

[psebastisntogo@gmail.com](mailto:psebastisntogo@gmail.com), [gav@unse.edu.ar](mailto:gav@unse.edu.ar), [agomez@unse.edu.ar](mailto:agomez@unse.edu.ar), [cacatta@unse.edu.ar](mailto:cacatta@unse.edu.ar)

[ebiasoni@gmail.com](mailto:ebiasoni@gmail.com), [llarcher@unse.edu.ar](mailto:llarcher@unse.edu.ar), [enzostorniolo97@gmail.com](mailto:enzostorniolo97@gmail.com)

### RESUMEN

Diferentes ensayos muestran a los tubos de calor y a los termosifones como excelentes dispositivos de transporte térmico pasivo, presentando en general conductividad térmica efectiva mayor a las de los materiales sólidos de dimensiones semejantes.

Se describe la evaluación del desempeño de los dos colectores solares tubulares en calentamiento de aire; empleando como absorbedor en uno de ellos una barra maciza de hierro y en el otro un tubo hueco tipo heat pipe. La selección del tipo de fluido de trabajo, el agua y su nivel de carga en el sistema, fueron decisiones importantes y complejas en el desarrollo del equipo, ya que existen variados condicionantes relacionados al desempeño del sistema en función de estos dos factores. Las variables mensuradas como temperatura, radiación, velocidad del aire entre otras, permitieron evaluar el rendimiento de los colectores para calentar aire. Empleamos dos caudales de  $0,0023 \text{ m}^3 / \text{s}$  y  $0,0038 \text{ m}^3 / \text{s}$ , observando un rendimiento mayor para el caudal de aire más alto en el colector tubular hueco (heat pipe) y un incremento de la temperatura del aire que resulta interesante para diversas aplicaciones.

Las diferencias observadas en la resistencia térmica y de conductividad térmica efectiva entre la barra y el tubo hueco (heat pipe) se puede atribuir a que los mecanismos de transferencia de calor no son semejantes. El fluido de trabajo en el tubo hueco (heat pipe) contribuye a la estabilidad de la resistencia térmica y de conductividad térmica efectiva calculada en éste.

A partir del análisis de desempeño se observa que el colector solar conformado con el tubo hueco (heat pipe) alcanza rendimiento promedio mayor que el de la barra maciza de acero, siendo estos valores prometedores para su empleo en aplicaciones domiciliarias o en pequeñas industrias.

### ABSTRACT

Different tests show heat pipes and thermosyphons as excellent passive thermal transport devices, presenting in general effective thermal conductivity greater than those of solid materials of similar dimensions.

The evaluation of the performance of the two tubular solar collectors in air heating is described; using as absorber in one of them a solid iron bar and in the other a hollow tube type heat pipe. The selection of the type of working fluid, the water and its level of charge in the system, were important and complex decisions in the development of the equipment, since there are various conditioning factors related to the performance of the system based on these two factors. The measured variables such as temperature, radiation, air speed, among others, allowed evaluating the performance of the collectors to heat air. We use two flows of  $0.0023 \text{ m}^3 / \text{s}$  and  $0.0038 \text{ m}^3 / \text{s}$ , observing a higher performance for the highest air flow in the hollow tubular collector (heat pipe) and an increase in air temperature that is interesting for various applications.

The differences observed in the thermal resistance and effective thermal conductivity between the bar and the hollow tube (heat pipe) can be attributed to the fact that the heat transfer mechanisms are not similar. The working fluid in the hollow tube (heat pipe) contributes to the stability of the thermal resistance and effective thermal conductivity calculated in it.

From the performance analysis, it is observed that the solar collector formed with the hollow tube (heat pipe) reaches an average performance that is higher than that of the solid steel bar, these values being promising for use in home applications or in small industries.

**Palabras clave:** heat pipe, colector solar, resistencia térmica, conductividad térmica

## Introducción

Una de las aplicaciones más difundidas de la energía solar son los calentadores de agua y de aire para aplicaciones domiciliarias e industriales, estos sistemas se han convertido en una alternativa ecológica y económica.

Todos los sistemas de aprovechamiento solar con fines térmicos cuentan con una zona de colección, que dependiendo de las características o estrategias de aprovechamiento del calor útil tienen formas y dimensiones específicas.

Para el caso de los sistemas Heat Pipe (HP) el colector se basa en el principio de funcionamiento denominado ciclo de evaporación-condensación, siendo esta particularidad la que le brinda cualidades de alta eficiencia. El proceso inicia cuando el tubo de calor recibe la radiación solar y hace que el fluido (por ejemplo, metanol, etanol o agua) en su interior, con capacidad de cambio de fase en el rango de temperaturas destinados a ser usados cambie de estado líquido a gaseoso, provocando que el vapor se eleve a la parte superior del tubo donde se encuentra el condensador. El vapor al condensarse libera el calor latente hacia el circuito principal en general agua o aire, luego el líquido condensado regresa a la parte inferior del tubo de calor para completar el ciclo de circulación.

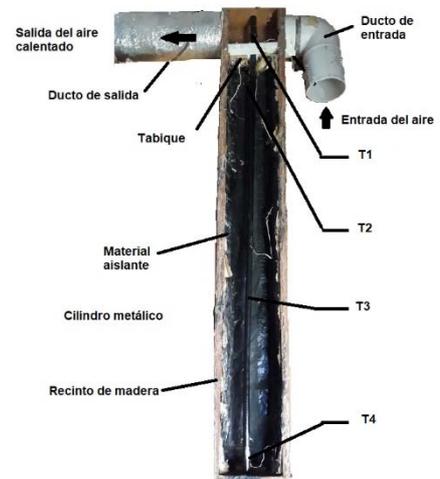
Las características de desempeño de los sistemas de aprovechamiento solar se valoran por medio de parámetros térmicos, como lo describe en forma detallada en su trabajo Solomon et al.) [1] (Hari, R., & Muraleedharan) [2] donde estudian la transferencia de calor de los tubos HP, teniendo en cuenta las incertidumbres de los coeficientes de transferencia de calor, donde la conductividad térmica de la tubería de calor estimada mediante el uso de la ley de conducción de calor de Fourier y el modelo de red de resistencia térmica concentrada. siendo la conductividad y la resistencia térmica parámetros importantes para determinar la variación de temperatura entre las secciones del evaporador y del condensador del colector. Considerando que la conductividad térmica ( $k$ ) es una característica propia de cada material, es la propiedad intrínseca que posee un material para trasladar calor.

En el presente trabajo se caracterizar el desempeño de los colectores solares tubulares construidos, determinando el rendimiento instantáneo del colector y cuantificando variables térmicas como resistencia y conductividad efectiva del tubo y de la barra de acero empleados como absorbedores. Las determinaciones de estos parámetros permitirán evaluar la pertinencia de su implementación en sistemas para el calentamiento de hogares o en el secado de productos agropecuarios, así como en otros procesos en donde se requiera el calentamiento de aire.

## Materiales y Métodos

Se construyeron dos colectores solares, uno de ellos basado en las características funcionales de un colector solar heat pipe y el segundo se trata de una barra metálica de acero macizo. El primer colector se conformó empleando un tubo cilíndrico de acero hueco de 13mm de diámetro interno, 15mm de diámetro externo y 1,2m de longitud.

El cilindro hueco se llena con agua destilada hasta un 20% de su volumen interno. En los extremos superior e inferior del cilindro hueco se ubica un tapón de metal cerrándose con un cordón de soldadura con aporte de plata de bajo punto de fusión, confinando el fluido de trabajo en el interior del tubo. En la confección del segundo colector se empleó una barra de acero macizo de 5/8 de diámetro (15,87mm) de 1,2m de longitud. Ambos cilindros se pintaron exteriormente de negro mate con la finalidad de optimizar la absorción de la radiación incidente. Se completó el armado del colector solar con un recinto cerrado, ductos de entrada y salida del aire; así como la cubierta superior del colector como el descrito por (Gómez Khairallah et al., 2021) [3]



## Resultado

Las temperaturas se midieron en los puntos indicados con ( $T_i$ ), cuyos registros muestran una variación a lo largo de la barra y el tubo de hierro tipo heat – pipe. También se registraron las temperaturas de entrada y salida del aire.

A partir de los valores obtenidos, se determina el rendimiento instantáneo de los colectores tubular macizo y tubular hueco, mediante la [ecuación 1] desarrollada por (Duffie, J. A., & Beckman, W. A. -2013) [4].

$$\eta = \dot{m} C_p \frac{(T_s - T_e)}{A I_i} \quad (1)$$

Donde  $\dot{m}$  es el flujo másico en kg/s,  $C_p$  calor específico del aire en J/(kg.°C),  $T_s$  temperatura de salida del aire,  $T_e$  temperatura de entrada del aire en el condensador o tabique superior (ambas en °C),  $A$  área del colector en  $m^2$  (se consideró el área del recinto donde el tubo absorbe la radiación solar) e  $I_i$  intensidad de la radiación instantánea  $W/m^2$ .

El colector tubular hueco (heat pipe) logró en promedio un rendimiento del 15%, mientras que en la barra maciza fue del 9% en promedio. Ambos colectores se ensayaron con el mismo caudal ( $0,0023 \text{ m}^3/\text{s}$ )

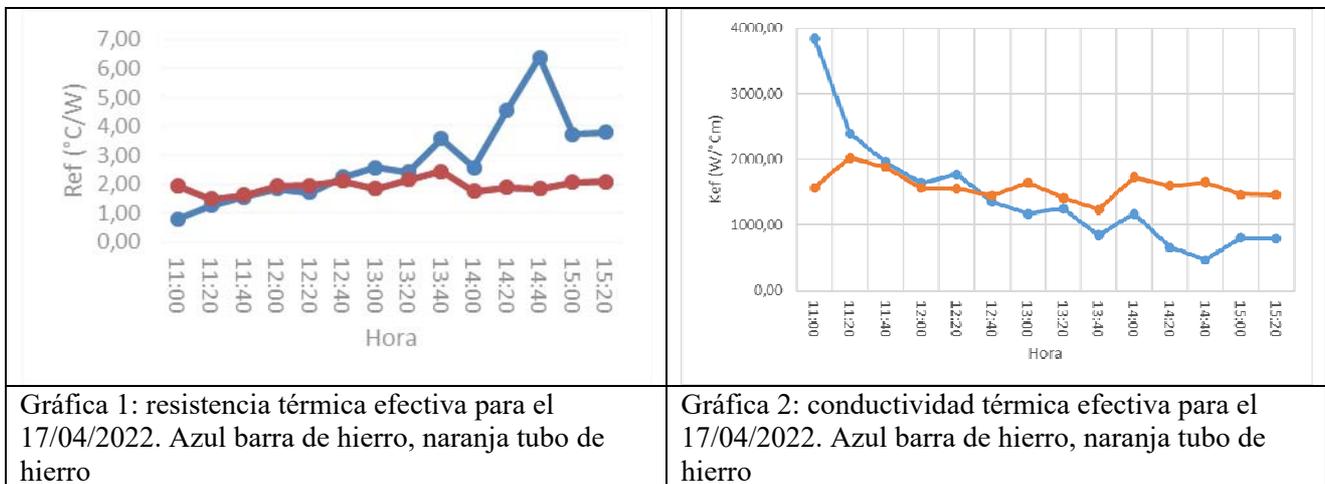
En otro ensayo, se determinó que el colector con el tubo hueco (heat pipe) alcanza en promedio un rendimiento del 30% con un caudal de  $0,0038 \text{ m}^3/\text{s}$ , mientras que el de la barra maciza de acero alcanzó en promedio un 10% con un caudal de  $0,0023 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Se calcula la resistencia térmica del tubo hueco (heat pipe) ecuación 2 y de la barra de acero, considerando

$$R_{t-s} = \frac{\Delta T_{t-s}}{\dot{q}} \quad (2)$$

Donde  $R_{t-s}$  es la resistencia térmica (°C/W),  $\dot{q}$  es el flujo de calor que entrega el heat pipe (W) y  $\Delta T_{t-s}$  es la diferencia entre la temperatura media del tubo en la zona colectora ( $T_3$ ) y la temperatura media del tubo en la zona condensadora ( $T_4$ ).

En la gráfica 1, se visualiza el comportamiento de la resistencia térmica para los tubos de los colectores, en el día 17/04/22.



A partir de los parámetros medidos se calculó el coeficiente de conductividad térmica efectivo de la barra de acero maciza y del tubo hueco (heat pipe). A partir de lo propuesto por (Solomon et al.) (1), donde consideran al heat pipe como una barra conductora de calor desde la zona colectora la cual está a alta temperatura a la zona condensadora que está a baja temperatura, y aplicando la ecuación de calor de Fourier, [ecuación 3] estimamos el coeficiente de conductividad térmica efectivo.

$$k_{ef} = \dot{q} \frac{L_{ef}}{A \Delta T_{t-s}} \quad (3)$$

Donde:  $k_{ef}$  coeficiente de conductividad térmica efectivo (W/(m°C)),  $\dot{q}$  es el flujo de calor que entrega (W),  $\Delta T_{t-s}$  es diferencia entre la temperatura media del tubo en la zona colectora y la temperatura media del tubo en la zona condensadora (°C),  $A$  es el área transversal del tubo,  $L_{ef}$  es la longitud efectiva del tubo.

Siendo la longitud efectiva de la barra o el tubo hueco (heat pipe) la suma de la mitad de la longitud del colector y de la mitad de la longitud del condensador. Los resultados de la barra y el tubo para el día 17/04/2022 se muestran en la gráfica 2.

### **Discusión**

Los ensayos con los colectores se realizaron 2 horas antes y después del mediodía solar para absorber la mayor radiación solar.

En la gráfica 1, se observa la resistencia térmica del colector tubular macizo y del tubular hueco (heat pipe), donde el colector tipo heat pipe alcanzó un rendimiento estable durante las horas en que se realizó el ensayo. Para el ensayo del día 29/03/2022 se puede apreciar que en los rendimientos instantáneos obtenidos, no se observan fluctuaciones importantes, una vez que el sistema entró en régimen de trabajo.

Se observada en la gráfica 1 y 2 que el tubo hueco (heat pipe) mantiene un comportamiento estable en las horas del ensayo, mientras que en la barra maciza se aprecia un incremento de la resistencia térmica y una disminución de la conductividad térmica efectiva.

### **Conclusiones**

Las diferencias observadas en la resistencia térmica y de conductividad térmica efectiva entre la barra y el tubo hueco (heat pipe) se puede atribuir a que los mecanismos de transferencia de calor no son semejantes. El fluido de trabajo en el tubo hueco (heat pipe) contribuye a la estabilidad de la resistencia térmica y de conductividad térmica efectiva calculada en éste.

A partir del análisis de desempeño se observa que el colector solar conformado con el tubo hueco (heat pipe) alcanza rendimiento promedio mayor que el de la barra maciza de acero, siendo estos valores prometedores para su empleo en aplicaciones domiciliarias o en pequeñas industrias.

### **REFERENCIAS**

1. A.B. Solomon, M. Sekar, M. and S. H. Yang. “Analytical expression for thermal conductivity of heat pipe”. Applied Thermal Engineering, 100, (2016). 462-467.
2. R. Hari and C. Muraleedharan. “Analysis of effect of heat pipe parameters in minimizing the entropy generation rate”. Journal of Thermodynamics, 2016.
3. A. O. Gómez Khairallah, C. A. Cattaneo y P. S. Togo. “Análisis térmico de heat pipe tubulares, utilizados en colectores solares para calentar aire”. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA. 7, (2021). 353-360.
4. J.A. Duffie and W.A. Beckman. (1980). “Solar engineering of thermal processes” (1980). (p. 16591). New York: Wiley.

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA FORMA Y TAMAÑO DE MATERIALES DE  
RELLENO EN LA PÉRDIDA DE CARGA DE UN LECHO EMPACADO**

**Gustavo A. Salcedo<sup>(1, 3)</sup>; Enrique E. Tarifa<sup>(2, 3)</sup>; Eve L. Coronel<sup>(1)</sup>; Lara V. Lescano<sup>(1)</sup>;  
Domingo A. Rosas<sup>(1)</sup> e Inés A. Diaz<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano  
1912, Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca 10, Jujuy, Argentina.

<sup>(3)</sup> CONICET

Correo Electrónico: [gusalc2.92@gmail.com](mailto:gusalc2.92@gmail.com)

**RESUMEN**

*El lecho empacado se utiliza en una amplia gama de operaciones industriales. El objetivo de la presente investigación fue el análisis de la influencia de la forma y tamaño de los materiales de relleno sobre la caída de presión a través de una columna de lecho empacado a diferentes frecuencias de trabajo del soplante de alimentación de aire. Se emplearon dos dispositivos digitales, uno para medición de velocidad, y otro para caída de presión. Los resultados obtenidos mostraron cierta influencia del empaque sobre la caída de presión a través de la columna. Por debajo de la mitad de la frecuencia máxima, todas las muestras presentaron caídas de presión similares entre sí, pero por encima de este valor, se evidenciaron diferencias con respecto a esta variable. Cuando se trabajó a la máxima frecuencia, el fideo Ave María presentó la mayor pérdida de carga, mientras que el menor valor correspondió a las arvejas partidas. Los empaques presentaron comportamientos particulares a determinadas frecuencias de trabajo.*

**ABSTRACT**

*Packed bed is used in a wide range of industrial operations. The objective of the present investigation was the analysis of the influence of the shape and size of the packing materials on the pressure drop through a packed bed column at different working frequencies of the air supply blower. Two digital devices were used, one for velocity measurement, and the other for pressure drop. The results obtained showed some influence of the packing on the pressure drop through the column. Below half of the maximum frequency, all the samples presented pressure drops similar to each other, but above this value, differences were evident with respect to this variable. When worked at the maximum frequency, the Ave María noodle presented the highest load loss, while the lowest value corresponded to the split peas. The packings presented particular behaviors at certain working frequencies.*

*Palabras claves: Columna empacada, ecuación de Ergun, pérdida de carga, material de relleno.*

## Introducción

El lecho empacado presenta diversas aplicaciones industriales, tales como la filtración, transferencia de calor, adsorción, reacciones químicas con catalizadores sólidos, intercambio iónico, deshidratación, entre otras [1]. El sistema en estudio consiste en una columna de lecho fijo, conteniendo alimentos con diversos tamaños y geometrías, a través del cual fluye aire a diferentes frecuencias de trabajo.

Dado que el empaque está seco y sólo circula aire a través de la columna, la caída de presión se debe al flujo que atraviesa la columna por un conjunto de aperturas de tamaño y ubicación variable a lo largo del lecho. En este caso, el sistema obedece a la ecuación de Ergun [2]. Esta ecuación posee estrecha relación con la porosidad, las características del material de relleno, y las propiedades y velocidad del aire [3].

Dada la escasa investigación existente sobre la influencia de la forma y tamaño de las partículas sobre la caída de presión a través de los lechos, en el presente trabajo se estudia dicha relación, asumiendo que, como cada uno de los materiales utilizados posee tamaño y geometría distintas, se espera obtener diferentes curvas de caída de presión.

## Materiales y Métodos

En las experiencias realizadas, se trabajó con frecuencias  $F$  entre 5 y 60 Hz, tomando como valores intermedios múltiplos de 5 Hz, con una temperatura de aire  $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Se trabajó con el anemómetro de Pitot digital TROTEC TA400. Este instrumento mide la velocidad máxima, con la cual luego se calculó la velocidad promedio. Además, se empleó un manómetro diferencial digital EXTECH 407910. Este equipo mide la caída de presión a través del lecho, tanto vacío como empacado.

Se empleó una columna cilíndrica de polipropileno, con un diámetro de 37,78 mm y altura de 163,1 mm. La entrada de la misma estuvo conectada con un soplante radial de alimentación de aire. Los rellenos estuvieron conformados por siete muestras diferentes: coriandro, soja, fideo Ave María, lenteja, arveja partida, fideo munición y arroz largo fino. Cuando se coloca cada uno de estos empaques, la trayectoria del flujo de aire se ve obstaculizada, y sigue varios canales paralelos y conectados internamente. Los canales se ensanchan y estrechan, presentando desviaciones cuando las partículas interceptan el paso. Adicionalmente, las superficies rugosas de las partículas producen pérdidas de arrastre de forma y fricción de superficie [1]. Se estudió la caída de presión en función de la velocidad superficial, es decir, la velocidad que existiría a través del lecho, si éste estuviera vacío.

Los materiales de relleno utilizados presentaron geometrías variadas: esferas, como la soja y coriandro; semiesferas, como las arvejas partidas; cilindros largos, como el arroz largo fino; cilindros cortos, como el fideo munición; esferoides oblatos, como las arvejas; y cilindros huecos, como el fideo Ave María.

## Resultados

La Figura 1 presenta los valores experimentales de caída de presión a través de los diferentes empaques.

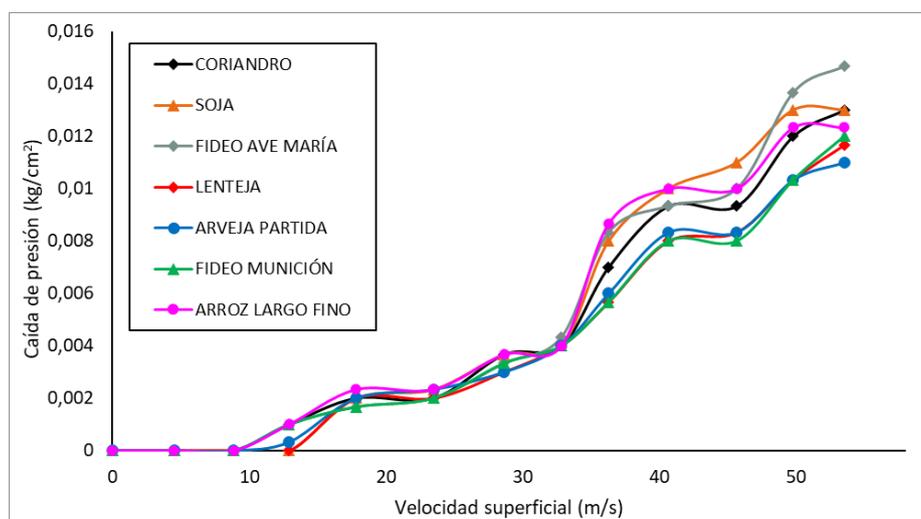


Figura 1. Caída de presión a través de los diferentes empaques.

Hasta una frecuencia de 35 Hz, todas las muestras presentaron curvas de caídas de presión similares, pero por encima de este valor, comenzaron a surgir diferencias con respecto a esta variable, siendo el fideo Ave

María el que mayor caída de presión presentó a la máxima frecuencia. Contrariamente, y en las mismas condiciones de trabajo, las arvejas partidas exhibieron una menor caída de presión que el resto. Esta diferencia aproximada entre el máximo y el mínimo valor de caída de presión cuando  $F = 60$  Hz, de  $0,004 \text{ kg/cm}^2$  en toda la longitud del lecho, se debe a la gran variedad de geometrías y tamaños que presentaron los materiales de empaque. Cuando se trabajó con una frecuencia superior a 35 Hz, algunos rellenos presentaron similitud de comportamiento a lo largo del lecho, como las arvejas partidas, las lentejas y los fideos tipo munición. Por encima de éstos, se ubicó la curva del coriandro, aunque con valores cercanos de caídas de presión. Con valores de caída de presión superiores al anterior, se ubicó el arroz largo fino, y a continuación, la soja. Por su parte, el fideo Ave María, si bien presentó el valor máximo de caída de presión cuando  $F=60\text{Hz}$ , exhibió fluctuaciones a diferentes valores de frecuencia, y su curva se ubicó en la zona intermedia de caída de presión cuando  $40\text{Hz}<F<50\text{Hz}$ .

### **Conclusiones**

Todos los materiales de empaque presentan aproximadamente la misma curva de caída de presión a frecuencias inferiores a 35 Hz, mientras que, por encima de esta frecuencia, los rellenos presentan comportamientos particulares. Algunos muestran curvas similares a lo largo del lecho, tal es el caso de las arvejas partidas, las lentejas y los fideos tipo munición. Por encima de éstos, pero con valores cercanos de caídas de presión, se ubica el coriandro, seguido por el arroz largo fino y la soja. Por su parte, el fideo Ave María, si bien presenta el valor máximo de caída de presión cuando  $F=60\text{Hz}$ , exhibe fluctuaciones a diferentes valores de frecuencia, ubicándose en la zona intermedia de caída de presión cuando  $40\text{Hz}<F<50\text{Hz}$ .

Estos valores de caída de presión obtenidos sirven de referencia para futuros experimentos con materiales de relleno que presenten características similares a las del actual trabajo, considerando la amplia gama de geometrías y tamaños utilizados en el mismo.

### **Referencias**

1. Foust, A. S., Wenzel, L. A., Clump, C. W.; Maus, L.; & Andersen, L. B. (2006). "Principios de operaciones unitarias". (2a. ed.). México: Programas Educativos, S. A. de C. V. (*libro*)
2. Urzúa Guerra, P. W. (2008). "Modelo físico predictivo de la fluidodinámica de lecho empacado para conversión continua de cobre". Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. (*tesis de grado*)
3. Álvarez, G., Bournet, PE y Flick D. (2003). "Simulación bidimensional de flujo turbulento y transferencia a través de esferas apiladas". Revista Internacional de Transferencia de Calor y Masa, 46(13), 2459-2469. doi:10.1016/S0017-9310(02)00546-X. (*paper*)

## VALIDACIÓN DE SOFTWARE DE ESTIMACIÓN DE $T_0$ PARA EMPLEO EN MASTER CURVE

Federico Braun<sup>(1)\*</sup>, Carlos Berejnoi<sup>(2)</sup> y Juan Perez Ipiña<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Alumno del Doctorado en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Avda. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Consejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta, Avda. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup> CONICET.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [fbraun@ing.unsa.edu.ar](mailto:fbraun@ing.unsa.edu.ar)

### RESUMEN

El concepto Master Curve presenta una metodología para el análisis de la transición dúctil frágil de aceros ferríticos a través de una curva universal calibrada en una temperatura de referencia  $T_0$  que se obtiene por aplicación de la norma ASTM E1921 a resultados de ensayos. Con el fin de reducir los tiempos en el tratamiento de datos, desarrollamos un código en entorno de Visual Basic for Applications de Excel, en el cual se incluyen las diferentes situaciones de cálculo consideradas en la norma. En el presente trabajo se muestran los resultados preliminares de cálculos de  $T_0$  realizados por medio del software, utilizando los juegos completos de Euro dataset para el caso particular de análisis a una temperatura. Como método de validación de los resultados obtenidos, se realizó una contrastación con los resultados de probetas 1T —del mismo juego de datos— publicados en la literatura.

### ABSTRACT

The Master Curve concept presents a methodology for the analysis of the ductile to brittle transition of ferritic steels through a universal curve calibrated at a reference temperature  $T_0$  that is obtained by applying of the ASTM E1921 standard to test results. In order to minimize time in the data treatment, we develop a software in Visual Basic for Applications in Excel, which includes the different calculation situations considered in the standard. In the present work, the preliminary results of calculations of  $T_0$  carried out by means of the software are shown, using the complete sets of Euro dataset for the particular situation of single temperature analysis. As a method for the validation of the results, a comparison was made with the results of 1T specimens —from the same data set— published in the literature.

*Palabras Clave:* Master curve, Transición dúctil frágil, Euro dataset, ASTM E 1921.

### Introducción

La caracterización de la tenacidad a la fractura de aceros ferríticos en la región de transición dúctil frágil presenta valores dependientes del tamaño de probeta, que a su vez muestran una elevada dispersión y una dependencia con la temperatura. La Master Curve [1] presenta una metodología para el análisis a través de una curva universal calibrada en una temperatura de referencia  $T_0$ . Ésta se define como la temperatura para la cual la mediana de la tenacidad a la fractura de probetas de 25 mm de espesor es igual a  $100 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ . Los efectos estadísticos del tamaño de probeta en  $K_{JC}$ , en el rango de transición, se abarca utilizando la teoría *weakest link*, aplicada a una distribución de Weibull de tres parámetros de los valores de tenacidad a la fractura [2]. Siendo:  $K_{\min}$  el parámetro umbral,  $K_0$  el parámetro de escala (correspondiente al 63.2% de

probabilidad de falla acumulada), y  $b_k$  el parámetro de forma. La metodología para determinar  $T_0$  ha sido normalizada por ASTM mediante la norma E1921.

Debido a la necesidad de una base de datos de tenacidad a la fractura para la validación de modelos existentes, la *ESIS (European Structural Integrity Society)*, en conjunto con diez laboratorios europeos, lanzó el proyecto “*Fracture Toughness of Steel in the Ductile-to-Brittle Transition Regime*”. Como resultado de éste, se obtuvieron más de 750 resultados de ensayos, a partir de un acero 22NiMoCr37 (A508 Cl.2) de recipiente a presión, a diferentes temperaturas y tamaños de probeta, conocido como el *Euro Dataset* [3].

En el presente trabajo se muestran los resultados preliminares de cálculos de  $T_0$ , realizados por medio de un *software* propietario y los juegos completos de *Euro Dataset*, para el caso particular de análisis a una temperatura. En este caso particular, el cálculo de  $T_0$  se lleva a cabo por medio de la determinación de  $K_0$  y de la mediana de la tenacidad  $K_{JC(\text{med})}$ . Como método de validación de los resultados obtenidos, se realizó una contrastación con los resultados de probetas 1T publicados en el trabajo “*Master curve analysis of the Euro fracture toughness dataset*” de K. Wallin [4]. La comparación de resultados se realizará a instancias del parámetro  $K_0$ .

## Materiales y Métodos

Para la determinación de  $T_0$  desarrollamos un código en entorno de *Visual Basic for Applications* de Excel, en el cual se incluyen las diferentes situaciones de cálculo consideradas en la norma E1921. De manera resumida, el *software* considera las siguientes etapas:

- (1) Selección de la muestra: Además de la posibilidad de seleccionar la muestra a analizar en “modo manual”, el *software* da al usuario la posibilidad de trabajar bajo dos modalidades adicionales: (A) Un método de selección aleatoria: en el cual, por medio de la selección de una población de partida de tamaño  $m$ , el programa toma una muestra aleatoria de tamaño  $n$  ( $n < m$ ), indicado por el usuario. (B) Un método iterativo: el usuario debe seleccionar  $n$  y  $m$ , y además un número de iteraciones ( $l$ ). Con esta información, el programa realiza  $l$  cálculos de  $T_0$ , a partir de  $n$  muestras independientes, extraídas aleatoriamente de la población de partida  $m$ .
- (2) Conversión de  $J_C$  a  $K_{JC}$ : Los datos de tenacidad a la fractura se expresan en términos de un factor de intensidad de tensiones equivalente  $K_{JC}$ , derivado de convertir los resultados de ensayos elastoplásticos  $J_C$ .
- (3) Censura: Se lleva a cabo una cesura de ensayos que superan un valor máximo de  $K_{JC}$ , relativo al tamaño de probeta, de modo de asegurar una condición de elevado constraint en el frente de fisura. O bien, si el crecimiento estable de fisura supera un valor máximo  $\Delta a_{\text{máx}}$ .
- (4) Conversión de tamaño: En caso de que los ensayos hayan sido realizados utilizando probetas de tamaño diferente a 1T (25 mm), los resultados obtenidos deben ser convertidos a un equivalente 1T.
- (5) Cálculo de  $T_0$ : Se lleva adelante el cálculo de  $T_0$ , ya sea para el caso de probetas ensayadas a diferentes temperaturas, o para el caso de ensayos a una única temperatura.
- (6) Verificación de homogeneidad: Finalmente el software brinda al usuario la opción de verificar si la muestra analizada puede provenir de un material macroscópicamente inhomogéneo. Si bien, en su versión actual el programa considera la metodología de verificación de homogeneidad dada por la norma, no incluye el cálculo de  $T_0$  a partir de datos potencialmente inhomogéneos.

Debido a que en el trabajo utilizado para contrastar resultados [4] el autor no lleva a cabo la instancia de conversión de tamaño, la verificación de funcionamiento del software se realizó solo para los cálculos sobre juegos de tamaño igual a 1T.

## Resultados

En la Tabla N°1 se observan los resultados obtenidos por medio del software de cálculo, en la misma se detalla: temperatura de ensayo; tamaño de probeta; número de ensayos; cantidad de ensayos no válidos, descartados por problemas durante la ejecución del mismo; número de ensayos no censurados; valor obtenido de  $T_0$ ; validez de  $T_0$  y, en caso de que el mismo sea no válido, causa de dicha invalidez; y resultado de la verificación de homogeneidad de la muestra.

Temp.	Tamaño	Nº de ensayos	Nº de ensayos NO válidos	Nº de ensayos no censurados	T <sub>0</sub>	¿T <sub>0</sub> Válido?	Causa	¿Verifica homogeneidad?
-154	0.5	32	1	31	-41.1	NO	(1)	NO
-154	1	39	0	39	-52.1	NO	(1)	NO
-154	2	32	0	32	-61.2	NO	(1)	NO
-110	0.5	55	0	55	-84	SI	-	SI
-91	0.5	31	1	30	-89.8	SI	-	SI
-91	1	34	4	30	-94	SI	-	SI
-91	2	30	0	30	-96.9	SI	-	SI
-91	4	15	0	15	-97	SI	-	SI
-60 *	0.5	31	0	29	-79.8	SI	-	SI
-60 **	0.5	31	0	22	-93.4	NO	(2)	SI
-60	1	34	1	33	-86.4	SI	-	SI
-60	2	30	0	30	-109.7	SI	-	NO
-40	0.5	32	2	8	-93.7	NO	(1) (2)	SI
-40	1	32	0	31	-90.2	NO	(1)	SI
-40	2	30	0	30	-84.9	SI	-	SI
-20	0.5	31	0	2	-92.3	NO	(1) (2)	SI
-20	1	30	0	14	-92.3	NO	(1) (2)	SI
-20	1 SG	20	0	9	-91.3	NO	(1) (2)	SI
-20	2	30	0	30	-86	SI	-	SI
-20	4	15	1	14	-80.5	NO	(1)	SI
-10	1	5	0	0	-	-	-	-
0	0.5	32	2	0	-	-	-	-
0	1	41	0	0	-	-	-	-
0	2	30	0	18	-93.9	NO	(1) (2)	SI
0	4	16	0	14	89.4	NO	(1) (2)	SI
20	1	10	0	0	-	-	-	-
20	2	30	0	0	-	-	-	-
20	4	15	0	2	-	-	-	-

(1) T-T<sub>0</sub>>50. (T: Temperatura de ensayo)

(2) N-r > admisible. (N: Número de ensayos válidos; r: Número de ensayos no censurados).

\*Juego original.

\*Juego obtenido a partir de mitades de probetas 2T.

Tabla N°1: Resultados obtenidos.

Los resultados para la verificación de funcionamiento obtenidos de la comparación con el trabajo de K. Wallin [4] se muestran en la Tabla N°2.

Tamaño	Temperatura [°C]	K <sub>0</sub> Wallin [MPa √m]	K <sub>0</sub> software [MPa √m]
1	-154	42	41.4
	-91	112	111.3
	-60	158	157.4
	-40	231	230.7
	-20	342	342.9
	-10		-
	0		-
	20		-

Tabla N°2: Resultados de verificación de software.

## Discusión

A partir de los cálculos realizados es posible resaltar los siguientes aspectos relevantes:

- 1) Para poder realizar una comparación con el trabajo de referencia [4] se utilizaron los resultados obtenidos para probetas de tamaño 1T. La comparación se realizó a instancias del parámetro de escala  $K_0$ .
- 2) Del análisis de resultados obtenidos en la validación, se desprende que la diferencia de los resultados obtenidos en el cálculo del parámetro  $K_0$  es inferior al 1.5%.
- 3) La implementación del software de cálculo permite reducir considerablemente los tiempos de tratamientos de datos y los posibles errores debido al factor humano.

## Conclusión

Se llevaron a cabo cálculos de  $T_0$ , por medio de un software propietario, de juegos completos correspondiente al *Euro Dataset*, para el caso particular de análisis a una temperatura. Por medio de la contrastación de resultados con el trabajo “*Master curve analysis of the Euro fracture toughness dataset*” de K. Wallin, se pudo verificar el correcto funcionamiento del software. Por su parte, los resultados obtenidos muestran que la metodología de cálculo contemplada en la norma ASTM E 1921, arroja resultados consistentes para temperaturas de ensayo cercanas al valor de  $T_0$ .

## REFERENCIAS

1. Wallin K. Irradiation damage effects on the fracture toughness transition curve shape for reactor pressure vessel steels. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 1993;55(1):61 - 79.
2. ASTM E1921-21 Standard test method for determination of reference temperature,  $T_0$ , for ferritic steels in the transition range. *Book of ASTM standards*, vol. 03.01, 2021.
3. Heerens J., Hellmann D., Development of the Euro fracture toughness dataset. *Engineering Fracture Mechanics*. 2002; 69. 421–449. 10.1016/S0013-7944(01)00067-4.
4. Wallin, K., Master curve analysis of the “Euro” fracture toughness dataset. *Engineering Fracture Mechanics*. 2002; 69(4): 451–81.

## PROPAGACIÓN DE INCERTIDUMBRE EN MODELOS MATEMÁTICOS MEDIANTE SIMULACIÓN DE MONTE CARLO

Enrique E. Tarifa<sup>(1,2)\*</sup>, Gustavo A. Salcedo<sup>(3)</sup>, Sergio L. Martínez<sup>(1)</sup> y Eve L. Coronel<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca 10, Jujuy, Argentina.

<sup>(2)</sup>CONICET

<sup>(3)</sup>Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano 1912. Santiago del Estero, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [etarifa@fi.unju.edu.ar](mailto:etarifa@fi.unju.edu.ar)

### RESUMEN

*El resultado de todo cálculo tiene asociada una incertidumbre que es función de la incertidumbre de los datos y de las operaciones matemáticas realizadas. La importancia de estimar la incertidumbre de un resultado motivó el desarrollo de varios métodos. Uno de ellos fue publicado por la Organización Internacional para la Estandarización, junto a seis organizaciones vinculadas a la medición y estandarización. Este método consiste en una solución analítica cuya complejidad y rango de validez dependen del cumplimiento de ciertas hipótesis. En el presente trabajo, se adoptan algunos conceptos de dicho método y se los complementa con la propagación de la incertidumbre empleando la simulación de Monte Carlo. El método original y el propuesto se aplicaron a un caso de estudio, y se observó que ambos concuerdan en las estimaciones realizadas. Sin embargo, el método propuesto en el presente trabajo no requiere el cumplimiento de ninguna hipótesis, lo cual expande su rango de validez.*

### ABSTRACT

*The result of any calculation has an associated uncertainty that is a function of the uncertainty of the data and of the mathematical operations performed. The importance of estimating the uncertainty of a result motivated the development of several methods. One of them was published by the International Organization for Standardization, together with six organizations linked to measurement and standardization. This method consists of an analytical solution whose complexity and range of validity depend on the fulfillment of certain hypotheses. In the present work, some concepts of said method are adopted and complemented with the propagation of uncertainty by using the Monte Carlo simulation. The original method and the proposed one were applied to a case study, and it was observed that both agree in the estimates yielded. However, the method proposed in the present work does not require the fulfillment of any hypothesis, which expands its range of validity.*

*Palabras claves: propagación de incertidumbre, simulación de Monte Carlo, GUM.*

### Introducción

Toda medida experimental involucra un error. Este error afecta inevitablemente a los resultados de los cálculos que se realicen a partir de ella. La estimación del efecto que tiene el error de los datos sobre los resultados de los cálculos es un problema que se presenta en varios campos de la ciencia, tecnología e ingeniería. Por este motivo, en cada campo se generalizó el empleo de alguna solución particular: propagación de errores, propagación de varianzas, propagación de cifras significativas, entre otras.

Uno de los métodos usados para realizar la propagación de errores es la Simulación de Monte Carlo [1]. Con este método, primero se deben identificar las distribuciones probabilísticas que gobiernan los datos. Luego, se emplean generadores de variables aleatorias para generar valores que obedezcan a dichas distribuciones.

Con estos valores como dato, se realizan los cálculos para obtener los posibles resultados. Finalmente, se analiza la distribución de frecuencia de los resultados para estimar un intervalo de confianza. El problema con este método es que no existía un consenso para identificar las incertidumbres de los datos.

Antes de 1993, no existía un procedimiento estándar internacional para estimar y reportar la incertidumbre en mediciones. Para superar los inconvenientes causados por esa situación, la Organización Internacional para la Estandarización, junto a seis organizaciones vinculadas a la medición y estandarización, publicó la *Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición* [2], generalmente referida como GUM por sus siglas en inglés (*Guide to the expression of uncertainty in measurement*). El procedimiento recomendado por la GUM permite estimar la incertidumbre del resultado de un cálculo a partir de las incertidumbres conocidas de los datos. La incertidumbre de los datos se clasifica en dos tipos: tipo A y tipo B. Para el primer tipo, la incertidumbre se estima mediante cálculos estadísticos aplicados a una muestra. En cambio, para el segundo tipo, la incertidumbre se estima aplicando la experiencia y el criterio profesional; por lo tanto, esta estimación es subjetiva. De acuerdo a la GUM, la incertidumbre tipo A se obtiene de una función de densidad de probabilidad derivada de la distribución de frecuencias observadas; mientras que la incertidumbre tipo B se obtiene de una función de densidad de probabilidad que se asume basada en la confianza que se tiene en que un evento ocurrirá, por lo cual es subjetiva. Los dos enfoques usan diferentes interpretaciones de la probabilidad: el primero, la interpretación frecuentista; el segundo, la bayesiana.

Los conceptos y cálculos involucrados en el procedimiento sugerido por la GUM tienen cierta complejidad. Por este motivo, existen varias publicaciones que explican cómo debe aplicarse este procedimiento [3]. Otros inconvenientes surgen de las hipótesis adoptadas para poder obtener una solución analítica práctica; cuando esas hipótesis no se cumplen, el procedimiento modifica los cálculos haciéndolos más complejos. Para superar estos inconvenientes, en el presente trabajo se propone un nuevo método que combina la estimación de las incertidumbres tipo A y B del método recomendado por la GUM con la simulación de Monte Carlo para realizar la propagación de tales incertidumbres. Este método resuelve en forma numérica el problema, por lo que no requiere el cumplimiento de hipótesis que restrinjan su rango de aplicación.

## Metodología

El procedimiento indicado por la GUM consiste en los siguientes pasos [2], [3]:

1. Definir el modelo que permita el cálculo de la variable dependiente  $Y$  (resultado) en función de las  $m$  variables independientes  $X$ , denominadas componentes de incertidumbre:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_m) \quad [1]$$

2. Para cada variable independiente  $X_j$ :
  - a. Estimar la incertidumbre tipo A: Usando las  $n_j$  mediciones correspondientes, calcular el promedio  $\bar{X}_j$ , la desviación estándar  $u_j$  y el grado de libertad  $\nu_j$ .
  - b. Estimar la incertidumbre tipo B: Esto se hace suponiendo la distribución probabilística que gobierna a la componente de incertidumbre en cuestión. En función de dicha distribución, se obtendrá  $u_j$ . De acuerdo al nivel de confianza que se tenga del dato, se estima un valor de  $\nu_j$  siguiendo las indicaciones de Gregory et al. [3].
  - c. Calcular el valor promedio de  $Y$  a partir de los valores promedios de las  $X$ .
  - d. Calcular los coeficientes de sensibilidad  $c_j$  empleando derivadas parciales analíticas o numéricas de  $Y$  con respecto a  $X_j$ .
3. Calcular la desviación estándar de  $Y$  suponiendo un modelo lineal y que no existe correlación entre las incertidumbres:

$$u_Y = \sqrt{\sum_{j=1}^m (c_j u_j)^2} \quad [2]$$

4. Calcular el grado de libertad del resultado  $\nu_Y$ :

$$\nu_Y = \frac{u_Y^4}{\sum_{j=1}^m \frac{(c_j u_j)^4}{\nu_j}} \quad [3]$$

5. Calcular la incertidumbre expandida  $U_Y$ :

$$U_Y = k u_Y \quad [4]$$

donde el factor de cobertura  $k$  se calcula con la distribución de Student. Por ejemplo, para un nivel de confianza del 95 % del intervalo  $[\bar{Y} - U_Y, \bar{Y} + U_Y]$  y  $\nu_Y = 5$ ,  $k$  adopta el valor 2.57.

El procedimiento básico recomendado por la GUM tiene algunas limitaciones debido a las hipótesis adoptadas: a) las incertidumbres de las componentes no están correlacionadas, b) existe una relación lineal entre las incertidumbres de las componentes con la incertidumbre del resultado [3]. Si estas hipótesis no se cumplen, el procedimiento cambia incorporando cálculos más complejos. A esto se agrega, la necesidad de calcular los coeficientes de sensibilidad.

En el método que se propone en el presente trabajo, las incertidumbres también se clasifican en tipo A y B para obtener  $u$  y  $v$  de las componentes de incertidumbre. Luego, estos valores son utilizados para realizar una simulación de Monte Carlo que permite obtener la distribución de frecuencias del resultado. Finalmente, a partir de esta distribución, se determina el intervalo de confianza del resultado. Con este procedimiento, se superan todas las limitaciones del procedimiento sugerido por la GUM: a) se puede considerar las correlaciones que existan entre las incertidumbres de los datos sin volver más complejo los cálculos, b) se puede trabajar con el modelo no lineal sin modificar el procedimiento, c) no emplea coeficientes de sensibilidad.

Básicamente, la simulación de Monte Carlo ejecuta el siguiente procedimiento:

1. Generar valores aleatorios para las variables  $X$  utilizando los generadores correspondientes a las distribuciones probabilísticas que las gobiernan.
2. Empleando el modelo, calcular el valor de  $Y$  correspondiente a los valores de  $X$  generados.
3. Guardar el valor de  $Y$  en una tabla.
4. Si no se alcanzó la cantidad de iteraciones deseadas, regresar a al paso 1.
5. A partir de los valores de  $Y$  guardados en la tabla de resultados, determinar el intervalo de confianza del resultado.

## Resultados

Para comparar los dos métodos en cuestión, se eligió un caso de estudio: la estimación de la densidad  $\rho$  de una solución de NaCl al 2 % utilizando la masa  $m$  y el volumen  $V$  como variables independientes a medir, ec. [5]. Este caso de estudio fue presentado por Delgado [4]. Con el fin de no extender la explicación más allá de lo estrictamente necesario, solo se utilizó un subconjunto de datos de los informados en el citado trabajo.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [5]$$

El instrumental empleado consistió en un picnómetro de 10 mL y una balanza analítica, cuyo display presenta el resultado en gramos, con una precisión de un entero y cuatro decimales. El certificado de calibración de la balanza informa una incertidumbre expandida de 0.00002 g, con un factor de cobertura  $K = 2$  para el 95 % de confianza. El certificado de calibración del picnómetro informa una incertidumbre expandida de 0.00013 mL, con un factor de cobertura  $K = 2$  para el 95 % de confianza.

En este ejemplo, la variable dependiente es  $\rho$ , mientras que las componentes de incertidumbre son  $m$  y  $V$ ; por lo tanto, existen dos fuentes de incertidumbre: el pesaje y la medición del volumen. Por una parte, el pesaje se ve afectado por una incertidumbre tipo A debida a la repetibilidad de las mediciones, una incertidumbre tipo B debida a la calibración de la balanza y otra incertidumbre tipo B debida a la resolución del display de la balanza. Por otra parte, el volumen solo es afectado por una incertidumbre tipo B debida a la calibración del picnómetro.

Delgado [4] promedió tres mediciones de  $m$ , con una desviación estándar muestral de 0.0003 g; por lo tanto, la desviación estándar correspondiente al tipo A es  $0.0003 \text{ g}/\sqrt{3} = 0.00017 \text{ g}$ . Por otra parte, la incertidumbre tipo B debida a la calibración de la balanza es igual a la incertidumbre expandida (del certificado) dividida por  $k$ , es decir:  $0.00002 \text{ g}/2 = 0.00001 \text{ g}$ . Por último, la incertidumbre tipo B debida a la resolución del display de la balanza es función del número más pequeño que puede mostrar el equipo (0.0001):  $(0.0001 \text{ g}/2)/\sqrt{3} = 0.000029 \text{ g}$  (asumiendo una distribución rectangular para la incertidumbre entre -0.00005 y 0.00005 con un nivel de confianza del 100 %).

En cuanto al picnómetro, a partir de la información brindada en el certificado de calibración, se estima la incertidumbre tipo B como  $0.00013 \text{ mL}/2 = 0.000065 \text{ mL}$ .

La Tabla 1 presenta todas las incertidumbres. También, presenta los correspondientes grados de libertad. Para las incertidumbres tipo B, los grados de libertad se estimaron de acuerdo a lo indicado por Gregory et

al. [3], suponiendo que son estimaciones razonables. Los coeficientes de sensibilidad se obtuvieron de las correspondientes derivadas parciales del modelo, y se evaluaron con los valores medios  $\bar{m}$  y  $\bar{V}$ .

Tabla 1: Tabla de análisis de incertidumbre

Componente	$u$	$\nu$	$c$
$m$ repetibilidad	0.00017 g	2	0.1 mL
$m$ calibración	0.00001 g	8	0.1 mL
$m$ display	0.000029 g	8	0.1 mL
$V$ calibración	0.000065 mL	8	-0.100104 g/mL <sup>2</sup>

Con los mismos valores medios, se calculó la densidad: 1.00104 g/mL. La incertidumbre asociada a este resultado se calculó a partir de los datos de la Tabla 1, siguiendo el procedimiento indicado por la GUM, lo que produjo  $u_Y = 1.84594 \times 10^{-5}$  g/mL. Para un nivel de confianza del 95 %, con la distribución Student se obtuvo  $k = 4.30$ ; por lo tanto, la incertidumbre expandida es  $U_Y = 8 \times 10^{-5}$  g/mL. De esta manera, el intervalo de confianza del 95 % para la densidad es  $1.00104 \pm 8 \times 10^{-5}$  g/mL.

Para la aplicación de la simulación de Monte Carlo, se requiere conocer las distribuciones de probabilidad que gobiernan las incertidumbres de  $X$ . Por la forma en que se estimaron las incertidumbres tipo A y B, dichas distribuciones son del tipo Student. Las desviaciones estándar y los grados de libertad que se utilizaron para estas distribuciones son los reportados en la Tabla 1.

Se realizó una simulación con 1000 iteraciones para generar una misma cantidad de valores de  $Y$ . Luego, se analizaron esos valores para obtener el intervalo de confianza del 95 %. El intervalo obtenido concuerda con el obtenido aplicando el procedimiento recomendado por la GUM. Esta concordancia prueba que el método propuesto, que es numérico, puede reproducir los resultados del método propuesto por la GUM, que es analítico. Sin embargo, al no requerir el cumplimiento de ninguna hipótesis, el rango de aplicación del nuevo método es mayor.

## Conclusiones

En el presente trabajo se presentó un nuevo método para la estimación de la incertidumbre que genera el cálculo de una ecuación o un modelo matemático. El método propuesto emplea las recomendaciones de la GUM para estimar las incertidumbres tipo A y B. Luego, emplea esta información para obtener el intervalo de confianza del cálculo empleando la simulación de Monte Carlo. El método presentado no requiere la linealidad del modelo ni la independencia de las componentes de incertidumbre. Tampoco requiere el cálculo de los coeficientes de sensibilidad. La dificultad más relevante del método propuesto es la gran cantidad de cálculos que involucra, pero esta dificultad se supera empleando un software destinado a la simulación de Monte Carlo.

En el estudio realizado, se observó una total concordancia entre los resultados obtenidos por el nuevo método y el recomendado por la GUM. Sin embargo, el método propuesto tiene un mayor rango de aplicación por no requerir el cumplimiento de hipótesis lo limiten.

## REFERENCIAS

1. B. Toggerson y A. Philbin, "Monte Carlo Error Propagation", 2020, Accedido: 5 de marzo de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://openbooks.library.umass.edu/p132-lab-manual/chapter/monte-carlo-error-propagation/>
2. International Organization for Standardization, "Guide to the expression of uncertainty in measurement"; 1993, International Organization for Standardization.
3. K. Gregory, G. Bibbo, y J. E. Pattison, "A standard approach to measurement uncertainties for scientists and engineers in medicine"; Australas. Phys. Eng. Sci. Med., Vol. 28, n.º 2 (2005), p. 131-139.
4. O. Delgado, "Cómo evaluar la incertidumbre de medición sin necesidad de ser un experto en matemáticas", *SGC-Lab*, 20 de enero de 2020. <https://sgc-lab.com/guia-para-estimar-la-incertidumbre-de-la-medicion-hecha-para-personas-normales/> (accedido 2 de mayo de 2022).

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**OPTIMIZACION DE LA OPERACION DE CENTRIFUGAS EN LABORATORIOS DE  
ANALISIS CLINICOS**

**Pablo M. Jeger<sup>(1)\*</sup>, J. Alberto Bandoni<sup>(2)</sup> y Humberto Heluane<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup>*Departamento de Procesos y Gestión Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, Tucumán, Argentina.*

<sup>(2)</sup>*PLAPIQUI – UNS – CONICET,*

*Camino La Carrindanga Km 7 (8000) - Bahía Blanca, Argentina*

*\*Correo Electrónico (autor de contacto): [pjeger@herrera.unt.edu.ar](mailto:pjeger@herrera.unt.edu.ar)*

**RESUMEN**

*Los laboratorios clínicos de los hospitales públicos son servicios destinados a atender un número importante de pacientes cada día. Como la mayoría de los análisis indicados en las órdenes médicas se realizan en muestras de sangre centrifugada, esta operación es una tarea crítica en dichos laboratorios. En este trabajo se define el Problema de la Centrifuga (PC) como la optimización de esta actividad que procesa las muestras por lotes. Luego se redefine como el Problema de Tandas Completas (PTC) al incluir reglas de capacidad y ordenamiento de unidades en grupos. Los datos obtenidos del laboratorio y las mediciones de tiempos en salas de espera se utilizan para simular órdenes médicas aleatorias, realizar simulaciones de filas de espera en el servicio ambulatorio y generar tiempos de llegada de muestras aleatorias. En este trabajo se presenta la optimización del PTC con el tiempo medio de salida de las muestras como función objetivo, utilizando un modelo de Programación Lineal Mezcla Entera (MILP, del inglés “Mixed Integer Linear Programming”) como estrategia de solución. El modelo se prueba en diferentes casos de estudio para 100 pacientes. La optimización está verificada para cada solución lograda. Los resultados muestran una mejora significativa en relación con el desempeño original del laboratorio en estudio.*

**ABSTRACT**

*The clinical laboratories of public hospitals are services destined to serve by a significant number of patients every day. As most of the tests indicated in medical prescriptions are performed on centrifuged blood samples, this operation is a critical task in such laboratories. In this work, we begin by defining the Centrifuge Problem (CP) as the operational optimization of this batch processing type activity, which is later redefined by including capacity rules and ordering of units in groups, to transform it into the so-called Full Batches Problem (FBP). Data obtained from the laboratory and measurements of times in waiting rooms are used to simulate random medical prescriptions, perform simulations of waiting lines in the ambulatory service and to generate arrival times of random samples. We present the optimization of the FBP with the mean time of sample exit as an objective function, and using a Mixed Integer Linear Programming as a solving strategy. The model is tested on different case studies for 100 patients. Optimization is proven for every solution achieved. The results show a significant improvement in relation to the original performance of the observed laboratory.*

**PALABRAS CLAVE:** *laboratorios clínicos, centrifugación, programación matemática*

## INTRODUCCIÓN

En Argentina el Sistema de Salud se divide en 3 sectores, a saber: público, seguridad social y privado. Sin embargo, como el acceso a la salud se supone universal, todo residente en el país puede requerir asistencia en el sector público sin costo, lo que ocasiona una gran demanda de los servicios de salud públicos.

Los laboratorios de los hospitales en general realizan un gran número de análisis de sangre diariamente. Ya que las órdenes médicas de cada individuo generalmente incluyen varios análisis clínicos, es común separar alícuotas de sangre para los diferentes ensayos y por lo tanto el número de muestras a procesar supera al número de pacientes. Las muestras de sangre pueden necesitar ser centrifugadas previo a ser procesadas. Por esta razón, las centrifugas deben procesar un gran número de muestras durante un día normal de trabajo. Como aquellos equipos tienen capacidad limitada, el procesamiento de las muestras se realiza en lotes (batches).

La provisión de servicios de salud es un tópico de estudio en crecimiento en años recientes dentro de la investigación operativa. Reid *et. al.* [1] propusieron el uso de herramientas de ingeniería de procesos y de tecnologías de la información para promover un sistema de salud capaz de ser efectivo y proveer una práctica médica centrada en el paciente.

A pesar que los problemas de los sistemas han sido abordados a través de la investigación operativa, las aplicaciones en laboratorios clínicos son pocas. Shin *et. al.* [2] presentó un algoritmo de programación con el propósito de reducir el tiempo muerto cuando se realizan análisis de sangre. El analizador automático estudiado ejecuta cada proceso de análisis como una rutina distintiva y única. Kemeny *et. al.* [3] utiliza un software de simulación de eventos discretos para estudiar un laboratorio clínico en un hospital escuela. Se propone un nuevo sistema de funcionamiento con ubicación óptima de recursos humanos y físicos, haciendo un estudio comparativo de la situación existente en términos de tiempos de espera en cola y retrasos en los procesos. Se obtuvieron los resultados mediante el estudio de distintos escenarios, a diferencia del presente trabajo donde el óptimo se obtuvo usando programación matemática.

La programación matemática es una estrategia muy utilizada para modelar problemas de sistemas de salud. Khlif y Zeghal [4] presentaron dos modelos MILP para optimizar el uso de recursos en procesos quirúrgicos en una clínica privada. El modelo es capaz de resolver hasta 44 casos quirúrgicos en un día. Estos modelos resultan ser de un tamaño menor que el problema abordado en este trabajo, ya que usualmente la cantidad de muestras a centrifugar es superior al número de pacientes que necesitan ser operados en un día.

A pesar de los numerosos trabajos realizados en los sistemas de salud, el problema de la operación óptima de un conjunto de centrifugas en laboratorios de análisis clínicos mediante programación matemática no ha sido considerado antes en la literatura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de mejorar la eficiencia de los laboratorios clínicos de hospitales en términos de tiempos de entrega de resultados, este trabajo se focaliza en la optimización de la etapa de centrifugación. Primero se definió el problema de centrifugación que posteriormente se reformuló como un Problema de Tandas Completas (PTC), donde las centrifugas se agrupan en conjuntos según sus capacidades. Se presentan casos de estudio basados en datos reales obtenidos en campo en dos hospitales de Argentina: uno ubicado en San Miguel de Tucumán y el otro en Bahía Blanca. Los horarios de arribo de las muestras se generan aleatoriamente mediante simulaciones de sistema de colas de pacientes ambulatorios. Las simulaciones se basan en mediciones de tiempos realizadas en la sala de espera de los hospitales mencionados. Las órdenes médicas también se generan al azar considerando la demanda de análisis a los laboratorios clínicos de dichos hospitales. Las capacidades y número de centrifugas utilizadas corresponden al hospital de Bahía Blanca.

Se desarrolló un modelo de Programación Lineal Mezcla Entera (MILP), donde la función objetivo a minimizar es el tiempo medio de salida de las muestras de las centrifugas. Bajo las premisas del PTC, las variables de decisión se definen para asignar cada tanda de muestras a un grupo de centrifugas. El modelo MILP se probó para centrifugas del laboratorio clínico usando diferentes casos de estudio donde los horarios de arribo de las muestras se generaron aleatoriamente. Para evaluar los resultados de los diferentes casos de estudio, se define como indicador el Tiempo Muerto Porcentual de las muestras en la etapa de centrifugación. Los resultados son comparados con simulaciones basadas en el funcionamiento original observado en el laboratorio.

## RESULTADOS

Se plantearon diez casos de estudio con el modelo MILP, encontrando soluciones óptimas en todos los casos. Como plataforma de modelado se usó el programa GAMS, usando el programa CPLEX para resolver, que logró alcanzar los resultados de los casos de estudio en tiempo de CPU en el rango de 11 a 61 segundos. Los resultados obtenidos muestran una mejora significativa: mientras el funcionamiento del laboratorio original presenta un valor medio del Tiempo Medio Porcentual del 21,4%, el modelo MILP reduce el Tiempo Muerto Porcentual a solo un 6,3%.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

El trabajo presenta una nueva estrategia para la operación de centrífugas en laboratorios clínicos. La utilización de un modelo de Programación Lineal Mezcla Entera (MILP) en laboratorios clínicos representa una aplicación novedosa de la investigación operativa. Los resultados obtenidos prometen una mejora significativa en el planeamiento operativo de laboratorios clínicos, y podrían permitir una mejora en su tiempo de respuesta.

**Agradecimientos:** Este trabajo fue financiado por el Proyecto 26/E647/1 del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán.

## REFERENCIAS

1. Reid, P. P., Compton, W. D., Grossman, J. H., & Fanjiang, G. (2005). Building a better delivery system: A new engineering/health care partnership. *Building a Better Delivery System: A New Engineering/Health Care Partnership* (pp. 1–262). National Academies Press.
2. Shin, S. H., Choi, B. J., Ryew, S. M., Kim, J. W., Kim, D. S., Chung, W. K., ... Koo, J. C. (2010). Development of an Improved Scheduling Algorithm for Lab Test Operations on a Small-Size Bio Robot Platform. *Journal of Laboratory Automation*, 15(1), 15–24.
3. Kemeny, A., Kadl, D., Kuvvetli, Y., & Çolak, S. (2016). Performance analysis of a university hospital blood laboratory via discrete event simulation. *Simulation*, 92(5), 473–484.
4. Khelif Hachicha, H., & Zeghal Mansour, F. (2018). Two-MILP models for scheduling elective surgeries within a private healthcare facility. *Health Care Management Science*, 21(3), 376-392.

## ANÁLISIS MULTIVARIANTE EN EL SALAR DE POZUELOS. CASO: CALIDAD Y CANTIDAD DE SALMUERA RESIDUAL LUEGO DE OBTENER CARBONATO DE LITIO

M. Thames Cantolla<sup>(1,2)\*</sup>, S. Valdez<sup>(1,2,3)</sup>, A. Orce Schwarz<sup>(1,2,3)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Instituto de Beneficio de Minerales, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina

<sup>(3)</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina

\* [core.mtc@hotmail.com](mailto:core.mtc@hotmail.com)

### RESUMEN

En el Noroeste Argentino, la producción de carbonato de litio tiene lugar a partir de salmueras con concentraciones económicas de litio. El método de producción que aplican las empresas mineras depende en gran medida de la composición química de la salmuera que utilizan como materia prima. La mayoría de los métodos involucran etapas de concentración, purificación, precipitación química de sales y tratamiento con resinas, entre otros. En la puna Argentina, los salares contienen diversos iones en distintas concentraciones. La presencia de estos iones afecta de manera directa o indirecta la obtención de productos y subproductos. Además, la composición química difiere entre salares e incluso entre salmueras pertenecientes a un mismo salar, y por ello los salares son considerados sistemas complejos. El objetivo de este trabajo es determinar la calidad y cantidad de salmuera residual luego de obtenerse carbonato de litio como producto principal en el procesamiento de salmueras. Para ello, se realizó la simulación empleando Aspen Plus v11, de 2 procesos diferentes (proceso A y proceso B) que son empleados por mineras de la región, utilizando una salmuera del Salar de Pozuelos. Se definieron 3 etapas características en ambos procesos: concentración, purificación y precipitación de carbonato de litio, y se propusieron distintos rendimientos para evaluar los consumos de materia prima e insumos, cantidad de producto obtenido, y la cantidad y calidad de salmuera residual. Empleando el mismo volumen inicial, ambos procesos presentaron similar volumen de salmuera residual, sin embargo, el proceso A generaría una salmuera con menos concentración de iones disueltos, por lo que podría ser empleada como agua de proceso previo tratamiento para su acondicionamiento. Estos resultados pueden ser empleados por las empresas mineras que trabajan o pudiesen trabajar con una salmuera similar o empleando los procesos simulados.

### ABSTRACT

In the Argentine Northwest, the production of lithium carbonate takes place from brines with economic concentrations of lithium. The production method applied by mining companies depends largely on the chemical composition of the brine they use as raw material. Most of the methods involve stages of concentration, purification, chemical precipitation of salts and treatment with resins, among others. In the Argentine puna, the salt flats contain various ions in different concentrations. The presence of these ions directly or indirectly affects the production of products and by-products. In addition, the chemical composition differs between salt flats and even between brines belonging to the same salt flat, and therefore the salt flats are considered complex systems. The objective of this work is to determine the quality and quantity of residual brine after obtaining lithium carbonate as the main product in brine processing. For this, the simulation was carried out using Aspen Plus v11, of 2 different processes (process A and process B) that are used by mining companies in the region, using a brine from the Salar de Pozuelos. Three characteristic stages were defined in both processes: concentration, purification and precipitation of lithium carbonate, and different yields were proposed to evaluate the consumption of raw materials and supplies, the quantity of product obtained, and the quantity and quality of residual brine. Using the same initial volume, both processes presented a similar volume of residual brine, however, process A would generate a brine with

a lower concentration of dissolved ions, so it could be used as process water after treatment for conditioning. These results can be used by mining companies that work or could work with a similar brine or using simulated processes.

Palabras claves: litio, Salar de Pozuelos, analisis multivariado, salmuera residual, NOA

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el litio está cobrando cada vez más importancia en la economía mundial, tanto para las nuevas tecnologías y los vehículos eléctricos, como para la transición energética. Las principales reservas de este recurso se encuentran en el “Triángulo del Litio”, del cual, nuestro país forma parte. Una empresa que desea iniciar una explotación económica de litio, debe identificar el salar y determinar sus características geológicas como así también caracterizar la salmuera que este provee. A partir de allí puede desarrollar el proceso productivo para obtener el producto deseado, en este caso, carbonato de litio ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ). En un proceso típico de obtención de carbonato de litio, se encuentran presentes las etapas de: evaporación, purificación, enclado, tratamiento con resinas, entre otros [1 y 2]. No obstante, cada uno de ellos genera una salmuera residual que, por normativa, actualmente no puede reinyectarse al salar. En consecuencia, surge el interrogante de conocer su cantidad y calidad con el objeto de determinar si puede utilizarse para otros fines, como por ejemplo agua de proceso. El objetivo de este trabajo es determinar la calidad y cantidad de salmuera residual luego de obtenerse carbonato de litio como producto principal en el procesamiento de salmueras. Para ello, se realizó la simulación empleando Aspen Plus v11, de 2 procesos diferentes (proceso A y proceso B) que son empleados por mineras de la región, utilizando una salmuera del Salar de Pozuelos. Se definieron 3 etapas características en ambos procesos: concentración, purificación y precipitación de carbonato de litio, y se propusieron distintos rendimientos para evaluar los consumos de materia prima e insumos, cantidad de producto obtenido, y la cantidad y calidad de salmuera residual. Estos resultados pueden ser empleados por las empresas mineras que trabajan o pudiesen trabajar con una salmuera similar o empleando los procesos simulados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

- Se utilizó salmuera proveniente del Salar de Pozuelos, cuya composición inicial se presenta en la Tabla 1. La misma fue tomada del banco de datos del Instituto de Beneficio de Minerales (INBEMI).

Tabla 1. Concentración de la salmuera del Salar de Pozuelos

Ion	$\text{Li}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{++}$	$\text{Ca}^{++}$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^-$	$\text{B}_4\text{O}_7^-$
C (% en peso)	0,095	9,005	0,573	0,267	0,230	16,094	0,202	2,450

- Se estudiaron 2 procesos de obtención de  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  (proceso A y proceso B) que utilizan empresas mineras de la región. A continuación, se describen brevemente cada uno de ellos:
  - Proceso A:** conocido como el proceso “clásico”; la salmuera es concentrada por evaporación natural para extraer NaCl. Seguidamente, es tratada con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para eliminar impurezas de  $\text{SO}_4^-$  y  $\text{Mg}^{++}$ . Luego, pasa por una evaporación intermedia para aumentar la concentración de  $\text{Li}^+$ , en esta etapa precipita NaCl y en algunos casos KCl. Posteriormente, se trata con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para eliminar los restos de  $\text{Mg}^{++}$  y el  $\text{Ca}^{++}$ , y la salmuera es circulada por resinas para extraer  $\text{B}_4\text{O}_7^-$  y las pequeñas cantidades de los otros iones que no fueron removidos. Finalmente, se vuelve a tratar con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para obtener el  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ .
  - Proceso B:** la salmuera pasa por una resina que permite retener  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  y  $\text{SO}_4^-$  y luego es tratada por osmosis inversa para retener iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ . Seguido a ello, se realiza una evaporación forzada a para concentrar el  $\text{Li}^+$  presente y recuperar  $\text{H}_2\text{O}$ . La salmuera resultante, se hace circular por unas resinas que eliminan los remanentes de  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{B}_4\text{O}_7^-$ . Finalmente, se realiza un precipitado agregando  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para obtener el  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ .
- Para la simulación se utilizó Aspen Plus v11, siguiendo a [3 y 4] en el cual se cargaron: composición de la salmuera, flujos de entrada y salida, equipos intervinientes en cada proceso, presión y temperatura.
- Se definieron 3 etapas características en ambos procesos y se realizaron simulaciones considerando variaciones en cada una de ellas. De esta forma, se analizó la etapa de Concentración con variaciones del 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%; la etapa de Purificación, con rendimientos del 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%; y la etapa de Precipitación, con rendimientos del 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%.

- Por cada variación realizada se relevó la calidad y cantidad de salmuera residual, cantidad de producto final y cantidad de materia prima e insumos requeridos.
- Los rendimientos de resinas, se simularon de acuerdo a los informados por los fabricantes.
- Los parámetros empleados fueron tomados de ensayos experimentales en planta piloto de evaporación y purificación de salmueras realizados en el INBEMI.
- El volumen de salmuera tratado fue el mismo para ambos procesos (593 m<sup>3</sup>).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un total 38 simulaciones empleando Aspen Plus v11. En las Tablas 2 a 7 se muestran algunos resultados obtenidos de acuerdo a las variaciones consideradas. Cabe aclarar que kg de sólidos presentados en las tablas corresponden a la presencia de NaCl y KCl cristalizado que no fueron retenidos en las etapas de filtración, mientras que el % iones disueltos, corresponde a los iones en solución que no fueron “extraídos” durante el procesamiento de la salmuera.

### Resultados para el Proceso A

Tabla 2. Cantidad y calidad de Salmuera Residual al variar el Rendimiento de la etapa de Concentración

CONCENTRACIÓN	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (t)	Materia Prima (t)	Vol. S. Residual (m <sup>3</sup> )	Calidad Salmuera Residual	
				% p/v iones disueltos	sólidos presentes (kg sól./m <sup>3</sup> s. res.)
30%	3,44	22,50	516,52	32,510%	0,01442
50%	3,25	27,37	357,74	32,578%	0,01361
80%	3,13	24,77	242,64	32,438%	0,01220

Tabla 3. Cantidad y calidad de Salmuera Residual al variar el Rendimiento de la etapa de Purificación

PURIFICACIÓN	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (t)	Materia Prima (t)	Vol. S. Residual (m <sup>3</sup> )	Calidad Salmuera Residual	
				% p/v iones disueltos	sólidos presentes (kg sól./m <sup>3</sup> s. res.)
50%	3,28	18,14	331,27	31,375%	0,01270
70%	3,28	20,07	329,31	31,654%	0,01282
100%	3,28	27,78	321,36	32,744%	0,01331

Tabla 4. Cantidad y calidad de Salmuera Residual al variar el Rendimiento de la etapa de Precipitación

PRECIPITACIÓN	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Materia Prima (t)	Vol. S. Residual (m <sup>3</sup> )	Calidad Salmuera Residual	
				% p/v iones disueltos	sólidos presentes (kg sól./m <sup>3</sup> s. res.)
50%	1,73	24,59	323,20	32,317%	0,01321
70%	2,42	25,58	322,83	32,447%	0,01323
100%	3,45	27,07	322,27	32,643%	0,01325

### Resultados para el Proceso B

Tabla 5. Cantidad y calidad de Salmuera Residual al variar el Rendimiento de la etapa de Concentración

CONCENTRACIÓN	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Materia Prima (t)	Vol. S. Residual (m <sup>3</sup> )	Calidad Salmuera Residual	
				% p/v iones disueltos	sólidos presentes (kg sól./m <sup>3</sup> s. res.)
30%	2,86	4,10	418,29	36,079%	0,00012
50%	2,86	4,10	340,72	44,285%	0,00024
80%	2,86	4,10	243,12	62,023%	0,00075

Tabla 6. Cantidad y calidad de Salmuera Residual al variar el Rendimiento de la etapa de Purificación

				Calidad Salmuera Residual	
PURIFICACIÓN	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Materia Prima (t)	Vol. S. Residual (m <sup>3</sup> )	% p/v iones disueltos	sólidos presentes (kg sól./m <sup>3</sup> s. res.)
50%	1,51	2,16	306,47	49,035%	0,00034
70%	2,11	3,02	306,12	49,177%	0,00034
100%	3,01	4,32	305,59	49,390%	0,00034

Tabla 7. Cantidad y calidad de Salmuera Residual al variar el Rendimiento de la etapa de Precipitación

				Calidad Salmuera Residual	
PRECIPITACIÓN	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Materia Prima (t)	Vol. S. Residual (m <sup>3</sup> )	% p/v iones disueltos	sólidos presentes (kg sól./m <sup>3</sup> s. res.)
50%	1,79	2,56	284,45	34,265%	0,00010
70%	2,50	3,59	298,74	44,668%	0,00024
100%	3,58	5,13	319,00	57,903%	0,00059

En las tablas se observa el efecto que tiene sobre calidad y cantidad de salmuera residual la variación de rendimiento de cada una de las etapas consideradas.

El proceso A en promedio generó una salmuera residual con 32,30% de iones disueltos y 0,0132 kg sól./m<sup>3</sup> s. res. Por su parte, el proceso B generó en promedio una salmuera residual con 47,43% de iones disueltos y 0,0003 kg sól./m<sup>3</sup> s. res. En el caso del proceso A, si bien la cantidad de Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> obtenido es mayor que con el proceso B, éste necesitaría una etapa de lavado y purificación posterior. En promedio, el proceso A generó un 11% más salmuera residual, sin embargo, este proceso requiere 5,5 veces más materia prima por tonelada de Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> producido que el proceso B.

Se observa que, el proceso que permite obtener una menor cantidad de sólidos presentes en la salmuera residual es el proceso B. Sin embargo, este proceso genera corrientes con mayor concentración de iones disueltos, por lo que si se desea emplearla como agua de proceso sería necesario un tratamiento previo para acondicionarla. Finalmente, de los resultados se torna dificultoso poder definir cuál de los 2 procesos es el que permite obtener una calidad y cantidad de salmuera “mejor”, ya que no sólo se debe observar las concentraciones de iones y sólidos presentes, sino también la cantidad de materia prima consumida.

## CONCLUSIONES

Se pudo simular correctamente ambos procesos con el simulador Aspen Plus, obteniéndose valores similares a los reportados de ensayos experimentales durante las operaciones de concentración, purificación y precipitado en planta piloto. Si bien ambos procesos son diferentes en sus etapas, se obtuvo un volumen similar de salmuera residual. La calidad del producto final (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) se ve afectada por la calidad de la salmuera residual, por lo que se espera que una salmuera con menor contenido de iones disueltos y sólidos presentes, dé un producto de mayor calidad. De acuerdo a la consideración que se elija para la selección del mejor proceso (menor % de iones disueltos o kg de sólidos presentes) el producto debe ser sometido a un número mayor de etapas de purificación y lavado, lo que influiría en el consumo de energía y materias primas. A priori, con las variables consideradas, el mejor proceso para obtener una salmuera residual con una calidad tal que pueda ser empleada como agua de proceso, sería el proceso A ya que posee un menor % de iones disueltos que la obtenida en el proceso B.

## REFERENCIAS

1. A. Visintin. (2021). “Avances actuales y perspectivas de futuro en torno a las tecnologías de litio en Argentina”. In-Genium, 1, pp 103-11.
2. E. Calvo. (2019). “Litio, un recurso estratégico para el mundo actual”. Instituto de Química Física de los Materiales, Medioambiente y Energía (INQUIMAE), UBA-Conicet. 28, 1723
3. R. Schefflan . (2011) “Teach Yourself the Basics of Aspen Plus” Ed. John Wiley & Sons, Inc.
4. K. Al- Malah. (2016). Aspen Plus: Chemical Engineering Applications. Ed. John Wiley & Sons, Inc.

## FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MEMBRANAS COMPUESTAS

Betina Villagra Di Carlo<sup>(1,2)\*</sup>, Luciana Garzón<sup>(2)</sup> y Mercedes López Muñoz<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI-CONICET), Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [betinadicarlo@yahoo.com.ar](mailto:betinadicarlo@yahoo.com.ar)

### RESUMEN

Las membranas compuestas pueden prepararse recubriendo con una película o depositando polímero plasma sobre membranas soportes porosas. El espesor de la capa depositada puede reducirse hasta el punto en que la superficie del soporte es completamente cubierta por el material de la piel. El tratamiento con plasma es particularmente útil cuando la adherencia y la capacidad de mojado tienen que ser mejoradas para depositar películas densas de polímero. La técnica de inversión de fase por inmersión en un no-solvente fue seleccionada para preparar las membranas porosas asimétricas. Las membranas de PES fueron expuestas al plasma de argón con el propósito de modificar la hidrofilia superficial. La piel hidrófila densa se depositó por la técnica de recubrimiento con poli(alcohol vinílico) [PVA] y poli(ácido acrílico) [PAA] sobre membranas porosas de polietersulfona (PES). En la deposición de polímero de plasma, los soportes porosos asimétricos previamente modificados se expusieron a la polimerización plasma en un reactor de plasma con vapor de ácido acrílico. Se investigaron las propiedades fisico-químicas a través de medidas de  $\theta$  (ángulos de contacto) y estimación de  $\gamma_s$  (Energía Libre Superficial) y  $W_a$  (Trabajo de Adhesión) mientras la naturaleza química de las superficies originales y modificadas resultantes fueron examinadas por los espectros infrarrojos con el reflectancia total atenuada horizontal (FT-IR/HATR).

### ABSTRACT

Composite membranes can be prepared by coating films or deposition plasma polymer on porous supporting membranes. The film thickness can be reduced up to the point where the supporting surface is completely covered by the coating material. Plasma treatment is particularly useful whenever surface adhesion and wettability has to be increased to deposit dense polymer films. The phase inversion by immersion in a non solvent technique was selected to prepare asymmetric porous membranes. PES membranes were exposed to argon plasma for the purpose of surface modification. Dense hydrophilic skin was deposited by casting technique with crosslinking poly(vinyl alcohol)- poly(acrylic acid) on polyethersulfone porous membranes. In plasma polymer deposition, the previously treated asymmetric porous supports were exposed to plasma polymerization in plasma reactor with acrylic acid vapor. Physicochemical surface properties were investigated through measurements of  $\theta$  (contact angles) and estimation of  $\gamma_s$  (Surface Free Energy) and  $W_a$  (Adhesion Work) while the chemical nature of original and modified resulting surfaces were monitored by infrared spectra with horizontal attenuated total reflectance (FT-IR/HATR).

Palabras claves: membranas compuestas, polímeros, síntesis, caracterización.

### INTRODUCCIÓN

Las membranas compuestas utilizan una membrana microporosa como soporte mecánico para una fina piel de un material polimérico denso depositado. El soporte poroso proporcionará resistencia mecánica a la membrana con mínima resistencia al transporte. Los materiales poliméricos que forman la membrana, las modificaciones superficiales y la morfología final son factores que

determinan su desempeño en una determinada aplicación. La tecnología plasma aplicada a modificaciones superficiales de materiales poliméricos presenta potenciales aplicaciones en procesos de separación con membranas, disminución del ensuciamiento de las membranas de ultrafiltración, en aplicaciones biomédicas y de biocompatibilidad [1, 2].

La técnica de inversión de fases, permite obtener membranas porosas con morfología anisotrópica con propiedades adecuadas para ser sometidas a modificaciones hidrofílicas superficiales. Los tratamientos con plasmas permiten modificar las propiedades físico-químicas superficiales de membranas poliméricas de forma efectiva, manteniendo inalteradas las propiedades internas (bulk). Del punto de vista químico los plasmas pueden ser divididos en dos categorías: plasmas no-polimerizables (gases simples o nobles) y plasmas que forman polímero no-convencional (moléculas orgánicas que pueden llevarse a la fase vapor y ser entonces polimerizadas bajo la acción de un plasma) [3].

En este trabajo fueron sintetizadas membranas compuestas hidrofílicas. Se evaluaron las modificaciones en la hidrofilia superficial y en la composición química superficial de las membranas con los tratamientos por plasma y el recubrimiento convencional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La síntesis de las membranas porosas fue realizada con polietersulfona (PES, P.M.  $\approx$  51.000 g/mol), se utilizó la técnica de inversión de fase por inmersión para sintetizar las membranas porosas soportes. Los gases utilizados para producir el plasma fueron dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, Praxair, 99.9%), argón (Ar, Praxair, 99.9%) o vapor de ácidoacrílico (AA, Analítica Erba). Los polímeros seleccionados para depositar el recubrimiento hidrofílico denso fueron poli(alcohol vinílico) [PVA, P.M.  $\approx$  72.000 g/mol, 80% hidrolizado, Vetec] y poli(ácido acrílico) [PAA, PM  $\approx$  250,000 g/mol, Aldrich]. Las modificaciones plasma de las membranas de PES porosas fueron realizadas por plasma de gas no-polimerizable (CO<sub>2</sub> y argón) en un reactor inductivo de radio frecuencia (Harrick, RF 8-12MHz) y vapor polimerizable (AA) en un reactor capacitivo (Varian, RF 13.56 MHz). La hidrofilia superficial fue investigada midiendo el ángulo de contacto agua/membrana bajo condiciones atmosféricas con un goniómetro (Ramé-Hart, con DROPimage), El software del equipamiento estima la energía libre superficial ( $\gamma_S$ ) [mJ m<sup>-2</sup>] a partir de la medida del ángulo de contacto y la tensión superficial del agua aplicando un procedimiento iterativo propuesto por Neumann, (Ec. 1) [4]. La composición química superficial fue analizada por espectroscopía de infrarrojo con reflectancia total atenuada horizontal (FTIR-HATR, Perkin-Elmer, Spectrum GX), los espectros fueron barridos 12 veces, entre 4000 y 630 cm<sup>-1</sup>, con resolución de 4 cm<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los substratos poliméricos de PES mostraron una marcada reducción del ángulo de contacto después del tratamiento por plasma de argón (29.6 W, 300 mTorr, 15 min), tabla 1, realizado en un reactor plasma de radiofrecuencia de tipo inductivo, mostrando que hubo un incremento de la hidrofilia superficial. Sobre la PES funcionalizada se realizó el recubrimiento con mezcla de PVA-PAA (75/25 %p). El análisis de la composición química superficial por espectroscopía de infrarrojo de las superficies recubiertas demuestra la aparición de bandas de absorción asignadas al O-H (3305 cm<sup>-1</sup>) y C=O (1703 cm<sup>-1</sup>) correspondientes a los polímeros utilizados (PVA-PAA) en el depósito convencional, sobre las membranas PES activadas con plasma de argón, formándose una piel densa hidrofílica (Fig. 1c).

La primera etapa de tratamiento por plasma con CO<sub>2</sub> (7.2 W, 160 Pa, 5 min) activó la superficie de la membrana de PES, tabla 1. La segunda etapa de modificaciones por plasma (5 W, 8 Pa, 40 min) con vapor de AA polimerizable, alimentado de manera directa en un reactor plasma de radiofrecuencia de tipo capacitivo, formó una delgada capa uniforme de polímero plasma con propiedades hidrofílicas estables. La película a partir de ácido acrílico (AA) presentó valores de ángulo de contacto 27°, tabla 1. Las bandas correspondientes al monómero (1760-1720 cm<sup>-1</sup>) y al

dímero (1710-1690  $\text{cm}^{-1}$ ) del ácido acrílico indican que la estructura del monómero fue preservada bajo las condiciones de polimerización plasma utilizadas (potencia y presión), figura 1b.

Tabla 1.-Propiedades Superficiales

Membrana	Ángulo de Contacto $\theta$ [°]	Energía Superficial $\gamma_s$ [(mJ/m <sup>2</sup> )]	Trabajo de Adhesión $W_s$ [m/s]
PES	60	48.06	109.18
PES-Ar	23	67.92	139.06
PES-CO <sup>2</sup>	33	62.78	133.83
PES-AA	27	65.78	137.14
PES/PVA-PAA	51	52.80	118.27

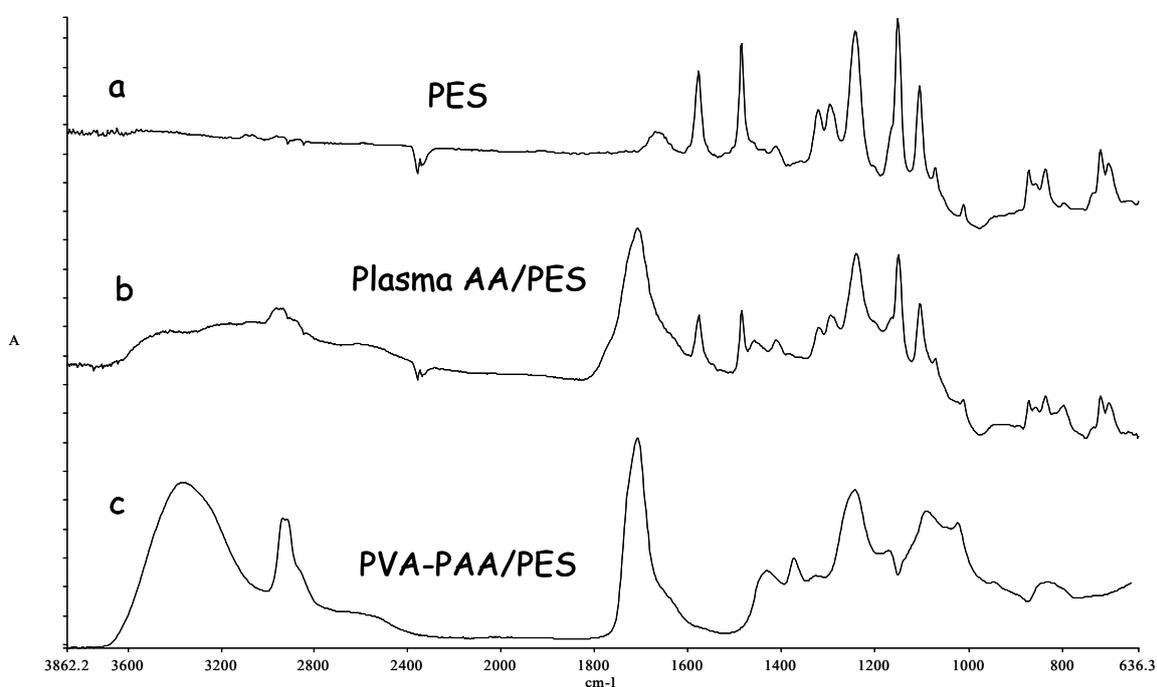


Figura 1. IR-FT/HATR espectros de (a) membrana porosa de PES, (b) membrana de PES modificada con plasma de AA y (c) membrana de PES recubierta con PVA-PAA (75/25 %p).

## CONCLUSIONES

A través de la técnica de inversión de fase se sintetizaron membranas porosas asimétricas de polietersulfona (PES) con propiedades adecuadas para ser sometidas a modificaciones hidrofílicas superficiales utilizando tratamiento plasma y recubrimientos poliméricos convencionales. Se evaluaron las modificaciones en la hidrofilia superficial y en la composición química superficial de las membranas con los tratamientos por plasma y el recubrimiento convencional. Se fabricaron membranas compuestas hidrofílicas, la presencia de los recubrimientos delgados hidrofílicos depositados sobre las membranas soportes activadas por plasma fueron detectados por FT-IR/HATR y ángulo de contacto.

## AGRADECIMIENTOS

CONICET-CIUNSA-COPPE-UFRJ.

## REFERENCIAS

1. D. Wavhal and E. Fisher, "Modification of polysulfone ultrafiltration membranes by CO<sub>2</sub> plasma treatment", *Desalination*, Vol. 172, (2005), pp. 189-205.
2. J. Kelly, R. Short, R. Morgan, "Experimental evidence of a relationship between monomer plasma residence time and carboxyl group retention in acrylic acid plasma polymers", *Polymer*, Vol. 44, (2003), pp. 3173–3176.
3. V. Sciarratta, U. Vohrer, D. Hegemann, M. Müller, C. Oehr, "Plasma functionalization of polypropylene with acrylic acid", *Surface and Coatings Technology*, Vol. 174, (2003), pp. 805-810.
4. D. Kwok and A. Neumann, "Contact angle interpretation in terms of solid surface tension", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 161, (2000), pp. 31–48.

XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022



EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE EXPORTACIÓN EN PALTAS DE TUCUMAN  
TRATADAS CON IRRADIACION UV-C

Campero E. Vanesa<sup>(1)\*</sup>, Barrionuevo Ma. Julia<sup>(1)</sup>, Gómez Marigliano A. Clelia<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Ingeniería en Procesos – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Universidad Nacional de Tucumán. Av. Independencia 1800, 4000 - San Miguel de Tucumán, Argentina

<sup>(2)</sup>Departamento de Física – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Universidad Nacional de Tucumán INFNOA – CONICET; Av. Independencia 1800, 4000 - San Miguel de Tucumán, Argentina

\*Correo Electrónico: [vcampero@herrera.unt.edu.ar](mailto:vcampero@herrera.unt.edu.ar)

**RESUMEN**

*El objetivo de este estudio fue evaluar la conservación de paltas de Tucumán tratadas con irradiación UV-C. Los frutos fueron irradiados en un prototipo a 8 kJ/m<sup>2</sup>, luego se almacenaron en frío a temperatura de 8±1 °C y humedad relativa de 90±5 %, durante 21 días. Los parámetros evaluados fueron espectros UV-Vis, % pérdida de peso, diámetro ecuatorial, % de materia seca y dureza. A través de los espectros UV-Vis se observó máxima absorción en las proximidades de 260-270 nm, 320-360 nm y 600-700 nm, atribuyéndose a la presencia de cumarinas, saponinas, alcaloides, taninos, azúcares reductores, catequinas, epicatequinas, flavonoides y clorofila. Se observa un incremento de la concentración en la muestra irradiada y conservada durante 21 días respecto de la muestra control a cero días, indicando que la misma produjo algún efecto leve sobre los frutos tratados. El diámetro ecuatorial del fruto disminuyó menos en la muestra tratada a lo largo del tiempo, el porcentaje de la pérdida de peso fue incrementándose gradualmente con el tiempo de almacenamiento tanto en la muestra control como en las irradiadas, aumentando la pérdida en la muestra control. La pérdida de firmeza en la muestra control fue mayor tanto a los 14 días como a los 21 días, mostrando la influencia de la irradiación UV-C y el % de materia seca, obtuvo mayor valor en la muestra tratada a una dosis de 8 kJ/m<sup>2</sup>, manteniéndose con el tiempo de almacenamiento. Los parámetros medidos en las distintas muestras cumplen con los requisitos de exportación, observándose un mejor comportamiento a lo largo del tiempo en la muestra tratada con irradiación UV-C. Los resultados indican que el uso de la UV-C puede ser una opción de mejora en la conservación de paltas, siendo una tecnología alternativa, económica y ecológica.*

*Palabras claves: paltas, UV-C, conservación*

**ABSTRACT**

*The objective of this study was to evaluate the conservation of avocados from Tucumán subjected to UV-C irradiation. The fruits were irradiated in a prototype at 8 kJ/m<sup>2</sup>, then they were stored in cold storage at a temperature of 8±1 °C and relative humidity of 90±5 %, for 21 days. The parameters evaluated were UV-Vis spectra, % weight loss, equatorial diameter, % dry matter and hardness. Through the UV-Vis spectra, maximum absorption was observed in the vicinity of 260-270 nm, 320-360 nm and 600 -700 nm, attributed to the presence of coumarins, saponins, alkaloids, tannins, reducing sugars, catechins, epicatechins, flavonoids and chlorophyll. An increase in concentration is observed in the sample irradiated and preserved for 21 days compared to the control sample at zero days, indicating that it produced some slight effect on the treated fruits. The equatorial diameter of the fruit decreased less in the treated sample over time, the percentage of weight loss gradually increased with storage time both in the control sample and in those irradiated, increasing the loss in the control sample. The loss of firmness in the control sample was greater both at 14 days and at 21 days, showing the influence of UV-C irradiation and the % of dry matter, it obtained a higher value in the sample treated at a dose of 8 kJ /m<sup>2</sup>, being maintained over storage time. The parameters measured in the different samples meet the export requirements, observing a better behavior over time in*

*that sample treated with UV-C irradiation. The results indicate that the use of UV-C can be an option to improve the conservation of avocados, being an alternative, economic and ecological technology.*

*Keywords: avocados, UV-C, conservation*

## **Introducción**

La palta es una fruta subtropical popular de gran importancia económica, y la Unión Europea es el mayor importador de la gran parte de la fruta procedente de países como Sudáfrica, Chile e Israel [1]. En los últimos años, la palta está en pleno auge debido a sus múltiples propiedades saludables y nutricionales, siendo una fruta muy apreciada por los consumidores argentinos. En el contexto de una dieta saludable, la palta es un alimento rico en nutrientes y fitoquímicos, además contiene: fibra dietética, potasio, magnesio, hierro, vitamina A, vitamina C, vitamina E, vitamina K1, ácido fólico, vitamina B-6, antioxidantes y un alto contenido de aceite, lo que le confiere óptimas características organolépticas. Diversos estudios clínicos preliminares sobre la salud cardiovascular han demostrado consistentemente que el consumo de este fruto produce resultados positivos para el corazón y efectos saludables en los perfiles de lípidos en sangre, además aumenta la biodisponibilidad de los carotenoides siendo potencialmente beneficioso para la salud [1, 2, 4].

Según el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa), la producción nacional no alcanza a abastecer la demanda, importándose desde países de América bajo estrictas normas de calidad. El mayor desafío es que la fruta es altamente susceptible a pérdidas postcosecha cualitativas y cuantitativas. El mantenimiento exitoso de la calidad de la fruta de aguacate durante la cadena de suministro depende de muchos aspectos, incluidas las prácticas adecuadas de manejo del huerto, las prácticas de cosecha, las operaciones de empaque, los tratamientos postcosecha, el manejo de la temperatura, las condiciones de transporte y almacenamiento, y la maduración en el destino. Las pérdidas posteriores a la cosecha se atribuyen principalmente al ablandamiento de la pulpa, la descomposición, los trastornos fisiológicos y el manejo inadecuado de la temperatura [1]. Las condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa) durante el transporte y la maduración, son definitivas para garantizar que el fruto llegue al consumidor con las mejores características fisicoquímicas y organolépticas [2] En los últimos años diferentes autores han estudiado distintos tratamientos físicos alternativos para ser utilizados durante el procesamiento de frutas y verduras con el fin de reducir su carga orgánica. Estos métodos físicos incluyen ultrasonido, alta presión, pulsos eléctricos de alta intensidad, radiación ultravioleta C (UV-C), tratamientos térmicos moderados, oxígeno superatmosférico y tratamientos con gases innovadores (argón, helio, xenón, óxido nitroso). El uso de radiación ultravioleta artificial (UV) a una longitud de onda de 190 a 280 nm (UV-C) tiene poder germicida y puede ser eficaz para la descontaminación de la superficie de frutas y hortalizas. Sin embargo, su eficacia antimicrobiana puede estar influenciada por las características y composición del producto. El tratamiento con UV-C ofrece varias ventajas a los procesadores de alimentos, ya que no deja residuos, no tiene restricciones legales, es fácil de usar, es letal para la mayoría de los tipos de microorganismos, y no requiere un equipo de seguridad complejo para ser implementado [3]

Este trabajo evalúa la aplicación de la radiación UV-C en el proceso de conservación de paltas de Tucumán. Se analizaron antes y después de la aplicación del método los parámetros de exportación como diámetro ecuatorial, % pérdida de peso, dureza y % materia seca; además se realizaron espectros UV-Vis para determinar el comportamiento de los componentes de las paltas. Todas las muestras, tanto control como irradiada, se almacenaron a 8 °C y humedad relativa de 90 % en oscuridad. En todos los casos se mantuvieron idénticas las condiciones de Presión y Temperatura de las muestras.

## **Materiales y Métodos**

Se utilizaron paltas recién cosechadas durante finales de marzo, que fueron cedidas por Jabulissa SRL, ubicado en la localidad de El Sunchal, Tucumán. Para reducir el deterioro postcosecha, los frutos recolectados fueron inmediatamente conservados a (8±1) °C hasta ser transportados al laboratorio para realizar los distintos ensayos.

Las paltas recibidas se dividieron en 2 muestras, cada una contenía 40 frutos. Una de ellas sirvió de testigo y a la restante se le aplicó dosis de radiación UV-C, cada muestra fue dividida en 4 lotes:

Muestra Control, en el tiempo 0. (MC)

Muestra irradiada en el prototipo. Dosis: 8 kJ/m<sup>2</sup> (MI1)

**Equipo utilizado:** Para las distintas aplicaciones se usó el prototipo construido para irradiar alimentos, ubicado en el Laboratorio de Física Aplicada, del Departamento de Física, FACET-UNT. El mismo está

constituido por una cinta transportadora y tres lámparas UV-C ubicadas sobre un esqueleto metálico a 1,20 m de altura de la cinta, que permite realizar una aplicación discreta de radiación en un proceso continuo. Tanto la altura de las lámparas como la velocidad de la cinta se pueden variar, de modo de obtener los parámetros más adecuados para cada alimento. Cabe destacar que el equipo posee una cubierta que asegura que la radiación UV-C sobre la superficie externa del equipo es menor al 1 % de la que hay en el interior, por lo que es totalmente seguro para la manipulación de operarios.

Todas las muestras, tanto control como irradiada, se almacenaron a  $(8\pm 1)$  °C y humedad relativa de  $(90\pm 5)$  % en oscuridad. A cada muestra se le evaluó color en fruto completo, espectro UV-Vis, calibre, pérdida de peso, porcentaje de materia seca, humedad y dureza a los 0, 7, 14 y 21 días posteriores para evaluar la bondad de la propuesta. En todos los casos se mantuvieron idénticas las condiciones de Presión y Temperatura de las muestras.

**Espectrofotometría UV -Vis:** Es un método confiable para evaluar los fitoconstituyentes en el material vegetal. Preparación de las muestras: se separó la cascara de las paltas. Se trituraron y se maceraron en alcohol etílico absoluto (AB) durante 30 minutos a 25 °C. La concentración que se utilizó fue de 5 g de cascara (c) del fruto en 15 ml de solvente. Luego de obtener los extractos etanólicos a partir de la cáscara de cada fruto, se determinaron los espectros UV-Vis en el rango de 190 a 1100 nm con un espectrofotómetro HITACHI U-1900 en cubetas de cuarzo con velocidad de registro de 800 nm/min.

**Diámetro ecuatorial:** Se obtuvo un promedio a partir del diámetro ecuatorial de 20 frutos de cada tanda cosechados por tratamiento. La medición se realizó en forma manual con un calibre de escala dual en mm/pulgadas Stanley, midiendo el valor de la parte más ancha del fruto. Los resultados fueron expresados en mm.

**Pérdida de peso:** La pérdida de peso (PP) de los frutos de palta con y sin tratamiento radiactivo se evaluó midiendo el peso de los mismos en el día 0, 7, 14 y 21 de almacenamiento. Se usó una balanza analítica con precisión de  $\pm 0,01$  g. Se evaluó la PP en 20 frutos para cada condición. Los resultados fueron expresados como porcentaje de variación de peso con respecto al de la muestra fresca en el día 0.

**Porcentaje de materia seca:** El método de análisis de materia seca en palta determina el porcentaje (%) de materia seca en la fruta y/o su contenido de humedad. Metodología de medición de materia seca en palta: Resolución SAGPyA N° 756/97 y su modificatoria Resolución SAGPyA N°190/99.

**Dureza:** Se obtuvo un promedio a partir de la dureza de 20 frutos de cada tanda cosechados y por tratamiento. La medición se realizó en forma manual utilizando un esclerómetro penetrómetro de frutas GY-03 con 2 Cabezales de Medición.

## Resultados

En las figuras 1 y 2 se observan los espectros UV-Vis a 0, 7, 14 y 21 días de la Muestra control y tratada con UV-C ( $D= 8 \text{ kJ/m}^2$ ). En la figura 1 se aprecia una similitud entre la muestra control a los cero días y la conservada sin irradiación a los 21 días, mientras que en la figura 2 se observa un incremento de la concentración en la muestra irradiada y conservada durante 21 días respecto de la muestra control a cero días, indicando que la misma produjo un efecto leve sobre los frutos tratados.

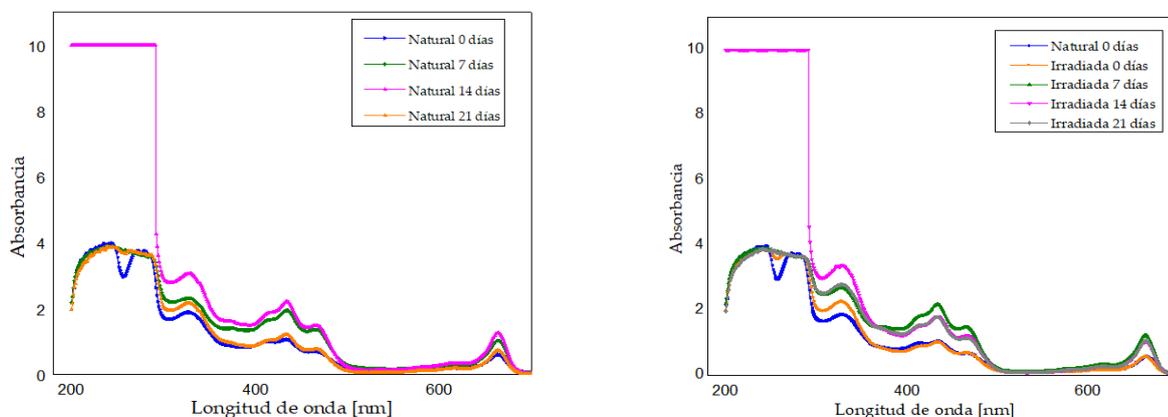


Fig.1-2. Espectros UV-Vis a 0, 7, 14 y 21 días: Muestra natural y tratada con UV-C ( $D= 8 \text{ kJ/m}^2$ )

Se observa que todos estos compuestos muestran máxima absorción en las vecindades de 260-270 nm y 320-360 nm, atribuyéndose a la presencia de cumarinas, saponinas, alcaloides, taninos, azúcares reductores,

catequinas, epicatequinas, flavonoides y polifenólicos (catequinas, ácido hidroxibenzoico, ácido hidroxicinámico) de manera similar a lo analizado por otros autores. Además, las bandas de 600-700 nm corresponden a la presencia de clorofila de acuerdo a la bibliografía consultada.

En la Tabla 3, 4, 5 y 6 se pueden ver los valores de parámetros analizados para palta control (sin irradiación) e irradiada en el prototipo.

**Tabla 3.** Efecto del tratamiento sobre el diámetro ecuatorial en paltas empleando el prototipo propuesto.

Muestra	Tiempo de almacenamiento (días)			
	0	7	14	21
	Diámetro ecuatorial (mm)			
Control	75±4 a	75 ±4 a	74 ±3 a	74 ±4 a
Irrad M1	75±4 a	74±5 a	74±5 a	74±5 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,5$ ). Test de Tukey

**Tabla 4.** Valores promedio de la PP (%) de paltas expuestas a radiaciones UV-C y almacenadas a 8 °C durante 7, 14 y 21 días.

Muestra	Tiempo de almacenamiento (días)		
	7	14	21
	Pérdida de Peso (%)		
Control	0,35±0,07 a	0,55±0,06 c	0,8±0,1 d
Irrad M1	0,29 ±0,04 ab	0,49±0,04 bc	0,78±0,08 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,5$ ). Test de Tukey

**Tabla 5.** Efecto del tratamiento sobre el porcentaje de materia seca en paltas empleando el prototipo propuesto.

Muestra	Tiempo de almacenamiento (días)			
	0	7	14	21
	materia seca [ % ]			
Control	17,3±0,1 a	17,8±0,6 a	18,6±0,2 b	19,5±0,1 c
Irrad M1	17,3±0,1 a	17,6±0,4 a	18,7±0,2 b	19,5±0,2 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,5$ ). Test de Tukey

**Tabla 6.** Efecto del tratamiento sobre la dureza en paltas empleando el prototipo propuesto.

Muestra	Tiempo de almacenamiento (días)			
	0	7	14	21
	dureza (Kg/cm <sup>2</sup> )			
Control	17,4± 0,1 e	16±1 de	13±1 bc	11±1 a
Irrad M1	17,4±0,1 e	15,6±0,8 <sup>a</sup>	14,1±0,9 cd	11,9±0,9 ab

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,5$ ). Test de Tukey

El diámetro ecuatorial del fruto no varió significativamente ( $p>0,5$ ) con los distintos tratamientos, obteniéndose una menor variación del diámetro ecuatorial en el tratamiento a una dosis de 8 kJ/m<sup>2</sup>, el mayor cambio de diámetro ecuatorial se obtuvo en la muestra control. Esta tendencia se mantuvo con el tiempo de almacenamiento, lo cual está relacionado con el peso del fruto, siendo de suma importancia en la industria moderna. Se observa que el porcentaje de la pérdida de peso fue incrementándose gradualmente con el tiempo de almacenamiento tanto en la muestra control como en las irradiadas a distintas dosis. Algunos autores sugieren que la pared y membrana celular del fruto absorben energía en el rango de UV-C, afectando su estabilidad de manera positiva. La firmeza es un atributo importante en la calidad de los frutos, ya que afecta la resistencia al transporte, el ataque de microorganismos y la característica sensorial de frutas. Se observa claramente que la muestra control fue la que mayor pérdida obtuvo tanto a los 14 días como a los 21 días, mostrando la influencia de la irradiación UV-C. Finalmente, el % de materia seca, obtuvo mayor valor en la muestra tratada a una dosis de 8 kJ/m<sup>2</sup>, manteniéndose con el tiempo de almacenamiento. Es uno de los indicadores del momento óptimo para iniciar la cosecha de frutos de paltas, garantizando que la fruta cosechada madure en forma homogénea y permita una adecuada comercialización en los distintos mercados de destino.

## **Diseño experimental y análisis estadístico**

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante el software InfoStat mediante análisis de varianza (ANOVA). La comparación de medias se realizó mediante el Test de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

## **Conclusión**

Los parámetros medidos en las distintas muestras cumplen con los requisitos de exportación, observándose un mejor comportamiento a lo largo del tiempo en aquella muestra tratada con irradiación UV-C. Se observó un incremento de la concentración en la muestra irradiada y conservada durante 21 días respecto de la muestra control a cero días, indicando que la misma produjo algún efecto leve sobre los frutos tratados. El diámetro ecuatorial del fruto disminuyó menos en la muestra tratada a lo largo del tiempo, de igual modo el porcentaje de la pérdida de peso. La pérdida de firmeza en la muestra control fue mayor. Si bien los parámetros de los frutos almacenados en frío a 8 °C durante 21 días es adecuado, los resultados en esta investigación indican que el uso de la UV-C puede ser una opción de mejora en la conservación de paltas, siendo una tecnología alternativa, económica, ecológica e inteligente que permite procesar y conservar los alimentos de manera continua.

## **REFERENCIAS**

1. M. Bill, D. Sivakuman, A. K. Thompson and L. Korsten “Avocado Fruit Quality Management during the Postharvest Supply Chain”; *Food Reviews International*, vol 30 (2014), p. 169-202.
2. M. L. Dreher, and A. J. Davenport, “Hass Avocado Composition and Potential Health Effects”; *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 53 (2013), p. 738–750.
3. J. Benítez, A. Sánchez, C. Bolaños, L. Bernal, C. Ochoa-Martínez, C. Vélez, CARLOS, A. Sandoval, “Cambios fisicoquímicos del aguacate Hass durante el almacenamiento frío y la maduración acelerada”; *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 19 (2021), p. 41-56.
4. D. Gutiérrez, G. Ruiz López, S. Sgroppo, S. Rodríguez, “Uso de la radiación UV-C en el proceso de elaboración de hortalizas de IV gama”; *Agrociencia Uruguay* vol. 20 (2016), p. 7-13.

## ESTUDIO CINÉTICO DE LA DESORCIÓN DE KETOPROFENO SOPORTADO EN MCM-41

Melisa R. Serrano<sup>(1)\*</sup>, Ignacio R. Aramayo<sup>(1,2)</sup>, y Mónica L. Parentis<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> INIQUI, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [roserrano1988@gmail.com](mailto:roserrano1988@gmail.com)

### RESUMEN

Se realizó la adsorción de ketoprofeno, en matrices mesoporosas de sílice del tipo MCM-41 con diferentes tamaños de poro. El fármaco se cargó en las matrices utilizando el método de impregnación con evaporación del solvente en vacío. Todas las muestras fueron caracterizadas por adsorción de N<sub>2</sub>. Los estudios de caracterización mostraron que el ketoprofeno fue incorporado satisfactoriamente en los soportes. Los ensayos de liberación *in vitro* se llevaron a cabo empleando una solución buffer de fosfato (pH 6,8). Los datos obtenidos se interpretaron mediante cuatro modelos cinéticos resultando ser el modelo "lumped" de segundo orden el que presenta el mejor ajuste. La velocidad de liberación inicial y la cantidad de ketoprofeno total liberada es independiente del tamaño de poro del soporte en el rango estudiado.

### ABSTRACT

Ketoprofen adsorption was carried out in mesoporous silica matrices of the MCM-41 type with different pore sizes. The drug was loaded onto the matrices using the vacuum solvent evaporation impregnation method. All samples were characterized by N<sub>2</sub> adsorption. Characterization studies showed that ketoprofen was successfully incorporated into the supports. *In vitro* release assays were carried out in a phosphate buffer solution (pH 6.8). The results obtained were interpreted using four kinetic models, resulting the second-order "lumped" model the one with the best fit. The initial release rate and the amount of total ketoprofen released is independent of the support pore size in the range studied.

Palabras Clave: MCM-41, ketoprofeno, modelos cinéticos

### INTRODUCCIÓN

Las matrices mesoporosas de sílice presentan características muy interesantes que permiten su utilización en una gran diversidad de aplicaciones, entre ellas, la nanomedicina. En esta rama se incluyen la administración controlada de fármacos, la regeneración de tejido óseo, su empleo como marcadores celulares o la inmovilización de proteínas o enzimas. Desde que Vallet-Regí y col. plantearon por primera vez su utilización como soporte de fármacos en el año 2001, el interés en estos materiales para albergar moléculas biológicamente activas en el interior de sus poros y su posterior liberación ha crecido forma exponencial [1].

El modelado matemático en los sistemas de liberación de fármacos, es de suma importancia en su desarrollo y optimización ya que permite predecir las tasas de liberación de fármacos, así como su difusión desde el soporte hacia el medio de liberación y poder interpretar los mecanismos de transporte involucrados. Un modelo matemático adecuado permite prever los efectos de los parámetros de diseño en los perfiles de liberación de fármacos.

En este trabajo se presenta el estudio cinético de la liberación *in vitro* de ketoprofeno, un antiinflamatorio no esteroide, soportado en una matriz mesoporosa de sílice del tipo MCM-41. Se busca, a partir de cuatro modelos

cinéticos, realizar un ajuste a los datos de los perfiles de disolución obtenidos y poder interpretar la variación de los parámetros en términos de la modificación del tamaño de poro del soporte.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento empleado para la síntesis fue previamente reportado por Grün y col. [2] empleando sales de bromuro n-alkiltrimetilamonio como agente director de estructura y tetraetoxisilano (TEOS) como fuente de sílice. Los surfactantes empleados fueron bromuro de n-dodeciltrimetil amonio (C<sub>12</sub>), bromuro de n-hexadeciltrimetilamonio (C<sub>16</sub>) y bromuro de n-octadeciltrimetil amonio (C<sub>18</sub>) que poseen 12, 16 y 18 átomos de C en la cadena alquílica respectivamente. El material se filtró, lavó y secó a 90°C durante 12 horas. El surfactante se removió mediante calcinación progresiva hasta llegar a 550°C, manteniéndose a esta temperatura durante 4 horas.

Se impregnó 1 g de sílice con una solución de 150 mg/ml de ketoprofeno (KT) en etanol a temperatura ambiente. Luego el sistema se sometió a vacío para favorecer la penetración de la solución en los poros. La muestra se secó a 85°C durante 24 horas. El porcentaje en peso de ketoprofeno cargado en el soporte se determinó mediante pérdida de peso por calcinación.

Los estudios de liberación se llevaron a cabo en un vaso de precipitado empleando 400 ml de una solución reguladora de fosfato (pH 6,8) y calefaccionado a 37 ± 0,5°C, a la cual se agregó 100 mg aproximadamente de soporte cargado con el fármaco en formato polvo. Se tomaron muestras de la disolución a tiempos predeterminados y la cuantificación del ketoprofeno se realizó mediante espectroscopia UV-Vis a una longitud de onda de 261 nm, utilizando un espectrofotómetro JEWAY 7315.

Las experiencias de adsorción-desorción de N<sub>2</sub> se realizaron en un sortómetro Micromeritics ASAP-2020. La superficie específica fue determinada a través del método BET, empleando los datos de la rama de adsorción, en un rango de presiones relativas entre 0,05 y 0,30. Las distribuciones de tamaños de poros fueron calculadas empleando el método desarrollado por Villarroel, Barrera y Sapag (VBS) considerando un modelo de poro cilíndrico a partir de los datos de la rama de adsorción. El volumen de poro fue determinado utilizando la regla de Gurvich a una presión relativa de 0,98.

Los datos obtenidos de los perfiles de liberación se ajustaron con los modelos de Higuchi, Korsmeyer-Peppas, Weibull y Lumped realizando en todos los casos un análisis de regresión no lineal aplicando el programa Polymath 6.0.

A continuación, se resumen las expresiones de los modelos, en función de sus respectivos parámetros:

Higuchi

$$\frac{M_t}{M_\infty} = K_H t^{1/2} \quad (1)$$

M<sub>t</sub> es la cantidad de fármaco liberado a un tiempo t, M<sub>∞</sub> la cantidad de fármaco liberada en el equilibrio y K<sub>H</sub> es la constante de disolución de Higuchi.

Korsmeyer-Peppas

$$\frac{M_t}{M_\infty} = K_K t^n \quad (2)$$

Donde M<sub>t</sub>/M<sub>∞</sub> poseen igual significado que las definidas en el modelo anterior, K<sub>K</sub> es la constante de liberación y n recibe el nombre de exponente de difusión y es característico del mecanismo de liberación.

Weibull

$$m = 1 - e^{-\frac{(t-T_d)^b}{a}} \quad (3)$$

Donde m es la cantidad de fármaco liberado a un tiempo t, a define la escala temporal del proceso, a=T<sub>d</sub><sup>b</sup> siendo T<sub>d</sub> el tiempo necesario para disolver el 63.2% del fármaco en la forma farmacéutica y b es un factor de forma.

Lumped

$$M_t = \frac{M_\infty^2 \cdot k_2 \cdot t}{[1 + M_\infty \cdot k_2 \cdot t]} = \frac{a \cdot t}{1 + b \cdot t} \quad (4)$$

Donde M<sub>t</sub> es la masa de fármaco liberada a un tiempo t, M<sub>∞</sub> es la masa total factible de ser liberada en el equilibrio y k<sub>2</sub> es la constante cinética de velocidad de liberación de segundo orden.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan las propiedades texturales de los soportes puros y luego de la carga de ketoprofeno como así también el porcentaje de fármaco adsorbido. El aumento de la longitud de la cadena hidrocarbonada del surfactante no produce una modificación de la superficie específica del material, que se mantiene alrededor

de los 1100 m<sup>2</sup>/g. Sin embargo, que esta variación en el agente director de estructura conduce a un incremento paulatino del volumen de poros (de 0,66 a 1cm<sup>3</sup>/g) y del tamaño de los poros del material (de 2,6 a 4,5 nm).

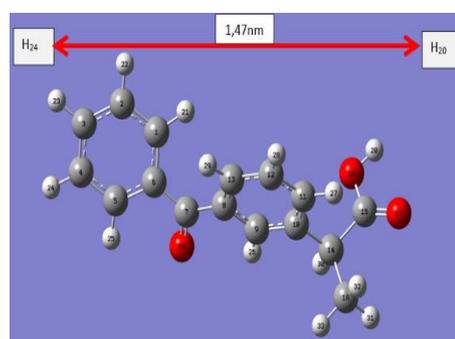
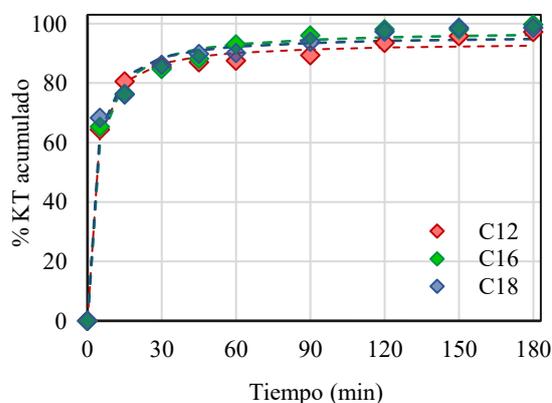
**Tabla 1:** Propiedades texturales de los materiales

Muestra	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	d <sub>p</sub> (nm)	V <sub>p</sub> <sup>a</sup> (cm <sup>3</sup> /g)	%KT
C <sub>12</sub>	1079	2,6	0,66	-
C <sub>16</sub>	1120	3,8	0,97	-
C <sub>18</sub>	1100	4,5	1,06	-
C <sub>12</sub> :KT	4	2,1	0,01	34
C <sub>16</sub> :KT	26	3,0	0,11	38
C <sub>18</sub> :KT	6	2,0	0,03	48

Luego de la incorporación del ketoprofeno se observa una brusca caída del área superficial y del volumen de poros determinado según Gurvich. Esto podría atribuirse a que los poros fueron casi completamente llenados por el fármaco.

Por otro lado, un aumento en el tamaño de poros y volumen de poros de los materiales puros permite que una mayor cantidad de ketoprofeno pueda ser adsorbida en el soporte.

En la Figura 1 se presentan los perfiles de liberación presentados por los materiales cargados con diferente tamaño de poro. Se observa que el aumento del diámetro de poro del soporte, en el rango estudiado, modifica levemente la velocidad de disolución del KT. Así, a los 30 minutos se logró liberar el 86,64% de KT del soporte C<sub>12</sub>, el 88,64% del C<sub>16</sub> y 88,60% del C<sub>18</sub>, significando esto solo un aumento del 2% para el soporte de mayor tamaño con respecto al más pequeño. La similitud en los perfiles de liberación para materiales con diferentes tamaños de poros, en el rango entre 2,6 a 4,5 nm, puede explicarse tomando en consideración el tamaño de la molécula. La dimensión en el eje longitudinal de la molécula, determinada empleando HyperChem Professional, es de 1,47 nm (Figura 2). Esto demostraría que no existe ninguna restricción para el egreso de la molécula desde el interior de los poros hacia el medio de disolución, aún para el material con el menor tamaño de poro.



**Figura 1:** Perfiles de disolución de KT soportado en MCM-41 con diferente tamaño de poro en buffer pH 6.8 y T= 37°C.

**Figura 2:** Representación de la molécula de Ketoprofeno, empleando HyperChem Professional.

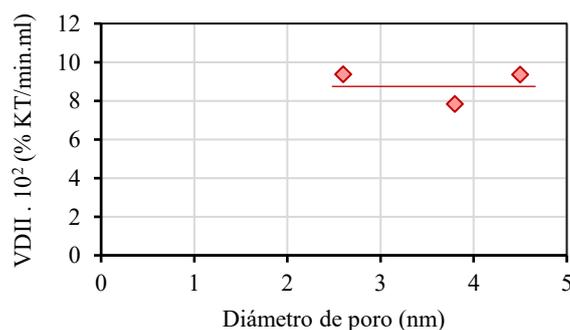
Con el objetivo de estudiar el mecanismo mediante el cual se lleva a cabo la liberación de ketoprofeno desde MCM-41, los datos obtenidos se ajustaron a las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 propuestas por Higuchi, Korsmeyer y Peppas, Weibull y Romero y col. [3] (modelo “Lumped”) respectivamente. En la Tabla 2, se presentan los parámetros de cada uno de los modelos matemáticos utilizados. Los coeficientes de correlación (R<sup>2</sup>) obtenidos evidenciaron que todas las formulaciones presentan un mejor ajuste con el modelo global de segundo orden Lumped.

**Tabla 2.** Ajuste de los perfiles de liberación de ketoprofeno.

Muestra	Higuchi		Korsmeyer-Peppas			Weibull				Lumped			
	$K_H$	$R^2$	$K_{KP}$	n	$R^2$	a	b	$T_d$	$R^2$	a	b	$M_\infty$	$R^2$
C <sub>12</sub> :KT	5,073	0,619	56,88	0,10	0,940	1,51	0,28	4,39	0,954	35,50	0,39	91,915	0,993
C <sub>16</sub> :KT	5,485	0,671	53,68	0,12	0,980	1,93	0,37	5,908	0,987	29,94	0,31	95,316	0,987
C <sub>18</sub> :KT	5,339	0,645	56,78	0,11	0,925	1,72	0,34	4,872	0,960	35,62	0,38	94,596	0,982

Es importante señalar que el Modelo Lumped describe el perfil de liberación total del fármaco, lo cual no es factible de realizar con otros modelos empíricos o semiempíricos, como es el caso del modelo de Korsmeyer-Peppas que presenta la restricción de que para determinar el exponente del modelo debe usarse solo hasta el 60% de la cantidad de fármaco liberado. Además, el modelo Lumped permite calcular la velocidad de disolución inicial (VDI), que resulta coincidente con el parámetro a, lo que no es posible con los otros modelos reportados.

La Figura 3 muestra la velocidad de disolución inicial (% KT/min.ml) intensificada con el volumen del medio de disolución, conocida como velocidad de disolución inicial intrínseca (VDII), en función del diámetro de poro del soporte. Se observa que este parámetro se mantiene constante en el rango de tamaño de poro analizado.



**Figura 3:** Velocidad de disolución intrínseca inicial en función del diámetro de poro del soporte.

## CONCLUSIONES

El ketoprofeno fue satisfactoriamente incorporado en las matrices de sílice tal como lo muestran los estudios de textura superficial. La cantidad de KT cargada depende del tamaño de poros del soporte observándose que la misma aumenta cuanto mayor es el diámetro del poro. Los ensayos de liberación *in vitro* demostraron que la cantidad de ketoprofeno total liberada y la velocidad de disolución inicial no dependen del tamaño del poro del soporte para el rango analizado. El modelo que mejor describe el proceso de disolución del ketoprofeno es el modelo de segundo orden “Lumped”.

## REFERENCIAS

1. M. Vallet-Regí, F. Schüth, D. Lozano, M. Colilla, y M. Manzano, “Engineering mesoporous silica nanoparticles for drug delivery: where are we after two decades?”; *Chemical Society Reviews* (2022).
2. M. Grün, K. K. Unger, A. Matsumoto, y K. Tsutsumi, “Novel pathways for the preparation of mesoporous MCM-41 materials: control of porosity and morphology”; *Microporous Mesoporous Materials*, Vol. 27 (1999), p. 207-216.
3. A. Romero, J. Bermudez, M. Villegas, M. Dib Ashur, M. Parentis, y E. Gonzo, “Modeling of Progesterone Release from Poly(3-Hydroxybutyrate) (PHB) Membranes”; *AAPS PharmSciTech*, Vol. 17 (2016), p. 898-906.

## INFLUENCIA DEL pH EN LA DISOLUCIÓN DE KETOPROFENO SOPORTADO EN MCM-41

Melisa R. Serrano<sup>(1)\*</sup>, Ignacio R. Aramayo<sup>(1,2)</sup>, y Mónica L. Parentis<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> INIQUI, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): roserrano1988@gmail.com

### RESUMEN

Se propone la utilización de una matriz mesoporosa a base de sílice, de tipo MCM-41, como vehículo para el transporte de ketoprofeno, un antiinflamatorio no esteroide. La carga del fármaco se realizó utilizando el método de impregnación con evaporación del solvente en vacío. La caracterización de las muestras se realizó por adsorción-desorción de N<sub>2</sub> y espectroscopia infrarroja (FTIR), encontrándose que el soporte conserva la estructura mesoporosa aún luego de la incorporación del fármaco, la presencia del cual fue corroborada por FTIR. Los ensayos de liberación in vitro se llevaron a cabo empleando soluciones buffer de diferentes pH: ácido clorhídrico (pH 1,2), acetato (pH 4,5) y fosfato (pH 6,8). Los datos obtenidos fueron bien interpretados mediante el modelo cinético de segundo orden "lumped". Se encontró que la velocidad de liberación inicial y la cantidad de ketoprofeno total liberada es dependiente del pH del medio de disolución.

### ABSTRACT

The use of a silica-based mesoporous matrix, of the MCM-41 type, is proposed as a vehicle for the transport of Ketoprofen, a non-steroidal anti-inflammatory drug. Drug loading was performed using the vacuum solvent evaporation impregnation method. Samples characterization was carried out by adsorption-desorption of N<sub>2</sub> and infrared spectroscopy (FTIR) finding that the support retains the mesoporous structure even after the incorporation of the drug, the presence of which was corroborated by FTIR. The in vitro release tests were carried out using buffer solutions of different pH: hydrochloric acid (pH 1.2), acetate (pH 4.5) and phosphate (pH 6.8). The results obtained were well interpreted using the "lumped" second order kinetic model. It was found that the initial release rate and the amount of total ketoprofen released is dependent on the pH of the dissolution medium.

### PALABRAS CLAVE

MCM-41, ketoprofeno, liberación in vitro, pH

### INTRODUCCIÓN

Una estrategia para mejorar las limitaciones intrínsecas de los fármacos con características biofarmacéuticas inadecuadas, como ser su escasa solubilidad o inestabilidad fisicoquímica, es el empleo de vehículos o vectores que mejoren sus perfiles biofarmacéutico y farmacocinético. Esto se debe a que una vez que el principio activo se encuentra incorporado o conjugado al vehículo, su farmacocinética y biodistribución dejarán de depender exclusivamente de su propia estructura molecular, para ser función del tamaño, composición, carga y estructura superficial del soporte.

En 2001, Vallet-Regi y col. [1] propusieron por primera vez la utilización de los materiales mesoporosos de sílice como soporte de fármacos. Desde ese momento, el interés de la comunidad científica en estos

materiales como sistemas de entrega de fármacos ha crecido notablemente. Los materiales mesoporosos de sílice tienen características que los convierten en excelentes candidatos para su utilización como soportes en sistemas de liberación de fármacos; entre estas pueden mencionarse el tamaño de poro uniforme y ajustable, el elevado volumen de poro y área superficial que permiten lograr grandes cargas de fármaco además de ser biocompatibles.

El objetivo de este trabajo fue realizar la adsorción de ketoprofeno, un antiinflamatorio no esteroide, en una matriz mesoporosa de sílice de tipo MCM-41, caracterizar la muestra obtenida y evaluar, mediante ensayos de disolución *in vitro* como afecta el pH del medio de disolución a la velocidad de disolución del fármaco. Se realizó el ajuste de los resultados obtenidos experimentalmente mediante un modelo matemático, con el fin de obtener la cinética de liberación del KT.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento empleado para la síntesis del soporte (C16) fue previamente reportado por Grün y col. [2] empleando bromuro de n-hexadeciltrimetilamonio como agente director de estructura y tetraetoxisilano (TEOS) como fuente de sílice. El surfactante se removió mediante calcinación a 550°C durante 4 horas.

La incorporación de Ketoprofeno al soporte (C16:KT) se realizó a través del método de impregnación con evaporación del solvente en vacío tratando 1 g de soporte con 6,67 ml de una solución de ketoprofeno (KT) disuelto en etanol (150 mg/ml) a temperatura ambiente. El porcentaje en peso de ketoprofeno cargado en el soporte se determinó mediante TG y alternativamente por pérdida de peso por calcinación.

Las experiencias de adsorción-desorción de N<sub>2</sub> se realizaron en un sortómetro Micromeritics ASAP-2020, empleando los métodos BET y VBS para la determinación de las superficies específicas y distribución de tamaños de poros respectivamente. Los espectros de IR fueron obtenidos con un espectrofotómetro Perkin Elmer Spectrum GX-FTIR. Las muestras fueron diluidas en KBr y prensadas a 2 tn/cm<sup>2</sup>.

Los estudios de liberación se llevaron a cabo empleando un volumen de 400 ml del medio de disolución, 100 mg aproximadamente de muestra en polvo y una temperatura de 37 ±0,5°C. Los medios empleados fueron: buffer de ácido clorhídrico (pH 1,2), buffer de acetato (pH 4,5) y buffer de fosfato (pH 6,8). La cantidad de ketoprofeno en las muestras, tomadas a intervalos de tiempo definidos, fue determinada por espectroscopia UV-Vis a una longitud de onda de 261 nm, utilizando un espectrofotómetro JEWAY 7315.

Los resultados de los ensayos de liberación fueron interpretados mediante un modelo cinético de segundo orden “Lumped”, desarrollado por Romero y col.:

$$M_t \% = \frac{a \cdot t}{1 + b \cdot t} \quad (1)$$

Este modelo ajusta los datos experimentales desde t=0 a t→∞ y M<sub>t</sub>% es el porcentaje de fármaco disuelto en el tiempo t.

A fin de comparar perfiles de disolución diferentes, se emplean parámetros farmacéuticos pre-establecidos, los cuales deben aplicarse al modelo empleado y se presentan a continuación:

- Velocidad de disolución inicial (VDI), que resulta igual a “a”, uno de los parámetros del modelo.
- Tiempo de disolución (t<sub>X%</sub>): Es el tiempo necesario para que se disuelva un porcentaje determinado del fármaco:

$$t_{X\%} = \frac{M\%_{(t_{X\%})}}{(a - b \cdot M\%_{(t_{X\%})})} \quad (2)$$

- Eficiencia de disolución:

$$DE = \frac{\int_0^{t_f} M_t \% dt}{100 \cdot t_f} \quad (3)$$

Donde t<sub>f</sub> es el tiempo final considerado. Se calculó a los 180 minutos .

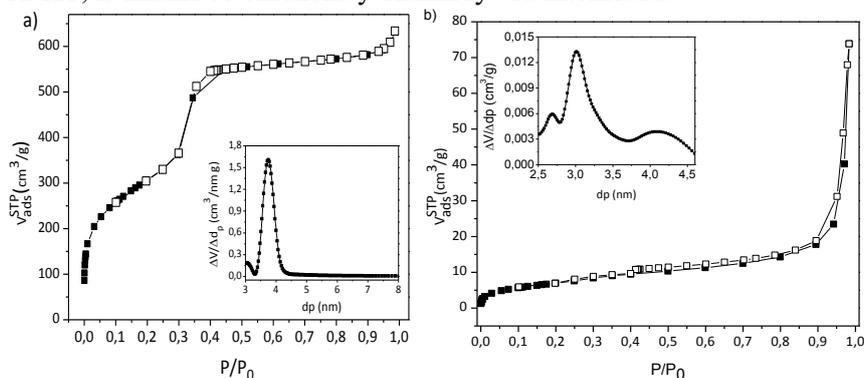
- Tiempo medio de disolución: Es el tiempo promedio de residencia del principio activo en la forma farmacéutica:

$$TMD_{X\%} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{jm} \cdot \Delta M_t \%}{\sum_{j=1}^n \Delta M_t \%} \quad (4)$$

Siendo t<sub>jm</sub> = (t<sub>j</sub> + t<sub>j-1</sub>)/2 el tiempo medio entre dos muestras y ΔMt% es la cantidad adicional de fármaco liberado entre t<sub>j</sub> y t<sub>j-1</sub>. Se calculó para t<sub>50%</sub>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran las isotermas de adsorción-desorción de  $N_2$  de la matriz mesoporosa antes y después de la incorporación del ketoprofeno. El soporte puro presenta una isoterma del tipo IV de acuerdo a la clasificación de la IUPAC, característica de los materiales mesoporosos. Luego de la incorporación del KT se mantiene el tipo de isoterma lo que indica que no se modificó la estructura ordenada del soporte, sin embargo, se observa una notable disminución en la capacidad de adsorción del mismo. La distribución del tamaño de poros (insertada en la Fig. 1) es estrecha para la muestra de MCM-41 puro mientras que para la muestra cargada con KT, la misma se ensancha y disminuye su intensidad.



**Figura 1:** Isotermas de adsorción y desorción de  $N_2$  de las muestras a) C16 y b) C16:KT. Inserto distribución de tamaño de poros.

El área superficial del soporte cae de  $1120 \text{ m}^2/\text{g}$  al 2% de su valor original luego de la incorporación del fármaco. Algo similar ocurre con el volumen de poros, lo cual podría atribuirse a que los mismos fueron casi

completamente llenados por el fármaco. En lo que respecta al diámetro medio de poros, el mismo disminuye de  $3,8 \text{ nm}$  a  $3 \text{ nm}$  luego de la incorporación de KT. El porcentaje de KT incorporado es del 38%.

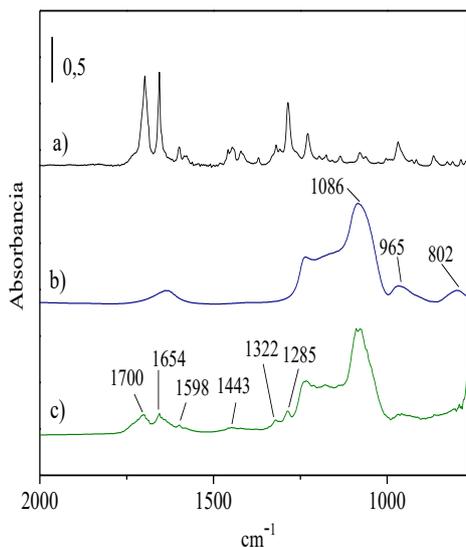
En la figura 2 se presentan los espectros de FTIR de las muestras del fármaco puro y del soporte mesoporoso antes y después de la adsorción del KT.

El espectro b, correspondiente a la matriz mesoporosa pura, muestra las bandas características de sílice a  $1086 \text{ cm}^{-1}$ , atribuida a vibraciones de estiramiento asimétrico de enlaces Si-O-Si, la banda a  $965 \text{ cm}^{-1}$ , que corresponde a vibraciones del enlace Si-OH y el pico a  $802 \text{ cm}^{-1}$  que se asigna a las vibraciones de estiramiento simétrico de enlaces Si-O-Si.

Luego de la incorporación del ketoprofeno, se puede observar la presencia de dos bandas a  $1700$  y  $1654 \text{ cm}^{-1}$  correspondientes a las vibraciones de estiramiento del grupo carbonilo (C=O) de la molécula de KT. A los  $1443 \text{ cm}^{-1}$  se observa una banda asociada a las vibraciones de estiramiento de los enlaces C-C característico de los anillos aromáticos. Las bandas que se encuentran a los  $1598 \text{ cm}^{-1}$  y en el rango entre los  $1450$  y  $1200$

$\text{cm}^{-1}$  pueden asociarse a las vibraciones de estiramiento simétricas y asimétricas del carboxilato respectivamente.

Los perfiles del porcentaje de ketoprofeno liberado acumulado desde la matriz mesoporosa, determinados a tres valores de pH diferentes, se muestran en la Figura 3. Se observa que un incremento del pH del medio de disolución produce un aumento en la cantidad de KT disuelto. Así, a los 30 minutos se logró liberar el 36,48% de KT a pH 1,2, mientras que el valor aumentó 1,9 y 2,4 veces para pH 4,5 y 6,8 respectivamente. Esto se debe a que un aumento del pH produce la ionización de los grupos carboxílicos del KT y, en consecuencia, aumenta su solubilidad. Resultados similares fueron observados por Charnay y col. [3] y Moritz y Łaniecki [4] quienes estudiaron la liberación de ibuprofeno de MCM-41 y ketoprofeno de SBA-15 respectivamente.



**Figura 2.** Espectros FTIR de a) ketoprofeno puro, b) C16 y c) C16:KT.

Para evaluar la cinética de liberación del fármaco se utilizó el modelo “Lumped”. Este modelo describe satisfactoriamente los procesos en los que están presentes los fenómenos de difusión y transferencia al medio de disolución, o cuando solo existe una transferencia externa a un medio fluido en el que la concentración del fármaco aumenta constantemente. Los parámetros  $a$  y  $b$  del modelo, Ecuación (1), están dados en ( $\% \text{ min}^{-1}$ ) y ( $\text{min}^{-1}$ ), respectivamente. En la Tabla 1, se presentan los valores de estos parámetros para la muestra C16:KT a diferentes pH.

Los valores obtenidos para el coeficiente de correlación  $R^2$  indican que los datos experimentales se ajustan satisfactoriamente al modelo “Lumped”. Por otro lado, la velocidad inicial de disolución (parámetro  $a$ ) es 10,8 veces superior para la muestra que se libera a pH 6,8 con respecto a la de pH 1,2.

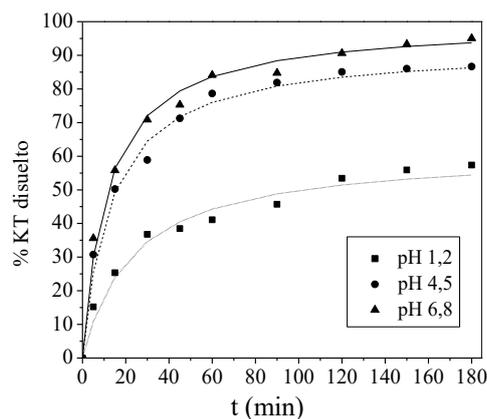


Figura 3. Perfiles de disolución acumulada de ketoprofeno a diferentes pH y  $T=37^{\circ}\text{C}$ .

Tabla 1: Parámetros del modelo y de importancia farmacéutica para C16: KT a diferentes pH.

Muestra	Parámetros del modelo			$t_{30\text{min}}$ (%)	$t_{50\%}$ (min)	$t_{80\%}$ (min)	TMD (min)	ED (%)
	a ( $\% \text{ min}^{-1}$ )	b ( $\text{min}^{-1}$ )	$R^2$					
C16:KT pH 1,2	2,889	0,046	0,987	36,48	83,89	NA*	13,47	46,02
C16:KT pH 4,5	7,708	0,080	0,993	68,21	13,43	59,98	3,20	78,32
C16:KT pH 6,8	31,338	0,320	0,990	88,64	3,26	13,98	0,78	90,96

NA\* no alcanzado

La comparación de los perfiles obtenidos a partir del cálculo de parámetros de importancia farmacéutica (modelo independiente) conduce a que todos los perfiles son diferentes obteniéndose mejores resultados a pH 6,8. El tiempo necesario para que se disuelva el 50% del KT es 25,7 veces superior para pH 1,2 comparado con el pH 6,8. Con respecto al  $t_{80\%}$ , no fue posible su cálculo a pH 1,2 ya que no se alcanzó disolver el 80% del KT en el tiempo que duró el ensayo. El mayor valor de eficiencia de disolución (ED) se obtuvo para la muestra liberada a pH 6,8, y fue de 90,96%, indicando una rápida disolución del KT mientras que disminuyó a un 78,32% y 46,02% para pH de 4,5 y 1,2 respectivamente. Por otro lado, el tiempo medio de disolución (TMD) fue de dos órdenes mayor para la muestra liberada al menor pH, mostrando así que el tiempo promedio requerido para que se disuelva el 50% del KT aumenta con la disminución del pH.

## CONCLUSIONES

El ketoprofeno fue exitosamente incorporado dentro de los poros de la sílice mesoestructurada, manteniendo dicha estructura luego de la incorporación. Los ensayos de liberación *in vitro* mostraron que la cantidad de ketoprofeno total liberada y la velocidad de disolución inicial dependen del pH del medio de disolución, viéndose favorecidas con el incremento del pH. El modelo “Lumped” ajusta satisfactoriamente los resultados obtenidos en los perfiles de disolución.

## REFERENCIAS

1. M. Vallet-Regi, A. Rámila, R. P. del Real, y J. Pérez-Pariente, “A New Property of MCM-41: Drug Delivery System”, Chemistry of Materials, Vol. 13 (2001), p. 308-311.
2. M. Grün, K. K. Unger, A. Matsumoto, y K. Tsutsumi, “Novel pathways for the preparation of mesoporous MCM-41 materials: control of porosity and morphology”, Microporous Mesoporous Materials, Vol. 27 (1999), p. 207-216.
3. C. Charnay, S. Bégu, C. Tourné-Péteilh, L. Nicole, D. A. Lerner, y J. M. Devoisselle, “Inclusion of ibuprofen in mesoporous templated silica: drug loading and release property”, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics., Vol. 57 (2004), p. 533-540.
4. M. Moritz y M. Łaniecki, “SBA-15 mesoporous material modified with APTES as the carrier for 2-(3-benzoylphenyl) propionic acid”, Applied Surface Science, Vol. 258 (2012), p. 7523-7529.

## APROXIMACION DE NIVELES DE ENERGIA PARA DEPOSICION EN SUPERFICIES MODIFICADAS. UN PRIMER ANÁLISIS

J. E. Pena Ausar<sup>1</sup>, O. A. Pinto<sup>(1,2)\*</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Bionanotecnología del NOA (INBIONATEC-CONICET), Universidad Nacional de Santiago del Estero, RN 9 Km 1125 Villa el Zanjón, Santiago del Estero, G4206XCP, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ciencias Exactas y tecnológicas, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): oapinto2010@gmail.com

### RESUMEN

El presente trabajo tiene como principal objetivo presentar una nueva base teórica para describir el proceso de deposición en superficies de electrodos modificadas con impurezas, las cuales bloquean sitios de adsorción en dichas superficies. En el proceso de electrodeposición, una especie electroactiva es adsorbida en los sitios disponibles de la superficie y transfiere carga eléctrica. Presentamos la aproximación teórica de niveles de energía mediante la consideración de la distribución binomial y la isoterma estándar de Langmuir en el uso de la ecuación integral. Las isotermas de adsorción y la compresibilidad de la capa adsorbida obtenidas mediante la aproximación teórica fueron comparadas con las obtenidas mediante simulación de Monte Carlo (MC). Dicho estudio se realizó para diferentes energías de interacción lateral, a primeros vecinos, tanto atractivas como repulsivas, y para diferentes grados de ocupación de la red por parte de las impurezas.

### ABSTRACT

The main objective of this work is to present a new theoretical basis to describe the deposition process on electrode surfaces modified with impurities, which block adsorption sites on said surfaces. In the electrodeposition process, an electroactive species is adsorbed on available sites on the surface and transfers electrical charge. We present the energy level approximation by considering the binomial distribution and the standard Langmuir isotherm in the use of the integral equation. The adsorption isotherms and the compressibility of the adsorbed layer obtained by the theoretical approach were compared with those obtained by Monte Carlo (MC) simulation. This study was carried out for different energies of lateral interaction, to first neighbors, both attractive and repulsive, and for different degrees of occupation of the lattice by impurities.

**Palabras clave:** Mecánica Estadística; Electrodos modificados; Simulación de Monte Carlo; Aproximación teórica.

### INTRODUCCIÓN

La interfase electroquímica ha sido un campo de interés en los últimos años pues el estudio del proceso de electrodeposición permite mejorar las características fisicoquímicas de los electrodos planos o superficies en los que ocurre. Dicho proceso es particularmente importante en estudios de voltametría [1]. Las propiedades fisicoquímicas pueden modificarse mediante la presencia de agentes externos en la superficie ya que introducen heterogeneidad energética (debido a que afectan la energía de interacción lateral de la especie adsorbida con su entorno) y geométrica (por ejemplo, afectando la disponibilidad de sitios) en la misma afectando así el proceso de electrodeposición y, por ende, la transferencia de carga en el electrodo. En el presente trabajo, dichos agentes externos pueden ser moléculas, partículas o, incluso, nanopartículas.

Numerosos modelos computacionales y teóricos han sido desarrollados para entender el proceso de electrodeposición. Un modelo muy útil del sistema experimental es el llamado Modelo de Gas de Red, en el cual se considera a la superficie como una red de geometría definida en la cual la especie electroactiva puede ser adsorbida en determinados sitios. Dicho modelo es ampliamente utilizado en simulaciones de Monte Carlo (MC) [2]. Otra herramienta utilizada en conjunto con el modelo son las aproximaciones teóricas basadas en

el formalismo de la ecuación integral [3], que se utiliza en estudios semi-empíricos de superficies heterogéneas.

El principal objetivo de este trabajo es presentar una nueva aproximación teórica basada en la ecuación integral de superficies heterogéneas, aplicada a los fenómenos de electroadsorción sobre un electrodo modificado. La heterogeneidad surge de la modificación de la superficie del electrodo a través de la deposición irreversible de partículas de bloqueo, o impurezas, a cierta concentración. La teoría se basa en la consideración de los niveles de energía generados por estas impurezas y la modificación de la isoterma de Langmuir. Los resultados se compararán con los obtenidos por simulaciones de MC en el conjunto Gran Canónico.

## METODOLOGÍA

### Modelo de gas de Red y simulación de MC

Según el modelo de gas de red, la superficie electroactiva es considerada como una red bidimensional de geometría triangular y de tamaño lateral  $L$ , conteniendo así  $M=L \times L$  nodos, los cuales son considerados sitios de adsorción. Una fracción  $\theta = N_B/M$  de los  $M$  sitios es ocupada aleatoria e irreversiblemente por impurezas, llamadas partículas B, donde  $N_B$  es la cantidad absoluta de los sitios de la red ocupados por impurezas. Finalmente, existen  $M^* = M - N_B$  sitios disponibles para la adsorción de una especie electroactiva A, cuyas interacciones laterales se consideran de a pares y a primeros vecinos (NN).

Bajo estos supuestos, deseamos calcular el grado de ocupación o cubrimiento superficial ( $\theta = N_A/M$ ) de las partículas A, para un dado valor del potencial químico  $\mu$  tanto como la compresibilidad de la monocapa  $\varphi = k_B T \partial \theta / \partial \mu$ , siendo  $k_B$  la constante de Boltzmann y  $T$  la temperatura absoluta. La compresibilidad es proporcional a la corriente medida en un experimento voltamperométrico [4]. Dichas variables serán calculadas mediante simulación de Monte Carlo para ser los valores obtenidos comparados con los resultados de la aproximación teórica de niveles energéticos.

El proceso de equilibrio de adsorción-desorción de la partícula A se simula mediante la técnica de Monte Carlo en el Ensamble Gran Canónico, utilizando una dinámica de Glauber [2]. En dicho ensamble el aporte energético de las interacciones laterales adsorbato-adsorbato es cero o despreciable con respecto al de las interacciones adsorbato-impureza. De esta manera, el hamiltoniano correspondiente al ensamble estadístico es el siguiente:

$$H(N_A, N_B) = \frac{1}{2} \sum_{\langle i,j \rangle} (w \delta_{c_i,1} \delta_{c_j,2}) - (\gamma - \mu) \sum_i^M c_i \delta_{c_i,1} \quad [1]$$

Donde  $c_i$  es la variable de ocupación del sitio  $i$ -ésimo, que puede tomar el valor 1(2), si el sitio está ocupado por una partícula A (partícula B), o 0 si el sitio está vacío;  $\delta_{i,j}$  es el delta de Kronecker. La primera suma se ejecuta sobre todos los NN pares de sitios ( $i,j$ ). En esta ecuación,  $w$  es la energía de interacción lateral entre las partículas A-B; aquí se incluye el factor 1/2 para evitar el doble conteo de pares. En el último término, la suma corre sobre todos los sitios disponibles y  $\gamma$  corresponde a la interacción adsorbato-adsorbente. El esquema Metrópolis [2] se utiliza para satisfacer el principio de equilibrio detallado.

Se logra un paso de Monte Carlo (MCS) cuando cada uno de los sitios  $M-N_B$  ha sido probado para cambiar de estado. El estado de equilibrio es alcanzado después de descartar los primeros  $5 \times 10^6$  MCS. Luego, los siguientes  $2 \times 10^6$  MCS se utilizan para calcular los promedios. Se utilizaron 5000 configuraciones inicialmente aleatorias diferentes.

En este contexto, las variables de interés se calculan mediante los promedios

$$\theta = \frac{\langle N_A \rangle}{M} \quad [2]$$

$$\varphi = k_B T \frac{\partial \theta}{\partial \mu} \quad [3]$$

### APROXIMACIÓN TEÓRICA DE NIVELES DE ENERGÍA

El modelo teórico presentado aquí se basa en la ecuación integral;

$$\theta(E) = \int_{-R}^R \theta_L(E, \mu) f(E) dE \quad [4]$$

aquí, la isoterma total  $\theta(E)$  de una superficie heterogénea se puede obtener integrando isotermas homogéneas locales  $\theta_L(E, \mu)$ , asociadas a los sitios de adsorción con energía  $E$ , potencial  $\mu$  y temperatura  $T$ , multiplicadas

por  $f(E)$ , que es la distribución de estos sitios de diferente energía.  $R$  se extiende sobre el conjunto de sitios de adsorción físicamente permitidos.

En nuestro modelo, las partículas B establecen niveles de energía asociados con entornos o configuraciones. Estos niveles de energía corresponden a números de enlaces “ $m$ ” entre partículas A-B, por lo que hay niveles  $z+1$ , es decir,  $m=0, 1, 2, \dots, z$ . Cada nivel de energía corresponde a un entorno  $m$ , con energía  $\varepsilon_m = mw + \gamma$  y su degeneración viene dada por  $\binom{z}{m}$ . La

**Figura 1** muestra una configuración arbitraria de entornos para redes triangulares, donde se muestran todos los niveles de energía. Los puntos rojos y negros corresponden a partículas A y partículas B, mientras que los círculos blancos corresponden a sitios vacíos. Desde el punto de vista energético, los sitios vacíos son equivalentes a las partículas A.

En un trabajo anterior [2], los autores lograron aproximar las posiciones de los puntos de inflexión (picos) en los perfiles de  $\theta$  ( $\varphi$ ) vs  $\mu/k_B T$  mediante isothermas locales, pero no el detalle de los plateau ni la intensidad de los picos. No se logró expresar la ocupación total  $\theta$  de la superficie en términos de isothermas locales debido a que faltaba la componente  $f(E)$  al construir el modelo. Para construir el modelo teórico, para las isothermas locales consideramos la isoterma estándar de Langmuir con energía de interacción de las partículas con la red como  $\varepsilon_m = mw + \gamma$  y para  $f(E)$  consideramos la distribución binomial. Debido a que  $E$  es variable discreta en este caso, la integral [4] se convierte en la siguiente sumatoria;

$$\theta(\mu) = \sum_{m=0}^z \frac{z!}{m!(z-m)!} r^m (1-r)^{z-m+1} \frac{e^{-\beta(\mu-mw-\gamma)}}{1 + e^{-\beta(\mu-mw-\gamma)}} \quad [5]$$

Y la compresibilidad se calcula

$$\varphi_T(\mu) = \sum_{m=0}^z \frac{z!}{m!(z-m)!} r^m (1-r)^{z-m+1} \frac{e^{\beta(\mu-mw-\gamma)}}{(1 + e^{\beta(\mu-mw-\gamma)})^2} \quad [6]$$

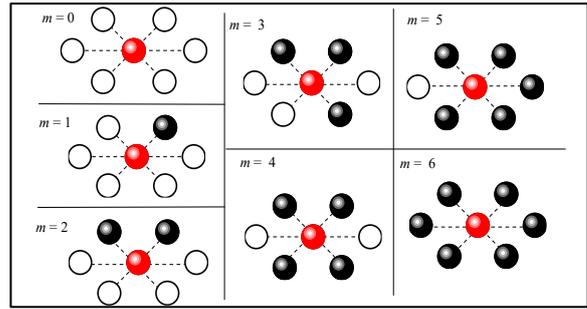
En la expresión  $(1-r)^{z-m+1} = (1-r)(1-r)^{z-m}$  corresponde a la distribución binomial por la fracción de sitios disponibles  $(1-r)$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

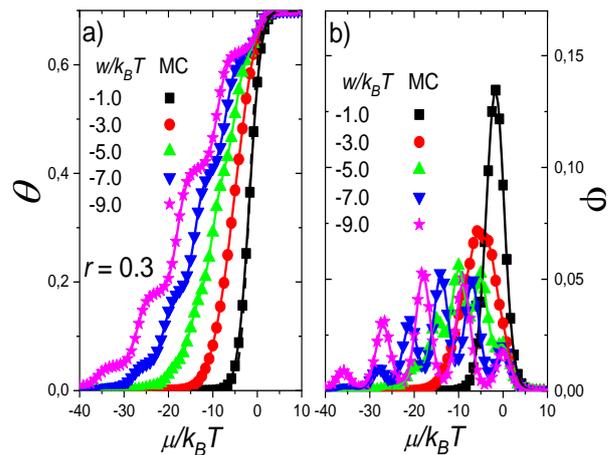
Para simular el proceso de adsorción, se testeó una red triangular bidimensional de  $L=180$  de manera tal que fuera lo suficientemente grande para evitar efectos de tamaño finito. Para simplificar, el potencial químico y las energías laterales se expresarán en unidades de  $k_B T$ . Se fijó  $k_B T = 1$  y  $\gamma=0$ , sin pérdida de generalidad.

### INTERACCIONES ATRACTIVAS $\frac{w}{k_B T} < 0$

En la **Figura 2** se pueden observar los perfiles de  $\theta$  y  $\varphi$  vs  $\mu/k_B T$  obtenidos mediante simulación de MC (puntos) y mediante la aproximación teórica (líneas continuas) para diferentes valores de  $w/k_B T < 0$ . Podemos observar tanto en panel a) como en b) que la aproximación teórica reproduce los plateaus en las isothermas y los picos de posición e intensidad en la compresibilidad observada en los datos de MC. Los resultados de MC se reproducen con un error menor al %2. En la aproximación teórica, la red puede considerarse como un conjunto de “subredes”, cada una con energía de interacción adsorbato-adsorbente



**Figura 1** Ilustración de los diferentes entornos energéticos que puede experimentar la especie adsorbida. No se muestran todas las configuraciones posibles para cada  $m$ . Puntos rojos: adsorbato; Puntos negros: impurezas; Puntos blancos: sitio vacío.



**Figura 2** Perfiles de  $\theta$  (a) y  $\varphi$  (b) vs  $\mu/k_B T$  para distintos valores de energía de interacción atractiva  $w$ . Los puntos: datos de MC; líneas continuas: aproximación teórica.

$\varepsilon_m = mw + \gamma$  donde ocurre el proceso de adsorción de forma independiente entre ellas. A medida que  $w/k_B T$  tiende a cero, el proceso se vuelve un llenado secuencial (perfiles sigmoides bien diferenciados). También debido a que crece la diferencia energética entre los distintos niveles energéticos (subredes), el ancho de los plateaus se incrementa. En este llenado secuencial, se ocupan los sitios de mayor a menor  $m$  para el caso de interacciones  $w < 0$  (atractivas) y, viceversa para el caso de interacciones  $w > 0$  (repulsivas). Por simplicidad, no se muestran los perfiles de  $\theta$  vs  $\mu/k_B T$  en el presente trabajo.

En la **Figura 3** se muestra el perfil de  $\varphi$  vs  $\mu/k_B T$  para diferentes grados de ocupación  $r$  para el caso de interacciones  $w/k_B T = -9.0$ . En este esquema, la aproximación reproduce todos los picos, es decir, la expresión [6] es sensible a cambios en  $r$ .

### INTERACCIONES REPULSIVAS $\frac{w}{k_B T} > 0$

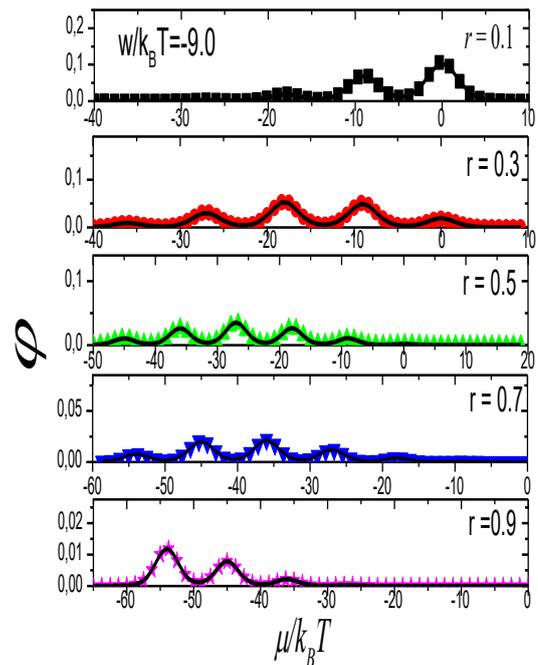
Ahora analizamos el comportamiento de la aproximación teórica para las interacciones repulsivas. La **Figura 4** muestra en panel a), la compresibilidad para  $r = 0.3$  y varios valores de  $w/k_B T > 0$ , y en el panel b)  $w/k_B T = 9.0$  y varios valores de  $r$ . Ambas gráficas obtenidas para resultados de la aproximación teórica y datos de MC, como antes. Se puede observar nuevamente que la aproximación reproduce todos los detalles tanto en isothermas como en compresibilidad en todos los rangos analizados para  $w/k_B T$  y  $r$ . Los resultados de MC son reproducidos por la aproximación con un error menor a %2.

### CONCLUSIONES

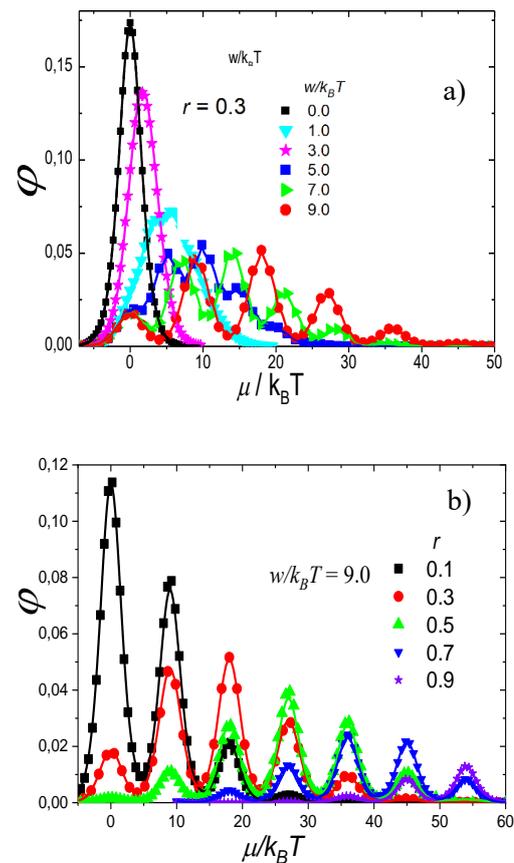
El objetivo principal del presente trabajo es ofrecer una nueva base teórica para describir el fenómeno superficial en un electrodo modificado. La aproximación teórica de niveles de energía reproduce los datos obtenidos por simulación de MC con fidelidad tanto para el caso de interacciones atractivas como repulsivas para un modelo de superficie con geometría triangular y con interacciones laterales consideradas puramente de a pares y primeros vecinos. Las expresiones [5] y [6] son sensibles a variaciones en  $w/k_B T$  y  $r$ .

### REFERENCIAS

1. A. J. Bard y L. R. Faulkner, *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications* (John Wiley and Sons, New York, 2001).
2. J. E. Pena Ausar y O. A. Pinto, "Deposición superficial en superficies triangulares modificadas: un estudio de Monte Carlo," *Investig. en Fac. Ing. del NOA*, vol. 7, pp. 403–409, 2021.
3. K. V. Kumar, S. Gadipelli, B. Wood, K.A. Ramisetty, A. A. Stewart, C. A. Howard, D. J. L. Brett y F. Rodriguez-Reinoso, *J. Mat. Chem. A*, 2019, 7(17), 10104-10137
4. G. Brown, P. A. Rikvold, S. J. Mitchell, M. A. Novotny, (1999) Monte Carlo methods for Equilibrium and Nonequilibrium problems in *Interfacial Electrochemistry* in: A. Wieckowski (Ed.), *Interfacial electrochemistry, Theory, Experiment, and Applications*, Marcel Dekker, New York.



**Figura 3** Perfiles de  $\varphi$  vs  $\mu/k_B T$ . Para distintos grados de ocupación  $r$  de la red por impurezas para interacciones  $w$  atractivas. Puntos: Datos de MC; Líneas continuas: aproximación teórica



**Figura 4** Perfiles de  $\varphi$  vs  $\mu/k_B T$  para diferentes energías de interacción  $w$  (a) y diferentes grados de ocupación  $r$  (b) en el caso de interacciones  $w$  repulsivas.

## SISTEMA EMBEBIDO PARA ENSAYOS CÍCLICOS DE CALOR Y HUMEDAD

Gonzalo Ruano<sup>(1)\*</sup>, Nicolás Álvarez<sup>(1)</sup>, Guillermo López<sup>(2)</sup>, Félix Chagra<sup>(1)</sup>, Rodrigo Isas<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>INIQUI, Instituto de Investigaciones para la Industria Química, CONICET, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup>ICMASa, Instituto de Investigaciones Civiles y Medio Ambiente Salta, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup>Laboratorio de Ensayo de Materiales, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, S. M. de Tucumán, Argentina.

\*(Gonzalo Ruano): [gonzalo.ruano@gmail.com](mailto:gonzalo.ruano@gmail.com)

### RESUMEN

*En este trabajo se presentan los detalles del diseño, construcción, programación y puesta a punto de un sistema embebido (SE) para la realización de ensayos de calor radiante y humedad. El SE consta de una cámara en la que se aplica humedad por dispersión, ventilación, calor radiante y nuevamente ventilación durante 25 ciclos de 6 horas. Esta cámara alojará fibras naturales y probetas de material cementicio reforzado con fibras naturales sometidos a un ensayo acelerado de exposición ambiental. Posteriormente se observará con microscopía y ensayarán mecánicamente las probetas de material compuesto y las fibras. Este dispositivo de ensayo suma una capacidad extra de ensayo no existente en la facultad, similar al de la norma IRAM 11661. Consta del recipiente donde se exponen las probetas al calor y a la humedad, una etapa de potencia, un microcontrolador programado con el paradigma de máquina de estado finito, registro en soporte micro SD y conexión a internet para hacer seguimiento remoto de los ensayos que informa los valores de temperatura y humedad.*

### ABSTRACT

*This short paper presents the design, construction, programming and startup of an embedded system (ES) for heating and wetting tests. The ES is a chamber that disperses water, fans, heats, and fans again through 25 cycles of 6 hours each. The test is an accelerated exposure one to natural fibers and cementitious matrix reinforced with natural fibers. After that, microscopy and mechanical tests will be performed. With this ES an extra ability similar to the IRAM 11661 code is added. The ES is formed by the chamber were heat and humidity is applied, the power stage, a microcontroller programed with the finite state machine paradigm, micro SD record and internet of things approach to trace humidity and temperature.*

*Palabras Clave: SISTEMA EMBEBIDO, ENSAYO CALOR RADIANTE Y HUMEDAD*

### Introducción

Los materiales cementicios son de naturaleza frágil y para mejorar ese comportamiento se pueden agregar fibras como las naturales formando un material compuesto. Una opción es el uso de fibras naturales como las de bagazo de caña de azúcar o las de cáñamo que son abundantes, económicas, con buenas propiedades mecánicas y son un subproducto de una agroindustria [1]. Un factor determinante en las construcciones de hormigón es la exposición del material que afecta la

durabilidad y también el desempeño mecánico. Es posible estudiar el desempeño del compuesto en procesos acelerados de simulación de factores ambientales [2]. En este trabajo se describe el diseño y construcción del equipo que permita generar ciclos de mojado y calor radiante para realizar ensayos en pequeñas probetas de mortero reforzado con fibras naturales.

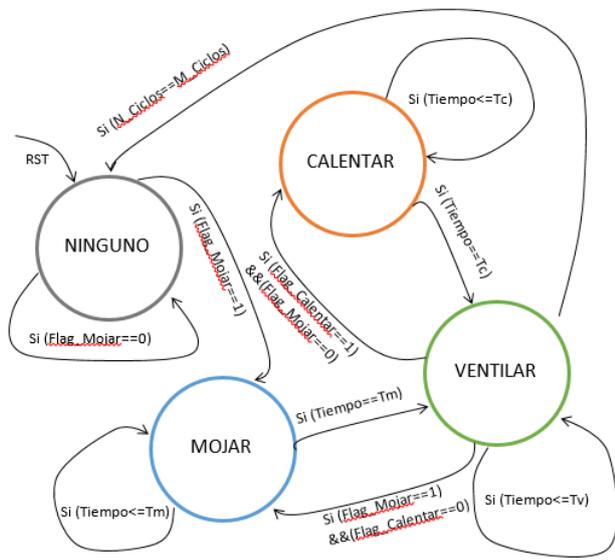
### **Materiales y Métodos**

Las probetas a ensayar son prismáticas de 7mm x 40mm x 160mm, construidas con mortero de cemento portland reforzado con fibras cortas de cáñamo o bagazo y adicionalmente se ensayarán estas mismas fibras. Compuesto y fibras serán sometidos a ciclos de mojado con agua y calor radiante similar a lo normado en la IRAM 11661[3] para paneles de fibrocemento sin asbesto. Posteriormente se realizarán ensayos cualitativos de microscopía sobre las fibras y sobre las probetas prismáticas se realizarán ensayos cuantitativos de flexión de tres puntos.

La cámara de ensayo es un gabinete estanco de 30cm x 30cm x 15cm con desagote inferior que recircula el agua mediante una bomba de gasoil de 12V con presión de trabajo de 3bar y 140l/h. El calor radiante es proporcionado por dos resistencias de 500W que posee control Proporcional Integral Diferencial (PID) de temperatura marca NOVUS. Se adiciona un ventilador de 12V – 0,18A para extraer la humedad del mojado y bajar la temperatura del calentamiento. Este Sistema Embebido (SE) aplica cíclicamente mojado con agua (170min), ventilación forzada (10min), calor radiante (170min) y nuevamente ventilación (10min) 25 veces lo que corresponde a un tiempo de total de ensayo de 6,25 días. Este proceso se comanda desde un microcontrolador ESP32 Wroom programado con el paradigma de máquina de estado finito. Además, el SE se dota de un sensor DHT22 para medir temperatura y humedad de la cámara y un sistema de registro que no sobre escribe jamás de, tiempo, estado, humedad y temperatura en una tarjeta micro SD. Adicionalmente dado que el tiempo total de los ensayos es prolongado se brinda conectividad mediante WIFI y con el protocolo MQTT se suben los datos a la plataforma Cayenne aproximándose de esta manera al paradigma de Internet de las Cosas (IOT).

### **Resultados**

En la figura 1 se puede ver una fotografía de la integración final de la solución. En (a) se muestra un resumen de la MEF que inicia en el estado NINGUNO, se acciona mediante una interrupción externa y alterna entre los estados MOJAR, VENTILAR y CALENTAR. En (b) se puede ver la cámara de ensayos con las resistencias que se pueden acomodar en diferentes posiciones y al fondo rieles donde se colocarán las probetas. En (c) se ve una fotografía de la etapa de potencia y en (d) el microcontrolador con el botón de interrupción, un LED por cada estado, el sensor de humedad y temperatura y el slot micro SD.

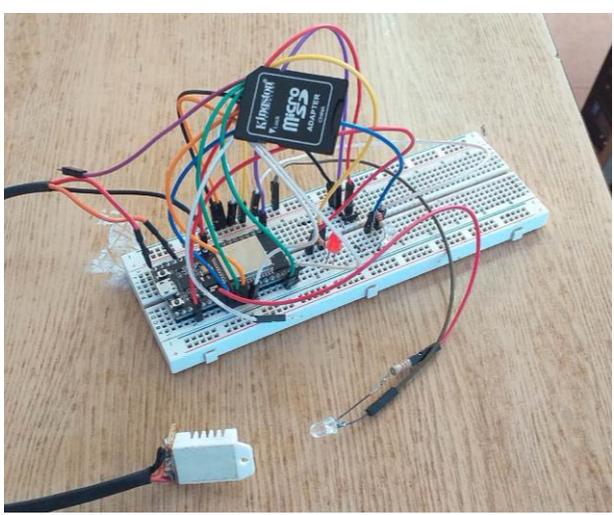


(a)

(b)



(c)



(d)

Figura 1. Sistema Embebido para aplicar calor y humedad. (a) Máquina de Estado Finito, (b) Gabinete Estanco, (c) Etapa de Potencia, (d) Microcontrolador y sensor de humedad y temperatura.

## Conclusiones

En este trabajo se describe el diseño y los componentes de un sistema embebido que permite realizar ciclos de mojado y calor en probetas pequeñas. De lo escrito se pueden resumir los siguientes aspectos:

- El sistema embebido se encuentra completamente ensamblado y en condiciones de iniciar las pruebas preliminares.
- Se suma la capacidad y disponibilidad para realizar ensayos de exposición ambiental acelerada.
- Se completó la herramienta que permite pasar a la etapa de diseño del experimento y dar inicio a la campaña experimental.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto CIUNSa N°2849/0 titulado “Caracterización mecánica de materiales cementicios reforzados con fibras naturales sometidos a cambios cíclicos de calor radiante y humedad” por el apoyo económico recibido.

## REFERENCIAS

1. H. Tian, Y. X. Zhang, C. Yang y Y. Ding, “Recent advances in experimental studies of the mechanical behaviour of natural fibre-reinforced cementitious composites”, *Structural Concrete*, 2016. (*paper*)
2. Z. Lu, J. Li , J. Xie, P. Huang y L. Xue, “Durability of flexurally strengthened RC beams with prestressed CFRP sheet under wet–dry cycling in a chloride-containing environment”, *Composite Structures*, vol. 255, n° 112869, 2021. (*paper*)
3. IRAM 11661, “Placas planas de fibrocemento, libres de asbesto”, (1999). (norma)

## SÍNTESIS DE METANOL A PARTIR DE CO<sub>2</sub> BIOGÉNICO DE LA INDUSTRIA SUCROALCOHOLERA

Ana M. Cuezco<sup>(1,2)\*</sup>, Paula Z. Araujo<sup>(1)</sup>, Jonathan Wheeler<sup>(1,2)</sup> y Fernando D. Mele<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, Tucumán, Argentina.

<sup>(2)</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [acuezco@herrera.unt.edu.ar](mailto:acuezco@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

En este trabajo se propone el diseño de un proceso de producción de metanol mediante la hidrogenación catalítica del CO<sub>2</sub> usando como materia prima al CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub> producidos en una planta sucroalcoholera típica de la provincia de Tucumán. El estudio cuantifica el CO<sub>2</sub> generado, su acondicionamiento, la producción de H<sub>2</sub> verde por vía electrolítica, y la síntesis final de metanol. Esta evaluación se realiza con el soporte de un simulador comercial de procesos y todos los datos son representativos de la industria regional. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad técnica del esquema de procesos propuesto.

### ABSTRACT

*This paper proposes the design of a methanol production process via the catalytic hydrogenation of CO<sub>2</sub> using CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> produced in a typical sugar-alcohol factory in the province of Tucumán. The study quantifies the CO<sub>2</sub> generated, its conditioning, the production of green H<sub>2</sub> by electrolysis, and the final synthesis of methanol. It is carried out with the support of a commercial process simulator and all the data is representative of the regional industry. The results demonstrate the technical feasibility of the proposed process scheme.*

*Palabras clave: captura de CO<sub>2</sub>, uso de CO<sub>2</sub>, metanol verde, diseño conceptual, simulación de procesos.*

### Introducción

El cambio climático es uno de los tópicos más destacados del estudio de la ciencia aplicada a nivel internacional. En el contexto del NOA, la industria sucroalcoholera produce grandes emisiones de CO<sub>2</sub> que provienen, por un lado, de la producción de vapor vivo y energía eléctrica (combustión del bagazo de la caña de azúcar) y, por otro lado, en los ingenios que disponen de destilería, de la etapa de fermentación de las mezclas de jugo y melaza. La captura y utilización de este CO<sub>2</sub> constituye una importante oportunidad de descarbonización de la matriz de la región del NOA y a su vez, abre la posibilidad de que el CO<sub>2</sub> no represente un residuo en el sistema productivo sino una materia prima renovable que permitiría desarrollar procesos más sustentables.

En 2020, las emisiones globales de CO<sub>2</sub> fueron de 31,5 Gt, lo que contribuyó a que este gas alcanzara su concentración anual promedio más alta en la atmósfera de 412,5 mg/L [1] razón por la cual es menester desarrollar procesos de Captura y Utilización de Carbono (CCU) con el fin de reducir la huella global de carbono proveniente del uso de recursos fósiles. Hay tres vías para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>: reducir la cantidad de CO<sub>2</sub> producido, almacenar o secuestrar CO<sub>2</sub>, o utilizar CO<sub>2</sub> como materia prima química. Este último es un proceso difícil debido a la estabilidad termodinámica del CO<sub>2</sub>, sin embargo, el hidrógeno es una materia prima de alta energía que puede reaccionar con el CO<sub>2</sub>. Una de las alternativas en las que el ámbito científico se encuentra trabajando es la conversión de CO<sub>2</sub> en compuestos químicos de un sólo carbono (C<sub>1</sub>),

los cuales se constituyen como bloques de construcción básicos de la industria química y de combustibles, tales como metano, metanol, ácido fórmico y formaldehído [2, 3].

Este trabajo propone un estudio de diseño y simulación de un proceso de producción de metanol verde mediante hidrogenación catalítica directa del  $\text{CO}_2$  usando como materia prima al  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$  producidos en una industria sucroalcoholera modelo de la provincia de Tucumán. Se propone realizar la cuantificación de la generación de  $\text{CO}_2$ , su acondicionamiento, la producción de  $\text{H}_2$  verde en dicha industria por vía electrolítica, y la síntesis de metanol.

## Materiales y Métodos

El caso de estudio se modela utilizando el simulador de procesos UniSim Design® v490. Para el diseño del proceso de recuperación de  $\text{CO}_2$ , producción de  $\text{H}_2$  y producción de biometanol, se toma como condición de partida datos de los gases emitidos y la disponibilidad de electricidad generada por una planta sucroalcoholera promedio del NOA. Se simulan las condiciones de *recuperación y acondicionamiento del  $\text{CO}_2$*  generado en las distintas etapas del proceso productivo de una industria sucroalcoholera, el proceso de *producción de  $\text{H}_2$*  y finalmente, el proceso de *producción del metanol*. En la Fig. 1 se presenta un esquema del caso de estudio.

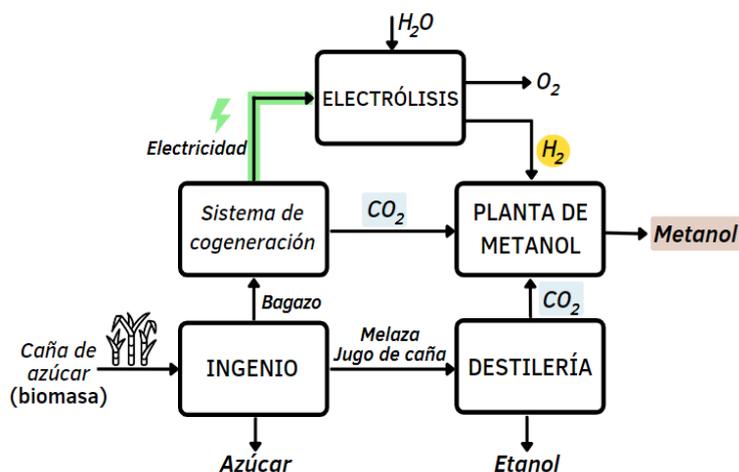


Fig. 1. Esquema del escenario propuesto para la producción de metanol en una planta sucroalcoholera.

### Recuperación y acondicionamiento de $\text{CO}_2$

Para la producción industrial del compuesto  $\text{C}_1$  metanol, mediante la hidrogenación directa de  $\text{CO}_2$  de origen biomásico (ver Fig. 1), se evalúan dos fuentes puntuales de emisiones de  $\text{CO}_2$ :

- (i) combustión en calderas de bagazo en sistemas de cogeneración de energía,
- (ii) fermentación de azúcares para la producción de etanol en la etapa destilería.

El flujo de  $\text{CO}_2$  biogénico más significativo se genera en la sección de combustión.

(i)  *$\text{CO}_2$  de la combustión de bagazo.* El bagazo, residuo lignocelulósico de la molienda de la caña de azúcar, se alimenta al sistema de cogeneración para suministrar calor y electricidad al proceso. Según el esquema propuesto en este trabajo, el gas de combustión final se recupera, acondiciona y destina a la planta de metanol. En la Tabla 1 se visualizan los datos de composición de los gases emitidos en ingenios de Tucumán utilizados en la simulación de la etapa de recuperación.

Tabla 1. Composición másica de los gases de combustión de bagazo [4].

	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}$	$\text{N}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
% m/m	14,1	7,8	0,02	63,1	15,0

(ii)  *$\text{CO}_2$  de la fermentación de azúcares.* En la destilería anexa al ingenio azucarero se produce etanol y  $\text{CO}_2$  a partir de la fermentación de melaza y jugo de caña de azúcar. El rendimiento teórico de producción de  $\text{CO}_2$  es de 0,956 kg de  $\text{CO}_2$  por kg de etanol producido. En el proceso de fermentación, los azúcares fermentables se transforman en una solución de etanol y una corriente gaseosa muy pura en  $\text{CO}_2$ . La solución de etanol (7-10% v/v) se centrifuga y se envía a la etapa de destilación donde se obtiene etanol azeotrópico (96% v/v). La corriente gaseosa a 38 °C y 1 bar, se lava con agua en una columna de absorción para recuperar trazas de

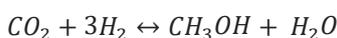
etanol. Por la cabeza de la columna se captura el gas  $\text{CO}_2$  ( $\approx 99\%$  mol/mol) para ser utilizado en la síntesis de metanol.

### Producción de $\text{H}_2$

El suministro de energía eléctrica libre de carbono para la producción de  $\text{H}_2$  mediante electrólisis de agua es un factor clave para que el producto metanol sea considerado “verde”. La energía producida a partir de biomasa es una fuente neutra en carbono, porque la misma cantidad de carbono liberado en la combustión de la biomasa es capturada por el cultivo durante su crecimiento. En este trabajo se propone el uso de la electricidad renovable producida en el sistema de cogeneración de la industria sucroalcoholera por la combustión de bagazo (biomasa), teniendo en cuenta que se necesitan  $50 \text{ kWh/kg H}_2$ . A su vez, el oxígeno, calidad industrial, es un coproducto del proceso de electrólisis siendo que se producen  $8 \text{ kg O}_2/\text{kg H}_2$ .

### Producción de metanol

Las corrientes de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$  presurizadas se mezclan con una corriente de reciclaje y se calientan para alcanzar las condiciones de entrada del reactor. En el reactor se desarrollan en paralelo las siguientes reacciones químicas catalíticas:



Luego, se realiza la simulación de las distintas etapas de purificación hasta obtener metanol con una pureza de  $99,1\%$  m/m a  $25^\circ\text{C}$  y  $1 \text{ atm}$ .

### Resultados y discusión

Como se mencionó anteriormente, las materias primas para la producción de metanol son el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{H}_2$ . El primero se obtiene por la vía de la combustión del bagazo o por la fermentación de azúcares en la destilería. La recuperación del  $\text{CO}_2$  de los gases de combustión se realiza mediante un proceso de absorción-regeneración química con monoetanolamina acuosa (MEA,  $30\%$  m/m). La Fig. 2 muestra un diagrama que comprende una columna de absorción a  $1,1 \text{ bar}$  y una columna de regeneración de solvente a  $2 \text{ bar}$ .

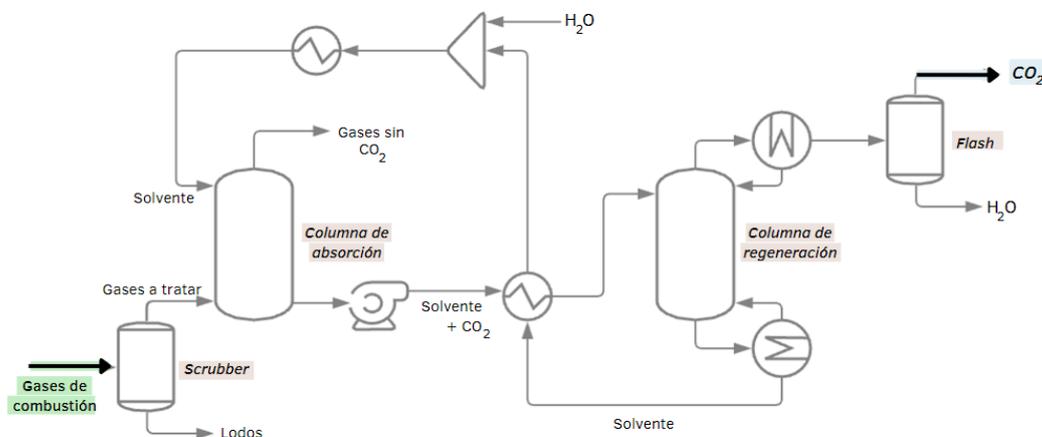


Fig. 2. Diagrama de flujo de la sección de recuperación de  $\text{CO}_2$  de la corriente de gases de combustión.

Los gases de combustión ingresan a los *scrubbers* (filtros húmedos) para eliminar las partículas sólidas. Luego, la corriente de gases a tratar se alimenta por el fondo de la columna de absorción, en contracorriente con el solvente que captura el  $\text{CO}_2$ . Por la parte superior del absorbedor se libera a la atmósfera gas descarbonatado y por la parte inferior solvente rico en  $\text{CO}_2$ , el cual se envía a la columna de regeneración después de ser presurizado y precalentado. El solvente regenerado se obtiene por la parte inferior del regenerador y se retroalimenta a la columna de absorción. El gas recuperado en la parte superior de la columna de regeneración se compone principalmente de  $\text{CO}_2$  y vapor de agua por lo que se incorpora un separador *flash* para condensar la mayor parte del agua presente. Finalmente, la corriente gaseosa de  $\text{CO}_2$  ( $98\%$  mol/mol) se alimenta a la planta de metanol (Fig. 3).

El reactor de producción de metanol se modela como un reactor de flujo pistón ideal adiabático. Se considera el modelo de Langmuir-Hinshelwood-Hougen-Watson para representar la cinética de las reacciones. Los parámetros del modelo para el catalizador  $\text{Cu/ZnO/Al}_2\text{O}_3$  se determinan a partir de trabajos previos y se

adaptan al *software* UniSim Design® v490. El metanol se separa del agua en una columna de destilación que funciona a 1 atm. Mientras se condensa la corriente principal, el H<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> que no han reaccionado se purgan en un separador *flash*. Las propiedades termodinámicas se calculan con los modelos NRTL para fase líquida y Peng Robinson para la fase vapor.

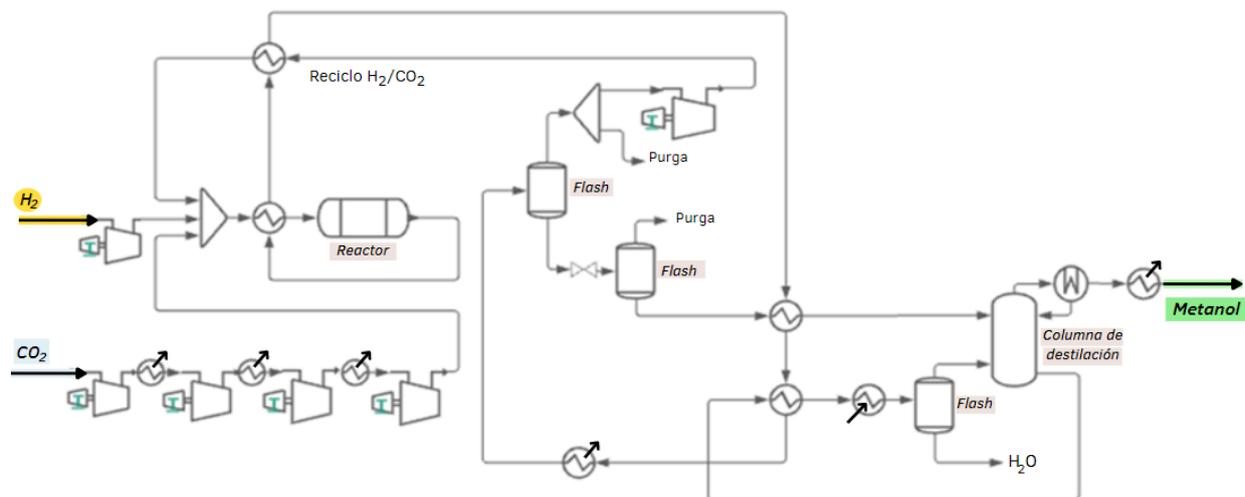


Fig. 3. Diagrama de flujo del proceso propuesto de producción de metanol.

Los resultados para la producción de metanol a partir de fuentes biomásicas del proceso productivo sucroalcoholero se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la simulación para 1 t de caña de azúcar.

Componente	Porcentaje de caña molible	Cantidad	CO <sub>2</sub> generado	CO <sub>2</sub> recuperado	H <sub>2</sub> necesario	Metanol producido
	% m/m	kg	kg	kg	kg	kg
Bagazo	30	300	275 (combustión)	235	31,3	157
Melaza	3	30	11,9	11,8	1,6	7,95
Jugo de caña	70	700	(fermentación)			

## Conclusiones

En este trabajo se presenta un estudio de la producción de metanol verde por hidrogenación catalítica de CO<sub>2</sub> a partir de la recuperación y del acondicionamiento de las corrientes de CO<sub>2</sub> generadas en la industria sucroalcoholera y de la producción de H<sub>2</sub> por electrólisis del agua utilizando la energía producida por dicha planta fabril. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad técnica del esquema de procesos propuesto.

## Agradecimientos

Trabajo apoyado por la Universidad Nacional de Tucumán (Proyecto 26/E-647) y por CONICET (Consejo Argentino de Investigaciones Científicas y Técnicas) para la concesión de becas a A.M.C.

## Referencias

1. IEA, Global Energy Review 2021, París. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021> (2021).
2. Meunier, N., Chauvy, R., Mouhoubi, S., Thomas, D., De Weireld, G.: Alternative production of methanol from industrial CO<sub>2</sub>. *Renewable energy*, vol. 146 (2020) 1192-1203.
3. Pérez-Fortes, M., Schöneberger, J. C., Boulamanti, A., Tzimas, E.: Methanol synthesis using captured CO<sub>2</sub> as raw material: Techno-economic and environmental assessment. *Applied Energy*, vol. 161 (2016) 718-732.
4. Golato, M. A., Franck Colombres, F. J., Aso, G., Correa, C. A., Paz, D.: Metodología de cálculo de la eficiencia térmica de generadores de vapor. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, vol. 85, n° 2 (2008) 17-31.

## OBSERVADOR NO LINEAL PARA EL CONTROL DE CONVERTIDOR DC-DC

Jorge Omar Perez<sup>(1)\*</sup>, Gustavo Juárez<sup>(2)</sup>, Rubén Fadel<sup>(3)</sup>, Hilda Ferrao<sup>(1)</sup>, Fabian Pacheco<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, Laboratorio Tecnológico de Procesamiento Digital de Información. Facultad de Ciencias Exactas Y Tecnología. Universidad nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

<sup>(2)</sup> Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, Laboratorio de Inteligencia Artificial. Facultad de Ciencias Exactas Y Tecnología. Universidad nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

<sup>(2)</sup> Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, Laboratorio Docente de Control. Facultad de Ciencias Exactas Y Tecnología. Universidad nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

[\\* jperez@herrera.unt.edu.ar](mailto:jperez@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

Se presenta el análisis y desarrollo de un método de identificación de estados aplicado a sistemas de conversión de energía DC-DC. La identificación del sistema mediante un observador de estados no lineal permite disponer de los parámetros necesarios para el controlador del sistema DC-DC. El funcionamiento de esta propuesta se basa en la ejecución de dos procesos consecutivos, la identificación de los estados controlables y su retroalimentación al proceso de control. Estas tareas se ejecutan entre sucesivos instantes de muestreos de la respuesta del sistema y de la señal de error obtenida en una configuración de controlador digital en tiempo real. En el marco de este trabajo se trata lo concerniente al observador de estados, el desarrollo del controlador mediante la técnica de Backstepping en modo deslizante solo es referenciado en lo concerniente a su relación con el observador presentado y su tratamiento no es considerado en detalle en este informe. Disponiendo del desarrollo analítico se procedió a la formulación algorítmica y modelado computacional del método de identificación propuesto aplicándolo a una configuración de convertidor DC-DC BOOST. Los resultados obtenidos confirman la validez de la propuesta a nivel computacional, se trabaja en la verificación funcional mediante el diseño y desarrollo de una plataforma DSP integrada al sistema convertidor BOOST el cual ya está operativo utilizando un modo de control lineal PID digital. La incorporación de este modo de trabajo en espacio de estados permite el análisis del convertidor DC-DC en un modo de trabajo no lineal supliendo necesidades didácticas y de investigación en sistemas de control y procesamiento digital de señales aplicado a los sistemas de conversión de energía y en otros esquemas de electrónica de potencia.

### ABSTRACT

The analysis and development of a state identification method applied to DC-DC energy conversion systems is presented []. The identification of the system by means of a non-linear state observer makes it possible to have the necessary parameters for the controller of the DC-DC system. The operation of this proposal is based on the execution of two consecutive processes, the identification of controllable states and their feedback to the control process. These tasks are executed between successive sampling instants of the system response and the error signal obtained in a real-time digital controller configuration. Within the framework of this work, what concerns the state observer is discussed, the development of the controller through the Backstepping technique in sliding mode is only referenced with regard to its relationship with the observer presented and its treatment is not considered in detail in this report. Having the analytical development, we

*proceeded to the algorithmic formulation and computational modeling of the proposed identification method, applying it to a DC-DC BOOST converter configuration. The results obtained confirm the validity of the proposal at the computational level, working on functional verification through the design and development of a DSP platform integrated to the BOOST converter system, which is already operational using a digital PID linear control mode. The incorporation of this work mode in state space allows the analysis of the DC-DC converter in a non-linear work mode, supplying didactic and research needs in control systems and digital signal processing applied to energy conversion systems and in other power electronics schematics.*

**PALABRAS CLAVE:** *Observador, Espacio de Estados, Identificación, Control No Lineal.*

## **Introducción**

*Los sistemas de conversión de energía DC-DC basados en diseños que involucran circuitos conmutados en conjunto con electrónica de potencia, poseen en la actualidad un alto grado de desarrollo y son partes integrantes de los generadores (convertidores) catalogados como de energías limpias en referencia al uso de energías renovables no contaminantes. Se tratan de sistemas de conversión de alta eficiencia, con un modo de trabajo frecuentemente no lineal que requieren de una etapa de control para lograr el comportamiento de salida deseado frente a entradas de suministro energético variables (sol, viento, etc.) y exigidos por cargas consumidoras cambiantes en el tiempo. El esquema frecuente de control es de tipo discreto o digital utilizándose un tratamiento lineal del proceso, fundamentalmente por requerimientos de diseños simples que cumplen su propósito bajo determinadas premisas relacionadas con el comportamiento de la corriente de salida en relación al valor de la denominada inductancia crítica. En la práctica, sin embargo, la dinámica natural de los sistemas conmutados es del tipo no lineal, los efectos de la linealización en el sistema de control pueden involucrar efectos no deseados relacionados con una baja de la eficiencia en la transformación energética y más grave aún en una pérdida de estabilidad.*

*El uso métodos de control no lineal garantiza un comportamiento más confiable del sistema en un rango dinámico ampliado que el ofrecido por realizar una consideración de linealización puntual en una zona de trabajo localizada durante el diseño del controlador. Existen numerosos enfoques para el tratamiento y control no lineal de una planta, desde el control óptimo robusto utilizando norma H-infinito lineal y no lineal que permite el tratamiento conjunto del problema de control y estabilidad del sistema, a otros como el uso de métodos de control deslizante (Sliding Mode Control)[1], todos ellos requieren del conocimiento o medición de los parámetros a controlar, en el caso de los convertidores DC-DC la dinámica del sistema es altamente cambiante por lo cual el enfoque debe ser la determinación de esos parámetros en línea y en tiempo real. El tratamiento de la planta en un modelo de espacio de estados permite la utilización de observadores que pueden estimar aquellos estados observables y controlables para la operación de un controlador por realimentación de estados. En el enfoque que se presenta en este trabajo se trata la utilización de un observador de espacio de estados no lineal basado en el cumplimiento de la condición de Lipschitz por su conocido comportamiento favorable en un amplio rango de dinámicas no lineales, prestando especial importancia a las condiciones posibles en la estabilidad asintótica del sistema [2]. La investigación en el uso de este tipo de observador y otros no lineales contribuyen no solo a la implementación de un controlador confiable para la planta DC-DC, si no también aporta un conjunto de modelos y algoritmos de usos didácticos y de apoyo a la investigación en las temáticas que se abordan en los laboratorios intervinientes.*

## **Materiales y Métodos**

### **Modelo de la Planta**

*La configuración de trabajo utilizada se corresponde a la utilización de un convertidor elevador de tensión del tipo DC-DC o convertidor BOOST mostrado en la figura 1, para la determinación de sus estados observables, en particular aquellos estados que pueden ser controlados. Este sistema de conversión de tensión posee un comportamiento intrínsecamente no lineal, debido fundamentalmente al modo de trabajo de corriente discontinua, situación que se da cuando la corriente es menor al valor de sostenimiento correspondiente a la inductancia crítica. Adicionalmente, una variación de entrada tipo escalón, por ejemplo, lleva al inductor a un modo de trabajo no lineal (cambio abrupto de la tensión). Los parámetros de*

la planta fueron establecidos para el uso de un panel fotovoltaico en PMP de 18 V, 3 A, para una tensión de salida regulada y regulable entre 20 V y 36 V, frecuencia de llaveo PWM 30000 KHZ y eficiencia de conversión mínima del 80 %. La metodología de trabajo consiste en el planteamiento analítico de las ecuaciones de estados descriptivas de esta planta DC-DC, y la búsqueda de una solución utilizando un observador Lipschitz para la determinación de la ganancia L y el criterio de Lyapunov para garantizar el margen de estabilidad requerido, esto no solo permite la identificación del sistema para su análisis, sino que es parte del módulo de control por realimentación de estados, en este caso bajo el modo de retroceso con planos deslizantes (Backstepping Sliding Mode Control).

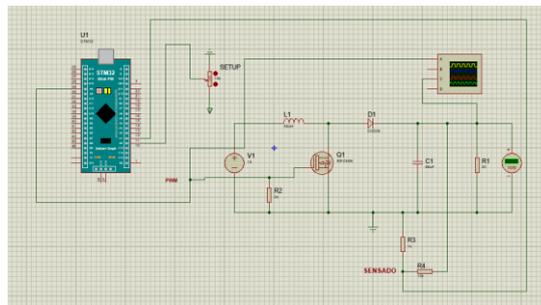


Figura 1: Esquema del convertidor BOOST utilizado como planta de referencia, control en STM32.

### Observador No Lineal

El sistema de conversión de energía descrito anteriormente posee una dinámica en la evolución de sus estados, los cuales no son obtenidos por medición directa, pero si pueden ser estimados con el empleo de un observador a partir de medidas de la entrada  $v(t)$  la tensión de salida  $y(t)$ . La figura 2 muestra el modelo mínimo de la planta en la cual se considera la velocidad de cambio paramétrica  $x(t)$  (variables internas) mediante su primera derivada, y un lazo de realimentación originado en la estimación en el observador  $x_e(t)$ , el nivel de la realimentación es controlado por la ganancia L (ganancia de Lipschitz), la cual debe ser calculada para garantizar la estabilidad asintótica para un nivel dado de error del observador.

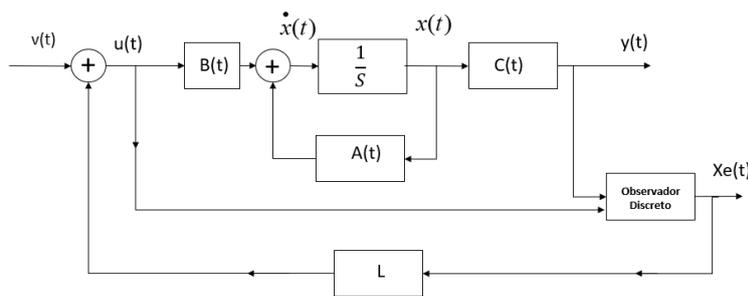


Figura 2: Modelo en espacio de estados y realimentación mediante observador.

Las ecuaciones en espacio de estados del convertidor Boost son obtenidas por calculo directo de tensiones y corrientes en el convertidor, y están dadas en la expresión 1, correspondiendo los estados  $x_1$  y  $x_2$  a la tensión de salida y corriente inductiva respectivamente, con factor de servicio PWM  $\delta$ .

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\frac{1}{RC}x_1 + (1-\delta)\frac{x_2}{C} \\ \dot{x}_2 &= -(1-\delta)\frac{x_1}{L} + \frac{V}{L} \end{aligned} \quad [1]$$

El observador propuesto realiza la estima  $x_2$  (corriente inductiva) de la expresión 1, a partir del sensado de la tensión  $u(t)$  y la salida  $y(t)$  (estado  $x_1$ ), esto conduce a la expresión 2, cuya implementación algorítmica

permite disponer de la información en línea del vector de estado para el funcionamiento del controlador discreto.

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\frac{1}{RC}x_1 + (1-\delta)\frac{x_2}{C} \\ \dot{x}_2 &= -(1-\delta)\frac{x_1}{L} + \frac{V}{L} + L(x_2 - x_2) \end{aligned} \quad [2]$$

Con la condición de estabilidad asintótica controlada por la ganancia  $L$ , empleando para su verificación una función de prueba del tipo Lyapunov (se analizará en detalle en la presentación extendida de este trabajo).

## Resultados y Discusión

El estimador fue modelado utilizando software computacional a fin de determinar el error de estimación de estados y la estabilidad del sistema en su empleo con un controlador, para diferentes modelos de plantas con estados están perfectamente conocidos para su contraste y particularmente con el modelo de un sistema de conversión BOOST (corriente inductiva) disponible en el laboratorio. Los resultados obtenidos se ajustan a los teóricos obtenidos analíticamente, se espera la implementación en conjunto con el controlador para una verificación experimental. La figura 3, muestra un resultado computacional de la estimación de estado y su error correspondiente.

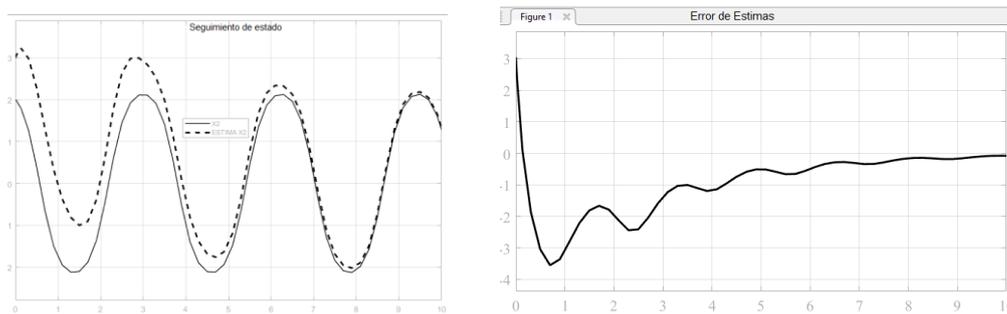


Figura 3: Estimación de estado y error de estima correspondiente

## Conclusiones

El uso del estimador de estados aquí presentado para la identificación del convertidor boost, posee un comportamiento acorde a lo esperado a nivel analítico y modelado computacional, es esperable que su implementación prototípica embebida permita su uso como parte del controlador por espacios de estados, estando en esta instancia en proceso de desarrollo prototípico. Por razones de espacio, el desarrollo analítico presentado se resume a las ecuaciones necesarias para su implementación algorítmica. De momento, los resultados logrados permiten contar con una herramienta de análisis de sistemas no lineales, lo que justifica en parte el trabajo presentado, en tanto se complete la integración final con el controlador.

## Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado en el marco del programa de investigación, PIUNT 26/E644 y sus proyectos PIUNT 26/E644/1 y PIUNT 26/E644/2, SCAIT-UNT.

## REFERENCIAS

1. Omar Naifar, Abdellatif Ben Makhlouf, “Advances in Observer Design and Observation for Nonlinear Systems Fundamentals and Applications”; 2022, Springer.
2. Pauline Bernard . “Observer Design for Nonlinear Systems”. 2019. Springer International Publishing.

NUEVO APORTE AL ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE LA FASE  $Fe_{23}Zr_6$  EN EL  
SISTEMA Fe-Zr

C.T. Carmena Serbena<sup>(1)\*</sup>, M.R. Tolosa<sup>(1)</sup>, R. González<sup>(2)</sup>, D. Arias<sup>(3)</sup> y N. Nieva<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratorio de Física del Sólido, INFNOA, Departamento de Física, FACET, UNT, CONICET,  
Tucumán, Argentina.

<sup>(2)</sup> Gerencia de Materiales- Centro Atómico Constituyentes (CAC)- Comisión Nacional de Energía Atómica  
Argentina (CNEA), Buenos Aires, 1650, R. Argentina.

<sup>(3)</sup> Instituto de Tecnología J. Sábato, CNEA, UNSAM, Buenos Aires, Argentina.

\*Correo Electrónico: [carlacarmena17@gmail.com](mailto:carlacarmena17@gmail.com)

## RESUMEN

Las aleaciones a base de Zr (circonio) son ampliamente utilizadas en la industria nuclear, principalmente para la fabricación de vainas para los elementos combustibles en reactores nucleares de agua a presión. A pesar de que el diagrama de fases binario Fe-Zr (hierro-circonio) ha sido estudiado a lo largo de las últimas décadas, aún existen controversias acerca de la existencia del compuesto intermetálico  $Fe_{23}Zr_6$  en la región rica en Fe del diagrama. Con el objeto de sumar aportes a la evaluación experimental de la estabilidad de este compuesto, se fabricó un conjunto de aleaciones binarias con la composición nominal del compuesto de interés. El proceso de fabricación se diseñó de modo de tener distintos grados de pureza, usando diferentes materias primas combinando con diferentes atmósferas en los tubos de los tratamientos térmicos. En todos los casos se empleó una velocidad de enfriamiento muy lenta en el proceso de fundición de las aleaciones. Posteriormente, las mismas fueron tratadas térmicamente a 1200°C durante 10 horas y caracterizadas aplicando técnicas de análisis de microscopía óptica y electrónica de barrido, difracción de rayos X y microanálisis cuantitativo. En el presente trabajo se encontró la fase  $Fe_{23}Zr_6$  en las todas las aleaciones estudiadas.

## ABSTRACT

Zr-based (zirconium) alloys are widely used in the nuclear industry, mainly for the manufacture of fuel cladding elements in pressurized water nuclear reactors. Although the Fe-Zr (iron-zirconium) phase diagram has been studied over the last decades, there are still controversies about the existence of the intermetallic compound  $Fe_{23}Zr_6$  in the Fe-rich region of the diagram. In order to add contributions to the experimental evaluation of the stability of this compound, a set of binary alloys with the nominal composition of the compound of interest were manufactured. The manufacturing process was designed to have different degrees of purity, using different raw materials combined with different atmospheres in the heat treatment tubes. In all cases, a very slow cooling rate was used in the casting process of the alloys. Subsequently, they were thermally treated at 1200°C for 10 hours and characterized by applying optical and scanning electron microscopy, X-ray diffraction and quantitative microanalysis analysis techniques. In the present work, the  $Fe_{23}Zr_6$  phase was found in all the alloys studied.

Palabras Clave: Diagramas de Fases; Circonio; Materiales nucleares.

## Introducción

Las aleaciones a base de Zr son ampliamente utilizadas en la industria nuclear, principalmente para la fabricación de vainas para los elementos combustibles en reactores nucleares de agua a presión. Esto se debe a las excelentes propiedades mecánicas de dichos materiales, su resistencia a la corrosión y su estabilidad frente a la radiación.

A pesar de que el diagrama de fases binario Fe-Zr ha sido estudiado a lo largo de las últimas décadas, aún existen controversias acerca de la existencia del compuesto intermetálico  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  en la región rica en Fe del diagrama. En 1996, Granovsky y Arias [1] reportaron la presencia de esta fase binaria y sugirieron que el compuesto  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  tenía un parámetro de red  $a = 1.168$  (nm). Concluyeron, además, que pudieron obtener esta fase debido a que las velocidades de enfriamiento durante la solidificación de sus lingotes (15 g) fueron más lentas que las obtenidas por otros autores.

Nuevos estudios en la esquina rica en Fe en los diagramas de fases de Cr-Fe-Zr [2], Fe-Zr-Nb, Fe-Sn-Zr y Fe-Zr [3] han retomado la discusión acerca de la existencia de esta fase. En muestras de Cr-Fe-Zr y Fe-Zr se constató la presencia de dicha fase. Yang et al. [2], quienes encontraron la fase  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  a 1200 °C, discutieron la estabilidad del  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  comparando la diferencia de la energía de Gibbs del sistema con y sin este compuesto. Debido a que la diferencia entre ambos es pequeña, sugirieron que estos dos escenarios son altamente competitivos entre sí; por lo tanto, impurezas menores o algunos factores cinéticos podrían cambiar fácilmente la estabilidad de esta fase. En el trabajo con las aleaciones de Fe-Zr-Nb, Fe-Sn-Zr y Fe-Zr, Tolosa et al. [3] fabricaron muestras utilizando dos procedimientos distintos, uno sin y otro con enfriamiento controlado de la fundición. Con este segundo procedimiento fue posible encontrar la fase peritética  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  en las muestras de Fe-Zr.

El objetivo del presente trabajo es recopilar los aportes realizados acerca del compuesto  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  en aleaciones ternarias y especialmente en el diagrama binario Fe-Zr por el grupo de trabajo, así como proporcionar nueva información acerca de la estabilidad de este compuesto mediante la fabricación de aleaciones de diferentes purezas y por medio de un proceso de solidificación controlado de las muestras.

## Materiales y Métodos

Se prepararon cuatro aleaciones de composición atómica nominal  $\text{Fe}_{79.3}\text{Zr}_{20.7}$  para analizar la zona de interés del diagrama de fase Fe-Zr. Las mismas fueron denominadas T1, T2, T3 y T4. Estas aleaciones fueron fundidas y tratadas térmicamente a 1200 °C durante 10 horas. Los materiales utilizados en la fabricación se muestran en la tabla 1.

Muestra	Material	Pureza	Impurezas
T1 y T2	Zr Fe	99.9 % en peso 99.999 % en peso	600ppm Fe y 200ppm O, % en peso
T3 y T4	Zr Fe	99.8 % en peso 99.95% en peso	800ppm Fe y 1200ppm O, % en peso

Tabla 1: Materia prima de las muestras

La fundición de las aleaciones se realizó en un horno de arco con electrodo de tungsteno no consumible y crisol de cobre refrigerado con agua, en una atmósfera de argón de alta pureza (99.99%). Se obtuvieron botones de 12 gr, aproximadamente. Se hicieron cuatro fundiciones por cada muestra, cambiando de lado luego de cada fundición. No se registraron pérdidas de masa significativas durante este procedimiento. Se empleó un método no convencional de fundición, haciendo que con la fusión final en el horno de arco eléctrico las muestras se solidifiquen con el arco aún encendido, lográndose un enfriamiento muy lento.

Se limpiaron cuidadosamente las muestras, posteriormente envolviéndolas en hojas de tantalio y se colocaron dentro de un tubo de cuarzo limpio y seco. Después de lograr un vacío de  $10^{-4}$  Pa para las aleaciones T1 y T3, el tubo se purgó con argón de alta pureza para ser posteriormente sellado, manteniendo la presión interna de argón. En las aleaciones T2 y T4, en cambio, se alcanzó un vacío de  $10^{-1}$  Pa sin purgar ni sellar el tubo, por lo que las aleaciones T2 y T4 fueron tratadas térmicamente a  $10^{-1}$  Pa en atmósfera de aire. El objetivo de este procedimiento fue fabricar cuatro aleaciones con diferentes grados de pureza, siendo la graduación de la misma: de T1 a T4, de mayor a menor pureza. Al final del tratamiento térmico (1200 °C-10 hs), los tubos con las muestras fueron enfriados en agua sin romper el sello.

Finalmente, se prepararon las muestras para realizar el microanálisis cuantitativo de las mismas. Además, se prepararon muestras de polvo para realizar una caracterización fase-estructural por difracción de rayos X (XRD) en un difractor Philips PW equipado con un monocromador. Las medidas se realizaron en el rango  $20^{\circ}$ - $120^{\circ}$   $2\theta$  utilizando un ánodo de Cu a temperatura ambiente.

Las fases existentes en las muestras tratadas térmicamente se identificaron mediante técnicas metalográficas (microscopio óptico Olympus BX-60 M), XRD (difractor PAN Analytical Empyrean) y análisis de microscopía electrónica de barrido con espectrometría de dispersión de energía (SEM-EDS, JEOL, Thermo y FEI INSPECT S50) y microanálisis cuantitativo mediante el uso de una microsonda electrónica con un espectrómetro dispersivo de longitud de onda (EPMA-WDS, JEOL JXA8230).

Las imágenes SEM se procesaron con el software ImageJ y las fases existentes se analizaron aplicando valores de umbral adecuados, logrando estimaciones cuantitativas apropiadas para la presencia de cada fase en cada muestra.

## Resultados

De lo obtenido en el procedimiento experimental, esto es: descripción metalográfica de la microestructura en cada muestra (número de fases, aspecto y cantidad proporcional de cada fase, usando microscopía óptica y electrónica, e ImageJ), determinación de las fases cristalinas presentes en cada muestra y sus parámetros de red (usando XRD) y medición de la composición química en cada fase (usando SEM-EDS y EPMA-WDS) se deduce que las cuatro muestras presentan tres fases cristalinas:  $\text{Fe}_2\text{Zr(C15)}$  (Fe con 27.3 % at Zr),  $\text{Fe}(\alpha)$  (Fe con 0.6 % at Zr) y  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  (Fe con 20.7 at.% Zr). Los resultados se completan en la Tabla 2.

Muestras	Fases	Proporción (%)	Parámetros de red (nm)
T1	$\text{Fe}(\alpha)$	10,62	$a=0.2866$ (para $\text{Fe}(\alpha)$ )
	$\text{Fe}_2\text{Zr(C15)}$	23,78	$a=0.7015$
	$\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$	65,60	$a=1.1670$
T2	$\text{Fe}(\alpha)$	15,27	$a=0.2866$ (para $\text{Fe}(\alpha)$ )
	$\text{Fe}_2\text{Zr(C15)}$	41,02	$a=0.7015$
	$\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$	43,71	$a=1.1670$
T3	$\text{Fe}(\alpha)$	15,26	$a=0.2866$ (para $\text{Fe}(\alpha)$ )
	$\text{Fe}_2\text{Zr(C15)}$	20,47	$a=0.7015$
	$\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$	64,27	$a=1.1670$
T4	$\text{Fe}(\alpha)$	17,15	$a=0.2866$ (para $\text{Fe}(\alpha)$ )
	$\text{Fe}_2\text{Zr(C15)}$	18,15	$a=0.7015$
	$\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$	64,71	$a=1.1670$

Tabla 2: caracterización de las muestras: identificación de fases (EMPA-WDS), proporción y parámetros de red (XRD).

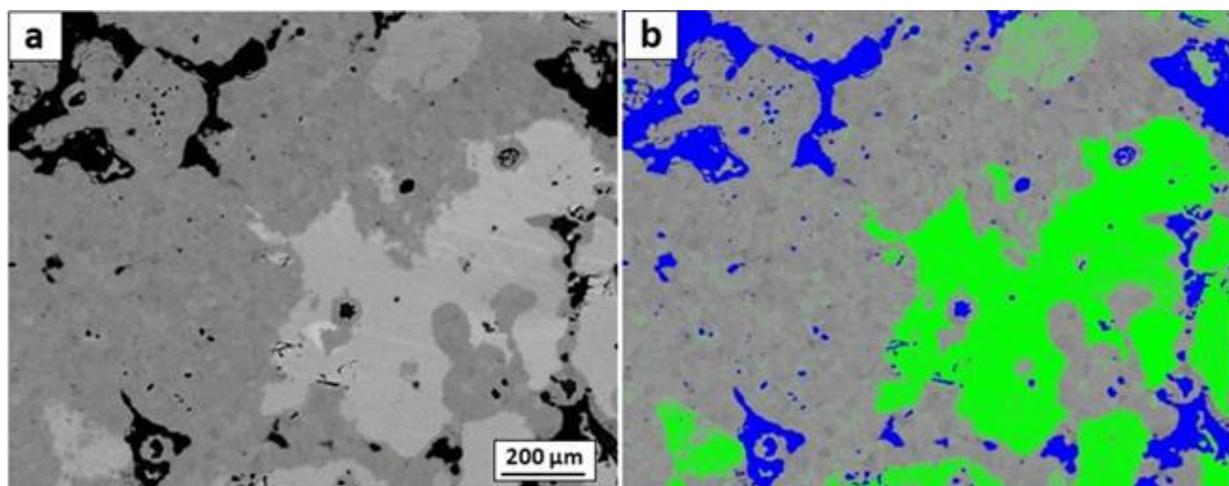


Fig. 1. (a) Muestra T1 tratada térmicamente a  $1200^{\circ}\text{C}$ . Se observa  $\text{Fe}(\alpha)$  (negro),  $\text{Fe}_2\text{Zr(C15)}$  (gris claro) y  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  (gris oscuro). (b) Mapeo de la imagen: ( $\text{Fe}(\alpha)$ ) (azul),  $\text{Fe}_2\text{Zr(C15)}$  (verde) y  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  (gris).

En la figura 1a se puede observar una imagen de microscopía electrónica con una microestructura representativa, correspondiente a la muestra T1. La figura 1b muestra un análisis de las fases presentes y el mapeo correspondiente.

## Discusión

En las aleaciones ternarias de Tolosa et al [3], enfriadas con un método convencional de fundición, no se había encontrado evidencia de la fase  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$ , pero sí en las muestras binarias realizadas con un enfriamiento controlado, como las elaboradas en el presente trabajo. Esto podría deberse a las conclusiones de St. John [4], que indicaban que es poco probable que ocurra la reacción peritética, ya que se requiere un enfriamiento adecuado para crear las condiciones necesarias para que tenga lugar la nucleación y el crecimiento de la fase peritética. La solidificación y enfriamiento muy lento en el proceso de fundición, como causalidad de la aparición del compuesto  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  también coincide con lo propuesto por Granovsky y Arias [1].

En las muestras T1 a T4, independientemente de su grado de pureza, se identificaron tres fases cristalinas:  $\text{Fe}(\alpha)$ ,  $\text{Fe}_2\text{Zr}(\text{C15})$  y  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$ . En las regiones analizadas de estas muestras, la T1, la más pura, contenía mayor presencia de la fase  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$ , con un porcentaje relativo de 65,60%, muy cercano a lo encontrado para T3 y T4 (Tabla 2). Esta evidencia mostraría que las impurezas no afectan a la formación y estabilidad de la fase  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$ , algo también sugerido por Yang et al. [2]. Las reglas de las fases de Gibbs establecen que en una aleación de dos componentes existen campos de equilibrio de una y dos fases. Tres fases en equilibrio están presentes solo en puntos invariantes. En las aleaciones binarias T1 a T4 la presencia de una tercera fase puede significar que se retuvo el punto invariante correspondiente a la transformación peritética:  $\text{Fe}_2\text{Zr} + \text{L} \leftrightarrow \text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  a  $1482^\circ\text{C}$  [1], o que una de las dos fases, o  $\text{Fe}(\alpha)$  o  $\text{Fe}_2\text{Zr}(\text{C15})$ , no están en equilibrio y que tenderían a desaparecer si el tratamiento térmico fuera más prolongado. Este último hecho sería el más probable.

## Conclusión

En las cuatro muestras estudiadas en el presente trabajo fue posible encontrar el compuesto  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$ , independientemente del grado de pureza de las aleaciones.

Se concluye que las velocidades de enfriamiento de las aleaciones durante la solidificación en la fundición tienen una mayor influencia sobre la estabilidad de la fase peritética  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  que los contenidos de impurezas en las mismas.

## Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) a través del Proyecto E649/1 y con una Beca CIUNT. Agradecemos a Lucas Acosta (*Depto Mecánica, FACET-UNT*), a Pablo Pedrazzini (*Instituto Balseiro, CNEA, UNCUYO, CONICET*) y a Gustavo Castellano (*FAMAF, IFEG, CONICET, Córdoba*).

## REFERENCIAS

1. M. Granovsky, D. Arias, “Intermetallic phases in the iron-rich region of the Zr-Fe phase diagram”, *Journal of Nuclear Materials*, v.229 (1995), p.29-35.
2. Y. Yang, L. Z. Tan, H. B. Bei, J. T. Busby, “Thermodynamic modelling and experimental study of the Fe-Cr-Zr system”, *Journal of Nuclear Materials*, v.441 (2013), p.190–202.
3. M. R. Tolosa, M. J. Jiménez, P. Pedrazzini, C. Arreguez, L. P. Acosta, A. Gómez, M. S. Granovsky, H. Brizuela, D. Arias, N. Nieva “Stability of the  $\text{Fe}_{23}\text{Zr}_6$  phase in Zr alloys”, *SAM* v.1, 2021, p. 01-06.
4. D. H. St John, “The peritectic reaction”, *Acta Metallurgica et Materialia*, v.38 (1989), n.4, p.631-636.

## SIMULACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA RECEPTOR DE SONDADOR IONOSFÉRICO

Marcos F. Paz<sup>(1,2,3)\*</sup>, Fernando A. Miranda Bonomi<sup>(1)</sup>, María G. Molina<sup>(1,2,3)</sup> y Miguel  
Á. Cabrera<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratorio de Telecomunicaciones, Dpto. de Electricidad, Electrónica y Computación (DEEC), Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET), Universidad Nacional de Tucumán (UNT). Tucumán, Argentina.

<sup>(2)</sup> Laboratorio de Computación Científica, Dpto. de Ciencias de la Computación, FACET, UNT. Tucumán, Argentina.

<sup>(3)</sup> Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICET)

\*[mfpaz@herrera.unt.edu.ar](mailto:mfpaz@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

La importancia de mitigar y minimizar las interferencias de origen electromagnético entre sistemas electrónicos es particularmente importante para el desarrollo y despliegue de equipos de telecomunicaciones. Una herramienta de análisis para estos fenómenos consiste en el estudio de Compatibilidad Electromagnética (CEM) de estos equipos. La CEM es la habilidad de un dispositivo eléctrico o electrónico de operar sin interferir a otros dispositivos cercanos ni verse afectado por las emisiones electromagnéticas de otros dispositivos en el ambiente para el cual fue diseñado. En el presente trabajo se realizan simulaciones de campos electromagnéticos emitidos a 3 metros por un equipo receptor que opera en la banda de frecuencias HF, parte de un sistema de radar para sondaje ionosférico. Se muestran los resultados preliminares de las simulaciones usando el software FEKO, obtenidos para un rango de frecuencias de 10MHz a 1GHz. Estas simulaciones son esenciales para caracterizar la CEM del sistema receptor, esencial para la optimización de las interferencias electromagnéticas. Las primeras simulaciones muestran fenómenos de campo cercano con una mayor emisión de campo en ciertos valores de frecuencia (45MHz y 600MHz), los cuales son significativos en este tipo de sistemas. Estas emisiones se atribuyen a comportamientos resonantes característicos de las etapas de filtrado del receptor. Se destaca que la mayor intensidad de emisión de campos electromagnéticos a esas frecuencias puede generar posibles interferencias con equipos cercanos, por lo que se proponen tareas a considerar para continuar con el análisis de CEM del equipo bajo estudio, y proponer un diseño optimizado del mismo.

### ABSTRACT

The importance of mitigating and minimizing the interference of electromagnetic origin between electronic systems is particularly important for the development and deployment of telecommunications equipment. An analysis tool for these phenomena consists of the study of Electromagnetic Compatibility (EMC) of this equipment. EMC is the ability of an electrical or electronic device to operate without interfering with other nearby devices or being affected by electromagnetic emissions from other devices in the environment for which it was designed. In the present work, simulations of electromagnetic fields emitted at 3 meters by a receiving equipment that operates in the HF frequency band, part of a radar system for ionospheric sounding, are carried out. The preliminary results of the simulations using the FEKO software, obtained for a frequency range of 10MHz to 1GHz, are shown. These simulations are essential to characterize the EMC of the receiving system, crucial for the optimization of electromagnetic interference. The first simulations show near-field phenomena with a higher field emission at certain frequency values (45MHz and 600MHz), which are significant in this type of system. These emissions are attributed to characteristic resonant behaviors of the receiver filter stages. It is highlighted that the higher intensity of emission of electromagnetic fields at these frequencies can generate possible interference with nearby equipment, so tasks to consider are proposed to continue with the EMC analysis of the equipment under study, and propose an optimized design of it.

**Palabras Clave:** *compatibilidad electromagnética, electromagnetismo computacional, receptor HF, telecomunicaciones, interferencia electromagnética*

## **Introducción**

Los equipos de radar son sistemas de telecomunicaciones con una gran historia y variedad de aplicaciones prácticas y científicas. Particularmente, los radares que operan en la banda de HF del espectro radioeléctrico fueron y son de gran utilidad para estudios de la alta atmósfera. En lo respectivo al diseño y desarrollo de sistemas de radar, es de sumo interés garantizar un buen desempeño operativo del conjunto para cumplir con los parámetros técnicos del normal funcionamiento y detectar ecos débiles provenientes de las reflexiones en la ionósfera [1]. Se debe procurar que los equipos de radar desplegados para sondeo ionosférico adquieran y procesen correctamente la información proveniente de los sondeos realizados, obteniendo así parámetros y magnitudes características de la ionósfera mediante técnicas de procesamiento de imágenes [2]. Para que estos sistemas ejecuten las operaciones anteriores mencionadas y funcionen sin interferirse o acoplarse con equipamientos eléctricos o electrónicos cercanos debe garantizarse que los equipos sean compatibles electromagnéticamente.

El interés por la Compatibilidad Electromagnética (CEM) ha venido aumentando en importancia con el fin de alcanzar diferenciadores claves en el desempeño de dispositivos electrónicos en general: baja emisión y alta inmunidad a interferencias de origen electromagnético. La CEM es la habilidad de un dispositivo eléctrico o electrónico de operar sin interferir a otros dispositivos cercanos ni verse afectado por las emisiones electromagnéticas de otros dispositivos en el ambiente para el cual fue diseñado [3]. La base de conocimientos sobre compatibilidad fue evolucionando y tomando mayor protagonismo en los procesos de desarrollo de productos tecnológicos en todas sus etapas, al punto de establecer normativas de CEM para productos de consumo masivo con el fin de prevenir o reducir posibles interferencias electromagnéticas entre ellos [3].

En este trabajo nos interesa estudiar la CEM de un equipo receptor de HF que es parte de un sistema de radar para sondeo ionosférico, ya que la compatibilidad del mismo es un parámetro muy influyente en características funcionales críticas como ser la sensibilidad. La etapa previa a la optimización de CEM del equipo receptor es realizar simulaciones electromagnéticas para caracterizar el comportamiento del sistema. Se realiza el presente trabajo con el objetivo de efectuar análisis numéricos que describan el comportamiento electromagnético del sistema, para poder evaluar el estado actual del mismo y proyectar estrategias de mejora de CEM para versiones mejoradas de dicho sistema.

## **Materiales y Métodos**

Para analizar el comportamiento electromagnético de un sistema eléctrico o electrónico tradicionalmente se plantean dos caminos: obtener mediciones mediante ensayos experimentales, o bien recurrir a simulaciones electromagnéticas del problema a través de un modelado del sistema. Considerando las ventajas desde los puntos de vista de costo, logística y tiempo, realizar un primer abordaje desde un simulador electromagnético nos permitirá caracterizar el sistema y obtener los primeros resultados que aporten información sobre el nivel de desempeño en cuanto a CEM de dicho sistema. Para el presente trabajo, las simulaciones electromagnéticas se realizaron utilizando la herramienta de software “Altair FEKO” [4], que implementa distintos métodos numéricos para resolver las ecuaciones electromagnéticas fundamentales, condiciones de borde, etc., incluyendo diferentes posibilidades de visualización.

## **Resultados**

La Figura 1 muestra el diseño de la placa del equipo receptor de HF con los elementos mínimos/básicos relevantes para la descripción de CEM para un receptor de un sistema de radar ionosférico [1]. Para el modelo se seleccionaron aquellos elementos cuyas características funcionales, configuración espacial, relaciones e interconexiones entre los mismos pueden resultar críticas para la CEM del receptor. Entre las consideraciones para las simulaciones se consideró un escenario de campo cercano debida la frecuencia de trabajo de 45MHz del equipo y las dimensiones espaciales de la placa del orden de las decenas de centímetros, como así también la distancia de medición para la evaluación de los campos electromagnéticos considerada a tres metros. En la Figura 1 se muestran los filtros de tipo resonador acoplado que integran la placa, interconectados mediante pistas de cobre.

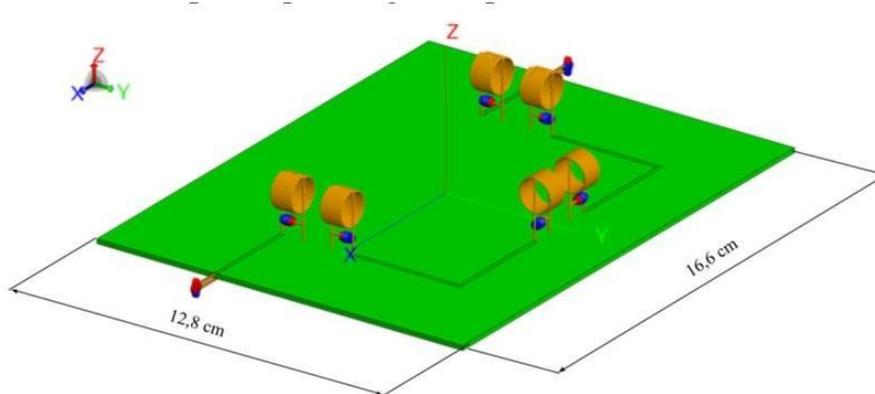


Figura 1: Modelo del receptor HF provisto para las simulaciones electromagnéticas, conformado por filtros característicos del tipo resonadores acoplados.

A continuación, se muestran los distintos resultados de las simulaciones de campo cercano, obtenidos para un rango de frecuencias de 10MHz a 1GHz, usado para análisis de CEM para el caso de emisiones de campos electromagnéticos. La Figura 2 muestra los valores de campo eléctrico y magnético en decibels emitidos a una distancia de medición de tres metros en una dirección polar fija (en este caso  $\phi = 90^\circ$ ,  $\theta = 90^\circ$ ) en función de la frecuencia, barriendo el rango de frecuencia mencionado. Se observan intensidades de campo crecientes con la frecuencia, con una variación que forma picos de intensidad en la frecuencia de 600MHz.

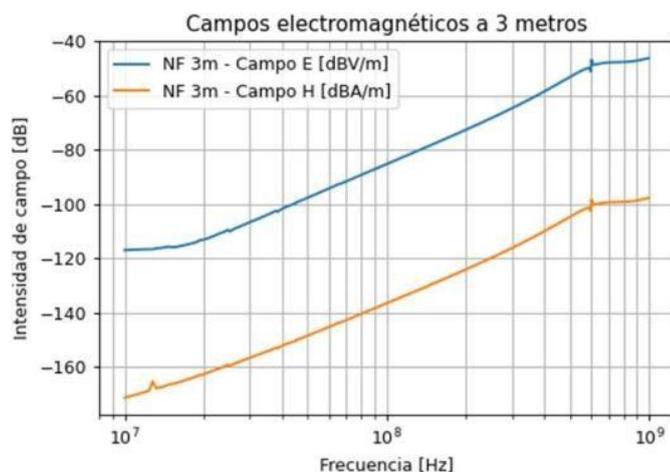


Figura 2: Gráfica de las intensidades de campo eléctrico y magnético obtenidas por simulación para una dirección de  $\phi = 90^\circ$  y  $\theta = 90^\circ$ , barriendo en frecuencia desde 10MHz a 1GHz.

Se presentan en la Figura 3 los valores de campo eléctrico simulados para las frecuencias de interés de 45MHz y 600MHz. Se observan mayores intensidades de campo con mayores frecuencias y localizadas en direcciones cercanas a las inmediaciones plano YZ según el sistema de referencias usado.

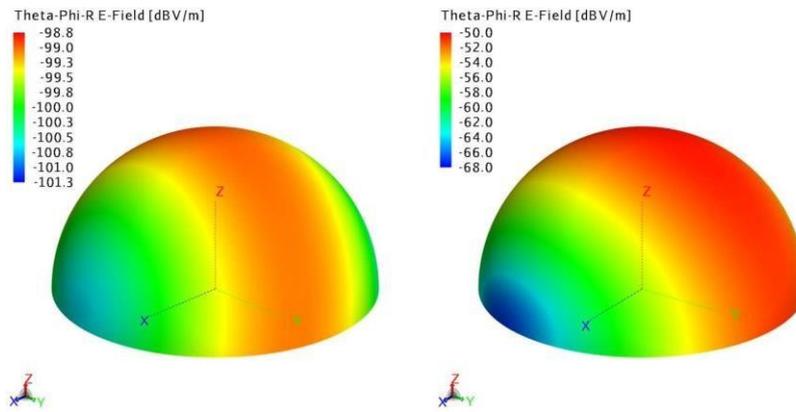


Figura 3: Gráficas de intensidad de campo eléctrico emitido radialmente a 3 metros: i) simulado para una frecuencia de 45MHz, ii) simulado para una frecuencia de 600MHz

### Discusión

Se observan fenómenos de campo cercano con una mayor emisión de campo en ciertos valores de frecuencia (45MHz y 600MHz), los cuales se atribuyen a comportamientos resonantes característicos de las etapas de filtrado del receptor. Se denota una concentración de los campos electromagnéticos en determinadas direcciones del espacio, que dependen fuertemente de la configuración espacial de los elementos del modelo. Se destaca que la mayor intensidad de emisión de campos a esas frecuencias puede generar posibles interferencias con equipos cercanos, por lo que se proponen estrategias de diseño para mejorar las características de CEM. Se sugiere la implementación de un blindaje para confinar y atenuar los campos electromagnéticos como estrategia de mejora de CEM [3], sin alterar el comportamiento selectivo de los filtros internos. Se propone también simular escenarios con configuraciones espaciales diferentes con el fin de evaluar la disposición óptima de los elementos del modelo que produzcan menores niveles de emisión.

### Conclusiones

En el presente trabajo se presentan los resultados de simulaciones hechas en el software FEKO de campos electromagnéticos emitidos a 3 metros por un equipo receptor en banda de HF, parte de un sondador ionosférico. Los resultados muestran niveles de campo cercano con una mayor emisión electromagnética para las frecuencias de 45MHz y 600MHz, que se explica por los comportamientos resonantes de los elementos internos del equipo, y por propiedades intrínsecas del mismo como disposiciones espaciales de los elementos internos y dimensiones físicas de los mismos. Conforme se analizan frecuencias mayores del espectro se presentan mayores concentraciones de campo en determinadas direcciones, debido a la configuración espacial de los elementos. Para mitigar los fenómenos de interferencia electromagnética producto de estos mayores niveles de campo se discuten propuestas como la instalación de blindajes en el equipo receptor, y la disposición de distintas configuraciones espaciales de los elementos internos del equipo.

### REFERENCIAS

1. M. Cabrera, E. Zuccheretti, R. Ezquer, R. U. Sciacca, J. Lopez, M. Molina and J. Baskaradas. "Some considerations for different time-domain signal processing of pulse compression radar". *Annals of Geophysics*. 53. 10.4401/ag-4758 (2011).
2. M. Pezzopane, E. Zuccheretti, C. Bianchi, C. Scotto, B. Zolesi, M. Cabrera, and R. Ezquer, "The new ionospheric station of Tucumán: First results". *Annals of Geophysics*. 10.4401/ag-4426 (2007)
3. H. W. Ott, *Electromagnetic Compatibility Engineering*, 1st Edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2009.
4. "FEKO Student Edition with WinProp - Altair University," Altair University, 17-Oct-2019. [Online]. Available: [altairuniversity.com/feko-student-edition/](http://altairuniversity.com/feko-student-edition/).

## ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN DE LIPASA CON NANOÓXIDO MEDIANTE TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS

Flavia M. Nabac Olivera <sup>(1)\*</sup>, María I. Gómez <sup>(2)</sup>, Hugo A. Pérez <sup>(3,4)</sup> y Andrés H. Morales <sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA), Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, (4200) Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia (FBQF), Universidad Nacional de Tucumán, Ayacucho 461, San Miguel de Tucumán, Argentina.

<sup>(3)</sup> Departamento Académico de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, (4200) Santiago del Estero, Argentina

<sup>(4)</sup> Centro de Investigación en Biofísica Aplicada y Alimentos (CIBAAL-UNSE-CONICET), RN 9- Km 1125, (4206) Santiago del Estero, Argentina

<sup>(5)</sup> Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos (PROIMI-CONICET), Av. Belgrano y Pasaje Caseros, San Miguel de Tucumán, Argentina.

\*nabacmelina@gmail.edu

### RESUMEN

En las últimas décadas la inmovilización de enzimas ha demostrado ser una poderosa herramienta en la industria química moderna. Este proceso impone tanto un cambio conformacional como una restricción completa o parcial de los grados de movimiento de una proteína debido a su unión a un soporte físico. En este sentido, se empleó la espectroscopía de fluorescencia para elucidar el tipo de interacción que ocurre durante el proceso de adsorción de una lipasa de *Candida rugosa* sobre un óxido mixto de  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ . Los resultados mostraron una disminución de la fluorescencia de la proteína en presencia del óxido a distintas temperaturas, obteniéndose valores de constante de formación de complejo Lipasa-  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5 \approx 8 \times 10^4 \text{ M}^{-1}$ . Además, se determinó que las fuerzas hidrofóbicas son las que gobiernan el complejo Lipasa-  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ .

### ABSTRACT

In last decades, enzyme immobilization had been a powerful tool in the modern chemical industry. This process entails both a conformational change and a complete or partial restriction of the degrees of movement of a protein owing to its binding to a physical support. In this sense, fluorescence spectroscopy was used to elucidate the type of interaction that occurs during the adsorption process of a *Candida rugosa* lipase onto  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  mixed oxide. The results showed a decrease in protein fluorescence in the presence of the oxide at different temperatures, obtaining values for the formation constant of the Lipase-  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  complex  $\approx 8 \times 10^4 \text{ M}^{-1}$ . In addition, it was determined that the hydrophobic forces are those that govern the Lipase-  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  complex.

**Palabras Clave:** Lipasa, Óxido, Fluorescencia, Interacción.

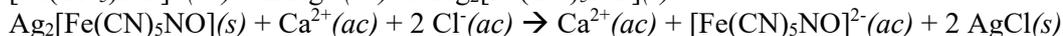
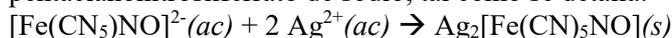
### Introducción

En las últimas décadas la inmovilización de enzimas ha demostrado ser una poderosa herramienta en la industria química moderna, la cual se ha visto impulsada hacia procesos más “verdes” o ecológicos, así como a la producción de sustancias más complejas [1]. Este proceso impone tanto un cambio conformacional como una restricción completa o parcial de los grados de movimiento de una proteína debido a su unión a un soporte físico. Para que el proceso sea exitoso, el biocatalizador obtenido debe retener su actividad total o

parcialmente además de poder ser reutilizado en varios ciclos catalíticos de manera continua [2]. En este sentido, se cree que los cambios estructurales que sufre una enzima tras su inmovilización o adsorción en una superficie, son la razón principal de las alteraciones que ocurren en su estabilidad y capacidad catalítica. De esta manera, las técnicas que permiten evaluar cómo las proteínas interactúan con el soporte, son fundamentales para comprender el comportamiento que tendrán las enzimas inmovilizadas [3]. Así, disponer de una combinación de técnicas que brinden una información estructural detallada acerca de la interacción proteína-soporte, resulta importante para diseñar condiciones operacionales que permitan la preservación de la actividad enzimática durante el proceso de inmovilización [4]. Por ello, el objetivo de este trabajo consiste en el empleo de técnicas de espectroscopía de fluorescencia para elucidar el tipo de interacción que ocurre durante el proceso de adsorción de una lipasa de *Candida rugosa* sobre un óxido mixto de  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ .

## Materiales y Métodos

**Preparación de muestras:** Para los estudios de interacción se empleó una lipasa comercial de *Candida rugosa* (Sigma-Aldrich; Lote 1754) mientras que la síntesis del óxido mixto de calcio y hierro ( $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ ) se realizó por descomposición térmica del complejo inorgánico pentacianonitrosilferrato de calcio ( $\text{Ca}[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). Este último fue obtenido a partir de dos reacciones consecutivas partiendo del pentacianonitrosilferrato de sodio, tal como se detalla:



La solución final fue separada del sólido de cloruro de plata por centrifugación y luego concentrada por evaporación. Finalmente, las muestras sólidas del complejo inorgánico sintetizado fueron colocadas en crisoles de platino e introducidas en un horno mufla (Furnace DM 40, *Zhemack technical*) con rampas programadas de temperatura, durante 5 horas hasta alcanzar los  $650^\circ\text{C}$ , para luego dejar reposar durante 10 horas a temperatura ambiente. El sólido obtenido tras este proceso de descomposición térmica hasta peso constante se correspondió con el óxido  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ .

**Espectroscopia de Fluorescencia:** Los espectros de emisión en estado estacionario se registraron en un espectrofluorómetro Cary Eclipse (ranuras de excitación 5 nm y emisión de 20 nm) equipado con un accesorio Peltier para controlar la temperatura, utilizando una celda de cuarzo de 1,0 cm en el rango de 305–530 nm. La longitud de onda de excitación fue de 280 nm. La solución de Lipasa ( $6 \mu\text{M}$ ) en buffer de pH 7 fue titulada con una solución madre de óxido  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  (3,7 mM) hasta una concentración final de 0,18 mM en la celda. Todos los experimentos fueron realizados por triplicado.

## Resultados

La Figura 1A muestra los espectros de emisión de Lipasa en solución buffer fosfato a pH 7 y temperatura de  $26^\circ\text{C}$  en ausencia y presencia de concentraciones creciente del  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ . Se observa una disminución de la fluorescencia de la enzima a medida que aumenta la cantidad del óxido  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  en la celda. El mismo comportamiento se observó a diferentes temperaturas.

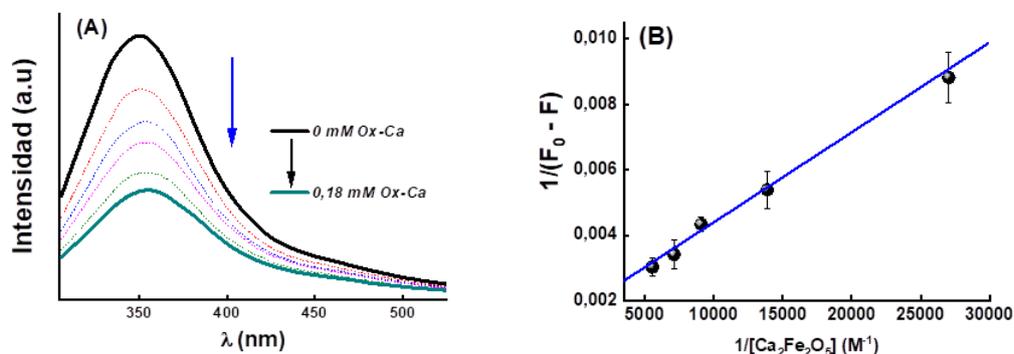


Figura 1: Espectros de emisión de Lipasa en solución buffer fosfato pH 7 en función del agregado creciente de óxido  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  a  $26^\circ\text{C}$  (A). Ajuste de los datos experimentales con la ecuación de Benesi-Hildebrand (B).

La Figura 1B representa el ajuste de los datos experimentales de emisión de Lipasa en presencia de  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  utilizando la ecuación de Benesi-Hildebrand (ecuación 1)

$$\frac{1}{F_0 - F} = \frac{1}{F_0 - F^*} + \frac{1}{(F_0 - F^*)K_{as}} \times \frac{1}{[\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5]} \quad \text{Ec. 1}$$

En la Figura 2 se muestra el ajuste de la ecuación de Van't Hoff (ecuación 2) utilizando las constantes de interacción ( $K_{as}$ ) entre la Lipasa y el  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  a distintas temperaturas, obteniéndose los parámetros termodinámicos  $\Delta H$  y  $\Delta S$ . Todo el análisis realizado se resume en la tabla 1.

$$R \ln K = \Delta S - \frac{\Delta H}{T} \quad \text{Ec. 2}$$

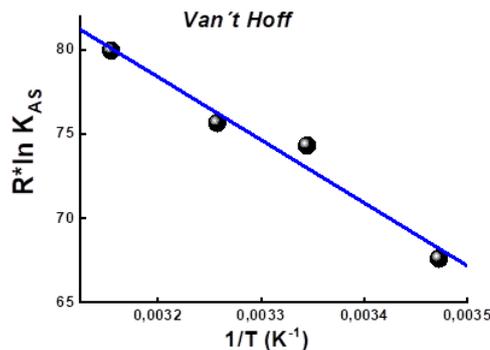


Figura 2: Representación de las constantes de interacción entre la Lipasa y el  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  en función de la temperatura. Ajuste de los datos con la ecuación 2.

**Tabla1: Constantes y parámetros termodinámicos de interacción entre la Lipasa y el  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ .**

	$K_{as}$ ( $M^{-1}$ )	$\Delta H$ (J)	$\Delta S$ (J/K)	$\Delta G$ (J)
T= 298 K (15°C)	3397	37474	198	-19550
T=299 K (26°C)	7625			-22083
T= 307 K (34°C)	8958			-23480
T= 316 K (43°C)	15048			-25051

## Discusión

La Figura 1A resalta que la presencia de  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  produce una disminución en la intensidad de emisión de la Lipasa, cuyos cambios espectrales fueron analizados mediante la ecuación de Benesi-Hildebrand (ecuación 1) para obtener las constantes de interacción  $K_{as}$  a diferentes temperaturas.

Generalmente, la fuerza que actúa entre una molécula pequeña y una macromolécula incluye principalmente: *punte hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, electrostática y las interacciones hidrofóbicas*. Los signos y magnitudes de los parámetros termodinámicos ( $\Delta H$  y  $\Delta S$ ) pueden dar una idea de las principales fuerzas que participan en la interacción.

En este sentido, Ross y Subramanian [5] en un trabajo pionero han relacionado las magnitudes de los parámetros termodinámicos con los distintos tipos de interacciones involucrados en la asociación de moléculas pequeñas con proteínas. Cuando  $\Delta H < 0$  y  $\Delta S < 0$ , las interacciones de Van der Waals y puente hidrógeno son las principales contribuciones, mientras que cuando  $\Delta H > 0$  y  $\Delta S > 0$ , las interacciones hidrofóbicas son predominantes. Asimismo, cuando  $\Delta H < 0$  y  $\Delta S > 0$ , las fuerzas electrostáticas gobiernan la interacción.

Con el fin de poder deducir que tipo de interacciones actúan entre la Lipasa y el  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ , se evaluó el efecto de la temperatura sobre la formación del complejo Lipasa-  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ . Mediante la ecuación de Van't-Hoff (ecuación 2) se obtuvo tanto la entalpía como la entropía de formación del complejo (Tabla1).

En nuestro sistema de estudio los valores positivos de  $\Delta H$  y  $\Delta S$  sugieren que las fuerzas de interacción hidrofóbicas son predominantes en la interacción del complejo. Además, el signo de la energía libre ( $\Delta G$ ) es negativo, lo que indica que el proceso de interacción entre la proteína y el óxido es espontáneo.

Los resultados mostrados en la Tabla 1 sugieren que, para el complejo Lipasa-  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  la fuerza impulsora de la interacción es la contribución entrópica, la cual favorece el cambio de energía libre. Este fenómeno se puede interpretar como la interacción de la proteína sobre la superficie de las moléculas del  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ , genera un  $\Delta S$  positivo, dado por la liberación de las moléculas de agua que forman parte de la capa de hidratación de la enzima. La expulsión de las moléculas de aguas de hidratación, hace una contribución entrópica favorable a la unión del complejo Lipasa-  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ .

## Conclusiones

En este trabajo estudiamos la interacción entre una Lipasa de *Candida rugosa* con un óxido mixto de  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  a distintas temperaturas. Determinamos que la constante de formación del complejo Lipasa-  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ , aumentan conforme lo hace la temperatura, presentando valores negativos de energía libre.

A partir del mismo ensayo, se obtuvieron los parámetros termodinámicos  $\Delta H$  y  $\Delta S$ , ambos positivos, lo cual nos permitió identificar que las fuerzas hidrofóbicas son las que contribuyen la formación del complejo Lipasa-  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ . Además, este proceso está gobernado por la entropía. Estos resultados permiten ampliar nuestros conocimientos referido a la adsorción de enzimas sobre soportes físicos, lo cual servirán como base para la selección de las condiciones durante el proceso de inmovilización.

## REFERENCIAS

1. R. C. Rodrigues, J. J. Virgen-Ortíz, J. C. S. Dos Santos, Á. Berenguer-Murcia, A. R. Alcántara, O. Barbosa, C. Ortiz y R. Fernández-Lafuente, "Immobilization of lipases on hydrophobic supports: immobilization mechanism, advantages, problems, and solutions"; *Biotechnology Advances*, Vol. 37 (2019), p. 746-770.
2. A. R. Ismail y K. H. Baek, "Lipase immobilization with support materials, preparation techniques, and applications: Present and future aspects"; *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 163 (2020), p. 1624-1639.
3. M. Chen, H. Wu, Z. Li, K. Wu, Y. Jiao y C. Zhou, "Preparation of reduced graphene oxide porous beads for lipase immobilization and its application for oil adsorption and glycerolysis reaction in situ"; *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 294 (2020), p. 109920
4. M. Hoarau, S. Badiéyan y E. N. G. Marsh, "Immobilization enzymes: Understanding enzyme-surface interactions at molecular level"; *Organic and Biomolecular Chemistry*, Vol. 15 (2017), p. 9539-9551.
5. P. D. Ross, S. Subramanian. "Thermodynamics of protein association reactions: forces contributing to stability"; *Biochemistry*. Vol. 20 (1981), p. 3096-3102.

## CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CABILDO HISTÓRICO DE LA PROVINCIA DE JUJUY

Antequera, T. <sup>(1)\*</sup>, Gareca, E. <sup>(1)</sup>, Aramayo, M. <sup>(1)</sup>, Vargas, E. <sup>(2)</sup> y Ventura, E. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratorio de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina

\*Correo Electrónico (autor de contacto): tessantequera@gmail.com

### RESUMEN

*En los últimos años ha crecido el interés por el mantenimiento y restauración de edificios históricos. Actualmente, la Provincia de Jujuy, ha encarado la recuperación del Cabildo reconstruido entre 1864 y 1867, el cual está considerado Monumento Histórico Nacional. Los trabajos de reparación iniciados en el año 2017, en el sector de la recova, permitieron obtener muestras de materiales utilizados, entre ellos, ladrillos de techo y clavos metálicos de antigua data. Este trabajo presenta el estudio de estos elementos, para lograr su caracterización tecnológica. En el estudio de los ladrillos, se obtuvo una caracterización básica de sus propiedades físico-mecánicas y mineralógicas. El análisis microscópico revela la presencia de cuarzo, feldspatos, filosilicatos, fracciones carbonáticas y arcillosas, inmersos en una matriz ferruginosa, estudio corroborado con los resultados de Difracción de Rayos X (DRX) y Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) con Espectroscopía de Energía Dispersiva (EDS). Los ensayos mecánicos de los ladrillos muestran buenas propiedades, permitiendo contar con patrones de referencia acerca de su comportamiento resistente; simultáneamente, la caracterización mineralógica permite identificar la composición de estas piezas. En relación al estudio realizado en los clavos, a través del análisis metalográfico, utilizando microscopía óptica y electrónica, y ensayos de dureza, los resultados muestran que las piezas estudiadas presentan una estructura ferrítica, con granos grandes y con presencia de macro inclusiones, lo que lleva a inferir que fueron confeccionados mediante forjado, es decir calentados y golpeados a martillo. Este tipo de estudios permite obtener una caracterización básica de las propiedades de los materiales utilizados en edificios históricos, para así poder contar con datos útiles que permitan tomar decisiones en futuras intervenciones estructurales.*

### ABSTRACT

*The interest in the maintenance and restoration of historic buildings has grown in recent years. Currently, the Province of Jujuy started recovering the Cabildo (town council) which was rebuilt between 1864 and 1867 and it is considered a National Historic Monument. The repairing started in 2017 in the recova sector and allowed us to obtain samples of the materials used, including roof bricks and old metal nails. This paper presents the study carried out on these elements, with the objective of arriving to their technological characterization. While studying the bricks, a basic characterization of their physical-mechanical and mineralogical properties was obtained. The microscopic analysis revealed the presence of quartz, feldspars, phyllosilicates, carbonaceous and clay fractions, all of these immersed in a ferruginous matrix. This study was corroborated with the results obtained through XRD and SEM with EDS. The mechanical tests of the bricks revealed good properties, allowing us to have reference standards about their resistance; simultaneously, the mineralogical characterization allowed us to identify the composition of these pieces. As to the study carried out on the nails through metallographic analysis, using optical and electronic microscopy and hardness tests, the results showed that the pieces studied present a ferritic structure, with large grains and macro inclusions. This indicates that they were made by forging, that is, heated and hammered. This type of study allows us to obtain a basic characterization of the properties of the materials used in historic buildings, in order to have useful data to make decisions in future structural interventions.*

**Palabras claves:** Patrimonio arquitectónico, Cabildo, ladrillos, clavos, caracterización.

## Introducción

Después de la última fundación de Jujuy y para dar cumplimiento a las Leyes de Indias se estableció la necesidad de la construcción de un cabildo. No se cuenta con datos que acrediten la fecha exacta de su construcción. Por los escritos de la historia de Jujuy, se sabe que contaba originalmente de planta baja y un primer piso, pero un terremoto ocurrido el 14 de enero 1863 destruyó parte de la edificación original. En el año 1863 el gobernador Dr. Daniel Araoz decide realizar la reconstrucción del cabildo, actividad que llevó a cabo la empresa Piotti entre los años 1864 y 1867[1]. Analizando los escritos del Archivo Histórico de la Provincia de Jujuy, se encontraron los recibos de las minutas de gastos por material y mano de obra. Se tienen registros tales como recibos de compra de caños por parte de don Ignacio Carrillo (diputado provincial) a don Lorenzo Ramírez (proveedor) firmado el día 18 de agosto de 1863. Así también hay documentación sobre la compra de veinticuatro costales de paja para el revoque y dos cargas de cañas pagados por Don Carrillo a favor de don Félix Piotti el 8 de agosto de 1863. Se encontró también recibos por la compra de ladrillos, tirantes, tirantillos, piedras para cimiento, caños de lata, clavos, clavos grandes, etc., realizadas a proveedores locales.

El edificio actual es una construcción de planta en L. El frente termina en una galería o recova con 19 arcos de media punta que se apoyan sobre columnas y pilastras de orden toscano, la galería muestra distintas etapas de construcción, los tramos más antiguos son el central de 5 arcos sobre pilares, y el derecho con 7 arcos sobre gruesas columnas, y posteriormente a 1872 se realizaron 7 arcos más (Figura 1).



Figura 1. Cabildo de Jujuy. Fuente: Archivo General de la Nación

En el año 2017 se iniciaron los últimos trabajos de restauración, comenzando con la recova, lo que permitió obtener muestras de materiales utilizados, entre ellos, ladrillos de techo y clavos metálicos de antigua data, en un trabajo realizado en forma conjunta por personal de la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Jujuy. En ese contexto, este trabajo describe los estudios y análisis realizados sobre los elementos mencionados. Este tipo de estudio, permite indagar como fueron elaborados los materiales que se utilizaron en la construcción de edificios históricos, en este caso, el Cabildo de la Ciudad de San Salvador de Jujuy. Esta información, sumada a la investigación histórica y al aporte interdisciplinario de los distintos profesionales que intervienen en patrimonio arquitectónico, permiten la disposición de conocimiento de los materiales y las tecnologías de fabricación utilizados en los elementos de construcción de edificios de interés patrimonial, logrando así, una contribución y aplicación directa en la toma de decisiones al momento de establecer las tareas de restauración y/o conservación de estos edificios.

## Materiales y métodos

Para la realización de este estudio se recogieron muestras de ladrillos de techo colocados en la cubierta plana accesible de la recova del cabildo, Figura 2. La cubierta está realizada con una trama de vigas de madera de sección rectangular separadas por una distancia de un metro y cabios cruzados sobre los que se apoyan la primera hilada de ladrillos [2]. Los cabios y vigas estaban unidos por clavos, los que fueron extraídos para su estudio. Las muestras se seleccionaron siguiendo criterios identificados para los fines de la investigación que se deseaba realizar. La caracterización de los ladrillos de techo se llevó a cabo mediante la combinación de una serie de estudios. Para la realización de los ensayos mecánicos de compresión (10 probetas de 25mm x 25mm x 25mm), y flexión (10 probetas de 25mm x 120mm x 80mm); se utilizó una máquina de ensayo universal INSTROM modelo 5985 250 kN, según la Norma IRAM 12511/ ASTM C-133, con control de carga. Se definieron las características químicas y mineralógicas utilizando técnicas analíticas de Difracción

de Rayos X, Fluorescencia de Rayos X, SEM - EDS y microscopía óptica (cortes delgados). La composición química fue llevada a cabo en un equipo de Fluorescencia de Rayos X, Marca RIGAKU, Modelo RIX 2000. La evaluación mineralógica se desarrolló en un difractómetro Philips 3020 utilizando radiación  $\text{CuK}\alpha$  filtro de Ni (a 35 kV, 40 mA). El equipo SEM - EDS utilizado para relevar la microestructura de los ladrillos fue un Microscopio Electrónico Jeol JCM-6000 Neoscope. Para los cortes delgados se empleó un microscopio óptico de luz transmitida y dispositivo de polarización Leica DM750P, cámara LEICA EC3 y programa LAS EZ.

Los elementos metálicos se estudiaron a través del análisis metalográfico, utilizando microscopio óptico Metalux II, a un aumento 50X y 100 X y por microscopía electrónica con el equipo ya referido. El detalle de los porcentajes en peso de los elementos químicos se obtuvo utilizando el mapeo EDS. Para la obtención de valores de dureza, se utilizó un microdurómetro marca Isotest, en escala Vickers.



Figura 2. a) Vista del techo de la recova del Cabildo- b) Zona de los lugares de la recova de donde fueron extraídas las muestras de ladrillos- c) Clavos extraídos del techo de recova

## Resultados y discusión

En la inspección visual los ladrillos de techo presentaban en general, un buen estado de conservación, ya que no se observaron grietas ni fisuras, conteniendo granos minerales de tamaño medio y muchos de tamaño fino, algunos poros de gran tamaño y gran cantidad de poros pequeños. De acuerdo con las condiciones de resistencia, los ladrillos cerámicos macizos se clasifican según la norma IRAM 12.518, en Clase A (debe ser no menor que 120 kg/cm<sup>2</sup>) y Clase B (debe ser no menor que 75 kg/cm<sup>2</sup>). Los resultados de resistencia promedio a la rotura dieron para el módulo MOR 19,37 Kg/cm<sup>2</sup> (1,9 MPa) con una desviación estándar de 0,40 y una varianza de 0,16, mientras que para la resistencia a la compresión dio como resultado promedio de 323 Kg/cm<sup>2</sup> (31,72 MPa) con una desviación estándar de 9,76 y una varianza de 96,19, lo que implica que los ladrillos presentan muy buenos valores de resistencia a la compresión, resultando ser de clase A.

La composición química obtenida del análisis de Fluorescencia de Rayos X reveló que los ladrillos estaban formados de altas cantidades de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y cantidades considerablemente bajas de  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{CaO}$  (Tabla 1). Las fases mineralógicas identificadas en los ladrillos por DRX fueron cuarzo, feldespato K, hematita, moscovita y en algunas muestras se observaron trazas de compuestos de calcio.

Tabla 1 Composición química por FRX

Óxidos W%	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Loid						
L1	63,51	63,51	63,51	63,51	63,51	63,51	63,51	63,51	63,51	63,51	63,51
L2	62,85	62,85	62,85	62,85	62,85	62,85	62,85	62,85	62,85	62,85	62,85
L3	67,23	67,23	67,23	67,23	67,23	67,23	67,23	67,23	67,23	67,23	67,23

En las observaciones y análisis por Microscopía Óptica de las láminas delgadas, las piezas presentaban una litología constituida por cuarzo, feldespatos K, fragmentos de rocas de origen metamórfico y/o ígneo, identificándose en algunas fracciones carbonáticas y arcillosas, en otras, escasos filosilicatos, como moscovitas y biotitas. Los resultados de SEM – EDS mostraban la presencia de valores altos de oxígeno, le siguen en nivel de presencia el hierro, silicio, característicos de los materiales arcillosos. Los valores de carbono presente se deben probablemente a la existencia de componentes orgánicos en la muestra (impurezas o agentes biológicos). De los resultados del estudio de la muestra de los ladrillos en microscopio óptico, FRX y DRX podemos decir que se han utilizado para su producción materias primas bajas en carbonatos.

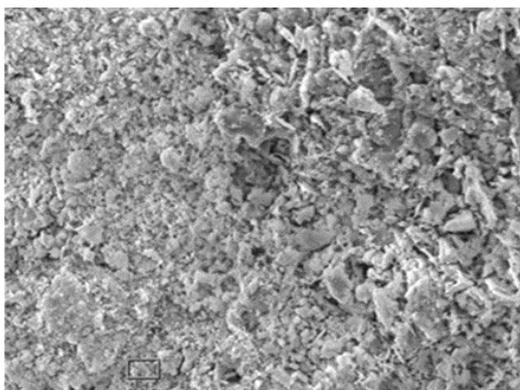


Figura 3: Imagen SEM de ladrillo

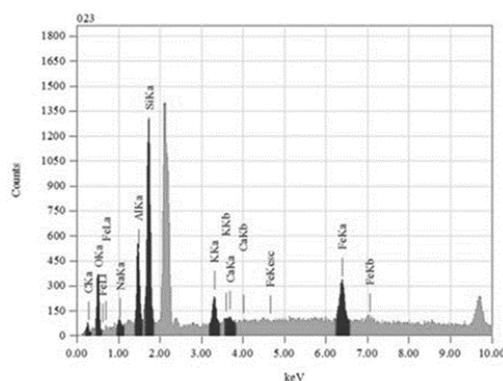


Figura 4: Espectro EDS de ladrillo

Con respecto al estudio realizado a los clavos, el análisis metalográfico mostraba una matriz ferrítica, con granos equiaxiales de tamaño grande (N° 4 según Norma ASTM E 112) y la presencia de una gran cantidad de carburos, inclusiones del tipo sulfuros y macroinclusiones. En la Tabla 2, se muestra la composición química obtenida por EDS (Line Type: K Series). Los valores de dureza dieron coherentes para el tipo de acero del que están realizados los clavos.

Tabla2. Composición química región central del clavo. Mapeo EDS

Elemento	P	Fe	Si	C	O	AL	S	Ca	Cl	Sr
W %	0,77	90,49	1,66	2,36	3,68	0,52	0,19	0,11	0,03	0,19

El acero utilizado es de baja calidad en cuanto al contenido excesivo de impurezas, como el P, S y el Si, característico de la tecnología de producción del siglo XIX [3]. Estos elementos químicos son perjudiciales para el acero, ya que forman compuestos no metálicos que fragilizan el material. El acero estudiado responde a las características del hierro conocido como pudelado, presentando una estructura ferrítica, con granos y con presencia de macro inclusiones. Este material retenía gran cantidad de escorias de silicatos, lo cual es coincidente con el análisis EDS. Con respecto al método de elaboración, se puede inferir que los clavos fueron sometidos a un proceso de conformado en caliente, una forja artesanal, lo que explicaría el tamaño y forma de los granos, ya que este proceso permite la recristalización del hierro. La presencia de macroinclusiones pueden deberse a este forjado, podrían tratarse de partículas del material utilizado para el calentamiento del metal. La dureza obtenida, baja en valores, es coherente para este tipo de aceros. La presencia de las inclusiones no metálicas, puede hacer que eleven esta dureza localmente, por lo que también es esperable la dispersión de esta propiedad a valores más altos.

## Conclusiones

- Esta caracterización nos permite conocer las propiedades de los ladrillos y de esta manera poder replicarlos para ser empleados en una futura restauración del Cabildo utilizando proporciones composicionales y materiales similares de manera de evitar deformaciones incompatibles con los materiales históricos.
- La caracterización de este tipo de piezas históricas en cuanto a materiales y la tecnología utilizada, brinda la posibilidad de elaborar bases de datos y tablas de comparación, a fin de que piezas encontradas en otro contexto, pero con las mismas características puedan ser ubicadas cronológicamente. Esto constituye una herramienta de decisión en la reparación o reconstrucción de edificios históricos de alto valor patrimonial.
- Los estudios realizados constituyen un punto de partida para futuros análisis de otros materiales constituyentes del cabildo y de otros edificios históricos de la provincia de Jujuy.

## REFERENCIAS

1. Archivo Histórico de la Provincia. Cabildo, folios 1 al 14. San Salvador de Jujuy, Argentina.
2. Otero, Osvaldo." Espacios Privados, Lugares Públicos. Historia de la vivienda bonaerense entre el Virreinato y los albores de la Independencia tecnología, uso y función",2014. Anales LEMIT, Serie III, Año 1 – N° 5. La Plata.
3. Casadas, M.; Mudry,L; Peltzer,M y otros. Investigaciones arqueológicas y técnicas de estudio sobre materiales metálicos provenientes "Casa Museo Almafuerte de la ciudad de La Plata", 2011. 2do. Congreso Iberoamericano y X Jornada "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio".

## INCLUSION DE KETOPROFENO EN SILICE MESOPOROSA (SBA-15)

Ignacio R. Aramayo<sup>(1, 2)\*</sup>, Noelia M. Cruz<sup>(2)</sup>, Melisa R. Serrano<sup>(2)</sup>, Galo S. Illia<sup>(3)</sup> y Mónica L. Parentis<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Investigaciones para la Industria Química, CONICET, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup>Instituto de Nanosistemas, Universidad Nacional de San Martín, Av 25 de Mayo 1021, San Martín, Bs.As. Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [aramayoignacio@gmail.com](mailto:aramayoignacio@gmail.com)

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es determinar la factibilidad de carga de ketoprofeno en sílice mesoestructurada tipo SBA-15. Este material presenta una importante mesoporosidad asociada a canales organizados hexagonalmente, una estrecha distribución del tamaño de poro y una gran área superficial. El ketoprofeno (KT) fue seleccionado como molécula modelo ya que es un fármaco antiinflamatorio bien documentado y muy utilizado. Además, tiene un tamaño molecular adecuado para su inclusión dentro de los mesoporos del material SBA-15. Para cargar ketoprofeno dentro de los mesoporos, se utilizó el método de impregnación incipiente con soluciones de ketoprofeno en etanol. Los materiales fueron caracterizados mediante experimentos de adsorción/desorción de nitrógeno, espectroscopia infrarroja (FTIR) y el contenido de fármaco que se cargó efectivamente, se determinó por análisis de pérdida de peso por calcinación (PPC) e indirectamente por medidas del contenido de ketoprofeno recuperado por lavado, cuantificado por espectroscopia UV-Vis.

### ABSTRACT

The aim of this work is to determine ketoprofen loading feasibility in mesostructured silica type SBA-15. This material exhibits an important mesoporosity associated with hexagonally organized channels, a narrow pore size distribution and a large surface area. Ketoprofen (KT) was selected as a model molecule as it is a well-documented and widely used anti-inflammatory drug. In addition, it has a suitable molecular size for its inclusion within the mesopores of the SBA-15 material. In order to load ketoprofen within the mesopores, the incipient impregnation method with solutions of ketoprofen in ethanol was used. The materials were characterized by nitrogen adsorption/desorption experiments, infrared spectroscopy (FTIR), and the drug content effectively loaded was determined by calcination weight loss analysis (PPC) and indirectly by measurements of the recovered ketoprofen content by washing, quantified by UV-Vis spectroscopy.

Palabras Clave: SBA-15, ketoprofeno, carga de fármaco.

### Introducción

Los avances en la tecnología de encapsulación han permitido la preparación de una amplia gama de partículas cargadas de fármacos de tamaño submicrónico [1]. En particular, las nanopartículas de sílice mesoporosas ofrecen un esqueleto sólido con estructura porosa altamente ordenada y una gran área específica que permite una excelente performance para la carga de agentes farmacológicos. Se espera que estos sistemas mejoren la biodisponibilidad de fármacos mal absorbidos, lo que implica una disminución de la dosis terapéutica. El objetivo de este estudio es determinar la capacidad de carga del principio activo ketoprofeno en un material mesoporoso y caracterizar los sólidos obtenidos. Para ello, se eligió como soporte de carga la sílice mesoestructurada SBA-15, debido a las características estructurales de la misma, que han sido ampliamente estudiadas y caracterizadas. El ketoprofeno, un fármaco antiinflamatorio, fue seleccionado como fármaco modelo por su baja solubilidad en agua y su tamaño molecular; este último es adecuado para su incorporación dentro de los poros de SBA-15.

La carga de ketoprofeno dentro de los canales de SBA-15 se llevó a cabo utilizando etanol como solvente y se evaluó el efecto de un lavado rápido de las partículas cargadas con fármaco. Los materiales obtenidos se caracterizaron por adsorción-desorción de N<sub>2</sub> a 77K y espectroscopía FTIR; además, se determinó el contenido de fármaco cargado por ensayos de pérdida de peso por calcinación y por determinación, mediante espectroscopía UV-Vis, en la solución remanente de lavado.

## **Materiales y Métodos**

### *Síntesis SBA-15*

Las partículas mesoporosas de SBA-15 fueron sintetizadas mediante el proceso sol-gel, empleando TEOS como fuente de sílice y el copolímero tribloque Pluronic P-123 como surfactante. La composición molar de la mezcla de síntesis es TEOS: P-123: HCl: H<sub>2</sub>O = 1,0: 0,017: 5,9: 163. Luego de la primera fase de reacción, que se realiza a 35°C, con agitación y durante 2 horas; se lleva a cabo el envejecimiento de la mezcla en un recipiente cerrado a 80°C durante 15 horas en condiciones estáticas. El sólido obtenido se filtra, se lava y se seca a 60°C durante 24 horas. Por último, el material es calcinado súbitamente a 300°C durante 15 min para eliminar todo el surfactante.

### *Procedimiento de Carga del Ketoprofeno*

Se utilizó como método de carga del fármaco, el procedimiento de humedad incipiente, similar al reportado por C. Charnay [2]; donde 2 g de SBA-15 (secada previamente en vacío), fueron puestas en contacto con 20 mL de solución de ketoprofeno en etanol (C = 0,1 g KT/mL), de manera de obtener las siguientes relaciones: 1:1 en masa para la sílice y el fármaco; y de 1 mL de solvente por cada gramo de fármaco. La mezcla se mantuvo en agitación a 400 rpm, a 60°C y protegida de la luz, durante 20 horas; posteriormente, se colocó en un rotavapor a 50 rpm y 50°C, durante 15 min para evaporar el solvente.

Una vez obtenido el soporte con el fármaco cargado se separaron dos porciones, una de ellas se dejó sin lavar y la otra se lavó, para eliminar el exceso de moléculas ketoprofeno que recubre la superficie exterior del soporte. Para el lavado, se utilizaron 2,8 g de muestra y se agregaron 25 mL de etanol, el sólido se re-suspendió por 30 segundos en un equipo vortex e inmediatamente se filtró en vacío. El líquido residual se recuperó para determinar el contenido de KT por espectroscopía UV-Vis, mientras que el sólido fue secado en vacío (-0,8 bar) a 60 °C por 24 horas.

Los materiales se codificaron con la siguiente nomenclatura: SBA, SBA.KT (lav.) y SBA.KT (sin lav.); para indicar al soporte puro y a los materiales cargados con fármaco lavados y sin lavar, respectivamente.

### *Instrumental*

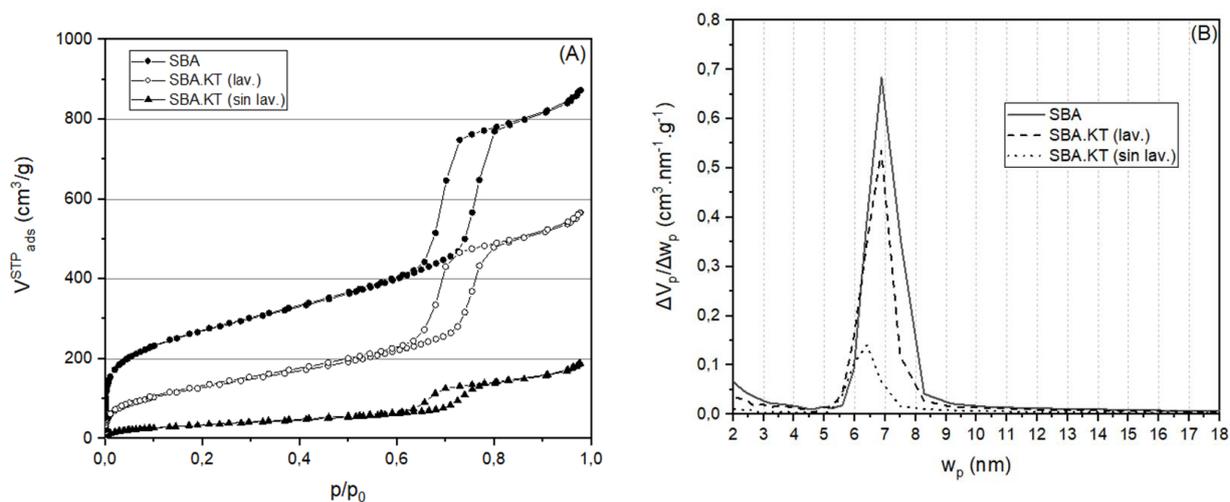
Las medidas de adsorción-desorción de N<sub>2</sub> a 77K se realizaron en un equipo Quantachrome Autosorb IQ3. Los espectros de infrarrojo se realizaron en un microscopio FTIR Thermo Nicolet iN-10 en modalidad de reflectancia. Las medidas de absorbancia se realizaron en un espectrofotómetro UV-Visible Thermo Scientific Evolution 201.

## **Resultados y Discusión**

### *Adsorción / Desorción de N<sub>2</sub>*

Las isothermas de adsorción-desorción de nitrógeno a 77 K, que se muestran en la Figura 1 (A) corresponden a las muestras: SBA, SBA.KT (lav.) y SBA.KT (sin lav.); las mismas pertenecen a isothermas tipo IV(a) con un ciclo de histéresis H1, según la clasificación de la IUPAC y típicas para el material tipo SBA-15. Se observa que el soporte cargado con fármaco sin lavar, presenta una caída abrupta de la adsorción, lo que podría indicar una obstrucción de los poros como consecuencia del ketoprofeno superficial y la elevada concentración de la solución de carga; en concordancia con dicha hipótesis, se observa que la isoterma obtenida para el material lavado, refleja un aumento en la capacidad de adsorción.

En la Tabla 1 se informan las principales características texturales: la superficie específica (S<sub>BET</sub>) de las muestras se calculó utilizando la ecuación de BET en el rango p/p<sub>0</sub> de 0,08 a 0,28. Los volúmenes de microporos y mesoporos se estimaron a partir de la gráfica  $\alpha_s$ -plot con LiChrospher como isoterma de referencia. El volumen total de poro, se tomó como el volumen absorbido en p/p<sub>0</sub> = 0.97. La distribución del tamaño de los poros Figura 1 (B), se realizó a partir de la rama de desorción de las isothermas usando el método de BJH para poro cilíndrico. De los valores reportados en la Tabla 1, se observa una disminución de la superficie BET tanto en la muestra lavada como la que se mantiene sin lavar. Esta última representa la mayor disminución de superficie que luego es recuperada en gran medida después de realizar el lavado. En relación al volumen de poros se observa la misma tendencia de disminución. Por último, no se observa una notable diferencia en la distribución de tamaños de poros.



**Figura 1:** (A) Isothermas de adsorción-desorción de N<sub>2</sub> y (B) distribución de tamaño de poro; del soporte puro y cargado con ketoprofeno (lavado y sin lavar).

**Tabla 1:** Propiedades texturales y contenido de KT en las muestra pura y cargada con fármacos.

Material	S <sub>BET</sub> [m <sup>2</sup> /g]	V <sub>μp</sub> [cm <sup>3</sup> /g]	V <sub>MP</sub> [cm <sup>3</sup> /g]	V <sub>TP</sub> [cm <sup>3</sup> /g]	W <sub>p</sub> [nm]	Cont. KT (PPC)	
						%p <sup>(*)</sup>	%p <sup>(^)</sup>
SBA	975	0,013	0,987	1,332	6,882	-	-
SBA.KT (lav.)	475	-	0,599	0,860	6,870	48	32
SBA.KT (sin lav.)	130	-	0,107	0,281	6,398	115	54

V<sub>μp</sub>: volumen de microporo; V<sub>MP</sub>: volumen de mesoporo primario; V<sub>TP</sub>: volumen total de poro; W<sub>p</sub>: tamaño de poro.

(\*) g de KT por cada 100 g de soporte puro.

(^ ) g de KT por cada 100 g de soporte cargado.

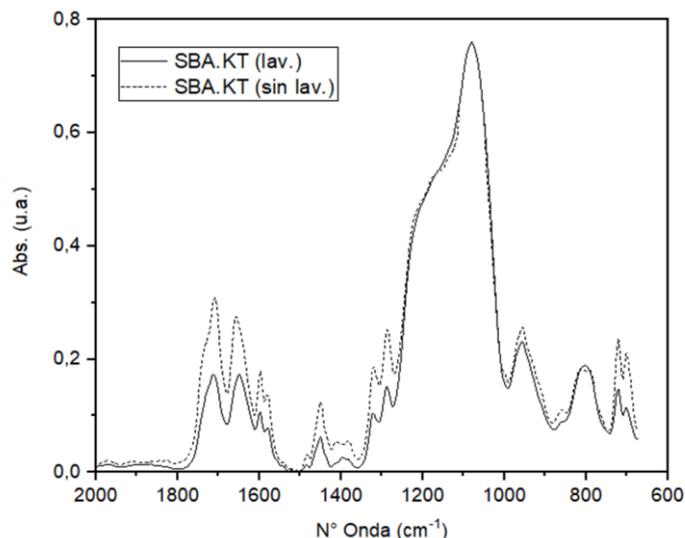
#### Determinación del Contenido de Ketoprofeno

Para determinar el contenido de fármaco adsorbido en la matriz, se llevaron a cabo dos ensayos. El primero fue realizado a través de experiencias de pérdidas de peso por calcinación a 600°C (PPC), determinando el peso antes y después de la calcinación en una balanza analítica, obteniéndose los resultados reportados en la Tabla 1, alcanzándose una carga efectiva de KT en los poros de 48g de fármaco por cada 100g de soporte puro. Como segunda opción se cuantificó el contenido de ketoprofeno recuperado en el proceso de lavado, a través de espectroscopia UV-Vis, midiendo la absorbancia de ketoprofeno en etanol a una longitud de onda de 255 nm. Como resultado se obtuvo una recuperación de 0,320g KT por cada gramo de soporte cargado sin lavar, dato que también se pudo determinar y comparar por PPC obteniéndose 0,312 g KT superficial, es evidente que existe buena correlación entre los datos determinados por los diferentes métodos.

#### Espectros FTIR

En la Figura 2 se presentan los espectros FTIR, normalizados entre 2000 a 600 cm<sup>-1</sup>, de las muestras cargadas con ketoprofeno lavada y sin lavar, en la cual se observan las señales típicas de las moléculas de ketoprofeno: así, la aparición de una banda a 1446 cm<sup>-1</sup> se asigna a la presencia de vibraciones de estiramiento de enlaces C-C del anillo aromático, mientras que las bandas a 1700 y 1650 cm<sup>-1</sup> se atribuyen a las vibraciones de estiramiento del grupo carbonilo [3]. Además, es importante destacar que los espectros fueron normalizado en función de la señal de SiO<sub>2</sub> (pico 1100cm<sup>-1</sup>, atribuido a vibraciones de estiramiento asimétrico de enlaces Si-O-Si) lo que permite evidenciar una mayor intensidad de las bandas características de KT en la muestra cargada

previo a la realización del lavado, en concordancia con los resultados obtenidos en la determinación del contenido de fármaco y la adsorción-desorción de N<sub>2</sub>.



**Figura 2:** FTIR del soporte cargado con KT lavado y sin lavar.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que el ketoprofeno puede cargarse con una gran eficiencia en la sílice mesoporosa SBA-15, alcanzándose mediante una primera impregnación una carga de 48g KT por cada 100g de SBA-15 pura (luego del lavado del fármaco superficial). Además, podemos destacar que aún queda volumen disponible en los mesoporos para continuar el proceso de inclusión del fármaco, ya que solo se produjo un 35% de reducción del volumen original de poros.

Por otra parte, es importante mencionar la importancia de realizar un procedimiento de lavado, luego del proceso de impregnación, en particular cuando se emplean elevadas concentraciones de la solución de carga del fármaco, si se desea cuantificar efectivamente la cantidad de principio activo incorporado internamente en la matriz silícea mesoporosa; de manera tal de eliminar el fármaco depositado sobre la superficie externa del material.

## REFERENCIAS

1. Katarina Bolko Seljak, Petra Kocbek, Mirjana Gasperlin, “Mesoporous silica nanoparticles as delivery carriers: An overview of drug loading techniques”; *Journal of Drug Delivery Science and Technology* 59 (2020) 101906.
2. C. Charnay, S. Begu, C. Tourne-Peteilh, L. Nicole, D.A. Lerner, J.M. Devoisselle, “Inclusion of ibuprofen in mesoporous templated silica: drug loading and release property”; *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 57 (2004) p. 533–540.
3. Michał Moritz, Marek Łaniecki “SBA-15 mesoporous material modified with APTES as the carrier for 2-(3-benzoylphenyl) propionic acid”, *Applied Surface Science* 258 (2012), p. 7523–7529.

## LA LECTOCOMPRESIÓN EN INGLÉS EN LA UNIVERSIDAD: UNA PROPUESTA DE APRENDIZAJE EN ENTORNOS COMBINADOS

Inés Amaduro<sup>(1)</sup>, Susana M. Company<sup>(1)</sup>\* y Ana M. Jiménez<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Cátedra de Inglés, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [susana\\_company@yahoo.com.ar](mailto:susana_company@yahoo.com.ar)

### RESUMEN

*En el contexto de la enseñanza de lectocomprensión de textos técnico-científicos en Lengua Extranjera Inglés (LEI) en la universidad, la experiencia de virtualidad obligada durante el confinamiento por la pandemia de Covid 19 aceleró el desarrollo del paradigma de la educación combinada. El propósito de este trabajo es presentar una propuesta de secuencia didáctica que ejemplifica la aplicación de un modelo de educación combinada y la puesta en práctica de la metodología del aula invertida. La educación combinada se entiende como un modelo que integra momentos sincrónicos y asincrónicos, presenciales y virtuales, y que tiene el potencial de fortalecer las buenas prácticas de enseñanza y los procesos de aprendizaje. Este modelo permite aplicar la pedagogía del aula invertida y optimizar la calidad de los encuentros presenciales. Este tipo de clases incluye actividades previas a una lección, tareas de refuerzo entre clases, y actividades de consolidación que pueden llevarse a cabo colaborativamente en línea y de manera asíncrona. De este modo, no solo se refuerza el aprendizaje de la lectocomprensión en LEI, sino que se contribuye a la mejora de una variedad de competencias digitales de los estudiantes.*

### ABSTRACT

*In the context of teaching reading comprehension skills of technical-scientific texts in English as a Foreign Language (EFL) at university level, the forced virtual experience during the Covid-19 pandemic lockdown accelerated the development of the blended learning paradigm. The purpose of this article is to briefly present a didactic sequence that exemplifies the application of the blended learning model and the implementation of the flipped classroom methodology. Blended learning consists of a model that combines synchronous and asynchronous tasks, face-to-face and virtual moments, and has the potential to strengthen good teaching practices and learning processes. This model allows the application of the flipped classroom pedagogy and leads to in-person lessons enhancement. These lessons include activities prior to a class, reinforcement tasks between sessions, and consolidation activities that can be carried out collaboratively online and asynchronously. In this way, not only is the learning of reading comprehension in EFL reinforced, but also the improvement of the students' digital competences is fostered.*

### Palabras Clave

*Lectocomprensión en inglés – educación combinada – aula invertida – secuencia didáctica - Ingeniería*

### I. Introducción

La Cátedra de Inglés de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta cuenta con una trayectoria de más de veinte años en el diseño y dictado de cursos de lectocomprensión con modalidad a distancia. En estas dos décadas, hemos trabajado con diversos formatos que incluyen desde cartillas impresas con la didactización de temas lingüísticos y actividades de comprensión, materiales de autoestudio en formato CD, y cursos en la plataforma Moodle para ambos niveles de inglés: Inglés I e Inglés II (Requisitos Curriculares cuatrimestrales). Sin embargo, hasta el inicio de la pandemia de Covid-19 los alumnos optaban

por una u otra modalidad: curso presencial o curso a distancia. La enseñanza desde la virtualidad durante las distintas fases de confinamiento ha potenciado el desarrollo del paradigma de la educación combinada en nuestra Cátedra, como modelo para fortalecer el proceso de aprendizaje de los cursos presenciales.

El modelo de la educación combinada, definida como aquella que “combina los componentes de la educación presencial con un apropiado uso de la tecnología” (Sharma y Barrett, 2007, p.7), nos permite aplicar la pedagogía del aula invertida y optimizar la calidad de los encuentros presenciales. Si bien la pedagogía del aula invertida lleva algo más de una década desde sus albores con la propuesta de Jon Bergmann y Aaron Sams (2012), dos profesores estadounidenses de escuela secundaria, su implementación está aún en sus primeras etapas. Muchos de sus seguidores lo toman como un paradigma en el que se agrega valor al proceso de enseñanza ya que, al facilitar el acceso a los contenidos del curso y reforzar la práctica fuera del ámbito del aula, los estudiantes se benefician con una exposición adicional a los temas de estudio.

Si bien en la actualidad el modelo de educación combinada implica el desarrollo de materiales en plataformas educativas virtuales, anteriormente incluía diversos modos de distribución de material digitalizado (por ejemplo, en CDs) o, inclusive para algunos, como lo fue tradicionalmente, a través de manuales o cartillas impresas. Este modelo normalmente incluye actividades previas a una lección o clase, tareas de refuerzo entre clases, y actividades de consolidación que pueden llevarse a cabo colaborativamente en línea y de manera asincrónica.

En nuestro caso, al utilizar tecnología aplicada a la educación, no solo estamos reforzando el aprendizaje de la lectocomprensión en LEI, sino que contribuimos a la mejora de competencias digitales de nuestros estudiantes. Aún cuando la mayoría de nuestros alumnos son nativos digitales, no todos ellos tienen habilidades en el uso de plataformas y entornos virtuales de educación, en la elaboración de presentaciones (ya sea del tipo Power Point o Google Slides), o en la confección de infografías. La mayoría de ellos domina el uso de las redes sociales, pero no todos saben explotar los recursos informáticos con fines educativos. Además, en la universidad, algunos estudiantes pertenecientes a un grupo etario mayor tampoco tienen destrezas en el uso de las redes sociales.

Paralelamente a nuestro trabajo de Cátedra, las tres docentes integramos el equipo de investigación del Proyecto CIUNSa N° 2.777 “La lectocomprensión de textos académico-científicos en lengua extranjera inglés en entornos combinados: un estudio exploratorio para el desarrollo de las competencias digitales en la universidad”, en el que también tenemos como foco el estudio de la enseñanza de la lecto-comprensión en entornos combinados. Con el propósito de conjugar investigación con experiencias áulicas concretas, este trabajo presenta una propuesta didáctica derivada de las líneas investigativas del mencionado proyecto.

## **II. Materiales y Métodos**

Se trabaja con la plataforma educativa Moodle, donde los estudiantes tienen un aula abierta para el Requisito Curricular Inglés. Se selecciona un Índice de un libro de texto en inglés afín a las áreas básicas de los estudiantes meta. Esta selección se hace en base a la problemática lingüística propia del Índice. En este caso, el criterio de selección responde al estudio específico de la frase nominal. Es por eso que evitamos índices cuyos contenidos estén enunciados a través de preguntas u oraciones breves. Además, los alumnos trabajan con diccionarios bilingües impresos y/o electrónicos (tanto descargados de aplicaciones para uso sin conexión a red, o diccionarios en línea).

Se sigue el principio de la investigación exploratoria, cuyo objetivo principal es familiarizarnos con un tópico relevante y con amplio campo de indagación—en este caso, la alfabetización digital para la lectocomprensión de textos académico-científicos en inglés en la universidad.

Para medir el nivel de aceptación de la incorporación de un modelo de educación combinada, al inicio del primer cuatrimestre del corriente año, se realizó una encuesta indagatoria para obtener resultados orientadores, cuyos datos relevados se incluyen en la Sección Resultados y Discusión.

A continuación, presentamos una propuesta de secuencia didáctica que ejemplifica la aplicación de un modelo de educación combinada y la puesta en práctica de la metodología del aula invertida. Por otra parte, el diseño se basa en el modelo TPACK (por sus siglas en inglés: Technological Pedagogical Content Knowledge/ Conocimiento Técnico Pedagógico del Contenido), el cual toma en cuenta los tres saberes necesarios para integrar la tecnología en la enseñanza: el conocimiento del contenido (el qué enseñar); el conocimiento pedagógico (el cómo enseñar); y herramientas tecnológicas aplicadas a la enseñanza (Mishra y Koehler, 2006). Esta propuesta consta de tres fases:

### **a. Antes de la clase presencial: trabajo asincrónico**

El material que se verá en la clase presencial es compartido con los estudiantes en la plataforma educativa Moodle. El tema de la clase que se ilustra como ejemplo en este artículo es la Frase nominal.

Específicamente, se emplea el Índice del texto: *Sears and Zemansky's University Physics: With Modern Physics* (H. D. Young, R. A. Freedman, A. L. Ford, & F. W. Sears, 2020). Se incluyen dos índices—el Índice resumido y el Índice detallado. Se asignan tareas de prelectura del Índice resumido para que los estudiantes hagan la aproximación inicial al texto, y lleven a la clase presencial sus primeros conocimientos sobre uno de los índices de trabajo. Los alumnos deberán realizar una serie de actividades de aproximación a la lectura: observar el texto, inferir las características de un índice, comentar dónde encuentran textos similares y cuál es su función. A continuación, tienen que prestar atención a elementos de la tipografía: tipos de letras, el uso de los colores, la presencia de números, etc. Luego, analizan los títulos y subtítulos de los capítulos del Índice e identifican palabras conocidas, palabras transparentes y palabras específicas de su área para completar un cuadro.

#### ***b. Clase presencial***

**1. Actividades de apertura.** El momento de apertura busca incluir actividades colaborativas que introduzcan desafíos y favorezcan la motivación de los estudiantes (Correa y Rodríguez, 2013). Se hace la puesta en común de las tareas de prelectura y se procede al desarrollo del tema lingüístico-discursivo. Se explican los pasos a seguir para interpretar la frase nominal, y poder hacer su transcripción al español con ejemplos extraídos de ambos Índices (el resumido y el detallado). Luego de que el docente modeliza la interpretación de frases nominales con premodificadores, con determinantes y con posmodificadores, los alumnos trabajan en pareja para aplicar lo aprendido a nuevos ejemplos.

**2. Actividades de lectura y relectura.** Trabajando en pares o grupos reducidos, los estudiantes responden preguntas de comprensión. Por ejemplo, los alumnos deberán observar cuántas secciones tiene el libro, cuántos capítulos tiene la primera sección, y localizar información específica en capítulos y páginas del libro.

**3. Actividad de cierre.** Se repasan los tipos de frases nominales abordadas en la clase (frases nominales con premodificadores, con determinantes y con posmodificadores), prestando atención a ejemplos que presenten desafíos.

#### ***c- Después de la clase presencial: trabajo asincrónico de práctica y revisión.***

**1. Cuestionario en Moodle.** Los alumnos trabajan con un Índice proporcionado por las docentes a través de un Cuestionario en Moodle que presenta preguntas de tipo Verdadero/Falso, opción múltiple y respuestas cortas.

**2. Selección de un Índice.** Los alumnos seleccionan el Índice de libros disponibles en línea, cuyos enlaces proporcionan las docentes. Los estudiantes deben hacer captura de pantalla de un segmento del Índice elegido, y transcribir al español 5 temas de los que trata un capítulo; y compartir su trabajo en la plataforma.

### **III. Resultados y Discusión**

El diseño y la planificación de clases de modalidad combinada en las que se aplica la metodología del aula invertida plantea nuevos desafíos para el rol del profesor universitario. El desarrollo de las actividades de los momentos sincrónicos y asincrónicos conlleva la constante actualización docente con las herramientas tecnológicas disponibles, cuyo uso, a su vez, debe ser fomentado entre los estudiantes. El paradigma tradicional del docente al frente de una clase presencial cambia, y requiere de un facultativo con un doble rol: el de diseñador de tareas en una plataforma educativa, y el de facilitador dentro del aula en los encuentros presenciales.

En cuanto a los datos relevados de la encuesta inicial para indagar si los estudiantes están preparados para este nuevo paradigma educativo de educación combinada, hemos obtenido los siguientes resultados. Brevemente, todos los encuestados manifestaron tener tiempo para dedicar a la lectura de materiales en inglés fuera del horario de las clases presenciales. Si bien no todos tienen datos móviles en sus dispositivos, y nuestra Facultad aún no cuenta con wi-fi libre, todos los alumnos expresaron tener acceso a Internet desde sus hogares. Algunos tomaron favorablemente esta propuesta como una manera de reforzar su práctica en la lectura de textos en la lengua extranjera, lejos de considerarlo una exigencia adicional. Finalmente, expresaron que no trabajan de este modo en otras asignaturas.

Estos datos recogidos nos permiten prever que la inclusión de propuestas didácticas como la descrita en este artículo tendrá resultados favorables, los cuales serán objeto de una nueva comunicación. Esta implementación se llevará a cabo en el segundo cuatrimestre del presente ciclo lectivo.

El mundo del siglo XXI, cada vez más globalizado y digitalizado, nos presenta el desafío de trabajar con textos multimodales y en entornos combinados para formar lectores críticos y eficientes al abordar textos disciplinares en inglés. La exploración del abordaje de textos de lectura y actividades de comprensión utilizando herramientas tecnológicas contribuirá al desarrollo de los cursos de lectocomprensión en inglés acorde a las demandas académicas y laborales actuales.

## **Conclusiones**

El mundo del siglo XXI, cada vez más globalizado y digitalizado, nos presenta el desafío de trabajar con textos multimodales y en entornos combinados para formar lectores críticos y eficientes al abordar textos disciplinares en inglés. La exploración del abordaje de textos de lectura y actividades de comprensión utilizando herramientas tecnológicas contribuirá al desarrollo de los cursos de lectocomprensión en inglés acorde a las demandas académicas y laborales actuales.

Consideramos que este modelo propuesto potencia la efectividad de los aprendizajes de la lectocomprensión en inglés ya que insta al alumno a una exposición más frecuente y de mayor cantidad de materiales escritos en la lengua meta. Además, teniendo en cuenta los resultados preliminares de la encuesta mencionada, se puede estimar que una propuesta pedagógica de modalidad combinada tendría una buena recepción por parte de los estudiantes. Por lo tanto, nuestro plan de Cátedra a futuro será continuar con el diseño de materiales que permitan aplicar la metodología del aula invertida en entornos combinados de aprendizaje. Este trabajo sería, entonces, una primera aproximación a la adecuación genuina de nuestro quehacer didáctico con los soportes y dispositivos digitales disponibles, y al desarrollo de estrategias que incluyan el uso de tecnologías aplicadas a la educación. De esta manera, esperamos contribuir a la mejora de la comprensión lectora y la competencia digital de nuestros estudiantes, respondiendo a las demandas y desafíos de una sociedad informatizada.

## **REFERENCIAS**

1. J. Bergmann and A. Sams, “Flip Your Classroom”; 2012, ISTE
2. G. Correa y M. Rodríguez, “Clase Nro. 4: Actividades en la clase de LE. Enseñar con TIC Lenguas Extranjeras II”; Especialización docente de nivel superior en educación y TIC, 2013, Ministerio de Educación de la Nación.
3. P. Mishra and M.J. Koehler, “Technological Pedagogical Content Knowledge: A new framework for teacher knowledge”; Teachers College Record, 2006, 108(6), p.1017-1054.
4. P. Sharma and B. Barrett, “Blended Learning: Using technology in and beyond the language classroom”; 2007, Macmillan.

## SIMULACIÓN DE PROCESOS BATCH CON ASPEN PLUS

E. L. Ale Ruiz<sup>(1)\*</sup>, A. Riveros Zapata<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Consejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería, INBEMI, Consejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [laleruiz@ing.unsa.edu.ar](mailto:laleruiz@ing.unsa.edu.ar)

### RESUMEN

Los simuladores comerciales, en su mayoría, reproducen sistemas continuos, tanto en estado estacionario, y/o en estado dinámico, en este último, se pueden ver las fluctuaciones de las variables en función del tiempo. El simulador Aspen Plus tiene la posibilidad de simular procesos discontinuos (por lotes o batch) y/o semicontinuos dentro de una simulación en estado estacionario, utilizando para ello el bloque denominado BatchProcess.

La unidad BatchProcess permite modelar un diagrama de flujo de proceso por lotes o semicontinuo y por lo tanto modelar el comportamiento dependiente del tiempo dentro de un diagrama de flujo en estado estacionario.

Si el modelo es por lotes, todo el diagrama de flujo se puede declarar como Batch o se puede declarar el diagrama de flujo principal como Lote continuo y colocar los diagramas de flujo por lotes en el diagrama de flujo principal mediante la operación Unit Procedures por lotes.

En el presente trabajo se presentan los fundamentos de los Unit Procedures, el procedimiento para especificar los gráficos de bandas (Strip Chart) y las diferentes opciones disponibles para operaciones por lotes durante una simulación, además de mostrar los resultados del modelo de forma dinámica a medida que se ejecuta la simulación.

Específicamente se presenta la simulación de un diagrama de flujo principal configurado en continuo y dos bloques BatchProcess. La simulación comienza con un proceso por lotes en el que el fenol reacciona con soda cáustica para formar una suspensión de fenóxido de sodio. La suspensión de fenóxido de sodio se envía a un proceso continuo y reacciona con dióxido de carbono en un reactor de lecho fluidizado para formar salicilato de sodio. El fenóxido de sodio remanente se convierte completamente en salicilato de sodio en un proceso por lotes final.

El objetivo del trabajo es comparar distintas Unit Procedures en los procesos batch., para analizar el comportamiento del sistema.

### ABSTRACT

Most commercial simulators reproduce continuous systems, both in stationary state as well as dynamic state. In the last one we can see how the variables fluctuate with time. The Aspen Plus simulator can simulate discontinuous (by batches) and/or semicontinuous processes within a simulation in stationary state, using the BatchProcess unit operation.

With the BatchProcess unit it's possible to model a batch or semicontinuous process flowsheet and, therefore, model the process' time dependent behavior within a stationary flowsheet.

If the scope of the model is batch, the entire flowsheet can be declared as Batch, or the main flowsheet can be declared as Continuous, and place batch flowsheets in the main flowsheet by using the Unit Procedures batch operation.

*This paper presents the Unit Procedures fundamentals, the procedure to specify strip charts and the different available options for batch operations during a simulation, as well as shows the results of the model based in time while the simulated is being carried on.*

*In the model, there's the main flowsheet set to continuous and two BatchProcess blocks. The simulation starts with a batch process where phenol reacts with caustic soda to form a sodium phenoxide slurry. The sodium phenoxide slurry is sent to a continuous process and reacts with carbon dioxide in a fluid bed reactor to form sodium salicylate. The remaining sodium phenoxide is fully converted to sodium salicylate in a final batch process.*

*The objective of the work is to analyze different Unit Procedures in batch processes, to analyze the behavior of the system.*

**Palabras Clave:** *Proceso Batch, Aspen Plus, Simulación*

## Introducción

Los procesos batch o semibatch, según la definición del estándar ISA-S88 (1995), son aquellos procesos que conducen a la producción de cantidades finitas de producto a partir de una cantidad de materiales de entrada (reactivos). Los reactivos son transformados por un conjunto de operaciones en un período de tiempo finito utilizando para ello una o más operaciones. La diferencia entre proceso batch o semibatch está en función de si se mantiene a lo largo del lote, la entrada de reactivos. En el caso del semibatch hay alimentación de reactivos durante el lote y en el batch, no.

El simulador Aspen Plus a partir de la versión 10 dispone de una nueva operación unitaria llamada BatchOp, que puede ser usada para modelar reactores y cristalizadores operando por lotes o en forma semi continua (Aspen Technology, 2018). El nuevo bloque llamado BatchProcess, es un sub-flowsheet que puede incluir múltiples operaciones unitarias y puede ser usado en un proceso integrado, es decir un proceso batch y uno continuo.

Muchos bloques de proceso se pueden usar dentro del ambiente batch, incluyendo mezcladores y separadores, intercambiadores de calor, reactores tales como RStoic y RGibbs, bombas, compresores, válvulas, operaciones con sólidos y manipuladores.

Utilizando estas herramientas se realizó la simulación de la obtención de salicilato de sodio, para estudiar la influencia de algunas variables al sistema, utilizando para ello Aspen plus V 12.

## Materiales y Métodos

Se simula la producción de salicilato de sodio a partir de fenol, utilizando para ello soda caustica y dióxido de carbono, para ello se usa el bloque BatchProcess en un diagrama de flujo de proceso continuo para crear un proceso por lotes continuo.

En el diagrama de flujo principal configurado en continuo, hay dos bloques BatchProcess. La simulación comienza con un proceso por lotes en el que el fenol reacciona con la soda cáustica para formar una suspensión de fenóxido de sodio (PHONa). La suspensión de fenóxido de sodio se envía a un proceso continuo, donde reacciona con dióxido de carbono en un reactor de lecho fluidizado para formar salicilato de sodio. El proceso continuo contiene las siguientes operaciones unitarias; reactor (RSTOIC), en el que se produce la solidificación del PHONa, un secador, ciclones y un reactor de lecho fluidizado. El fenóxido de sodio restante se convierte completamente en salicilato de sodio en un proceso por lotes final. El diagrama respectivo se muestra en la Figura 1.

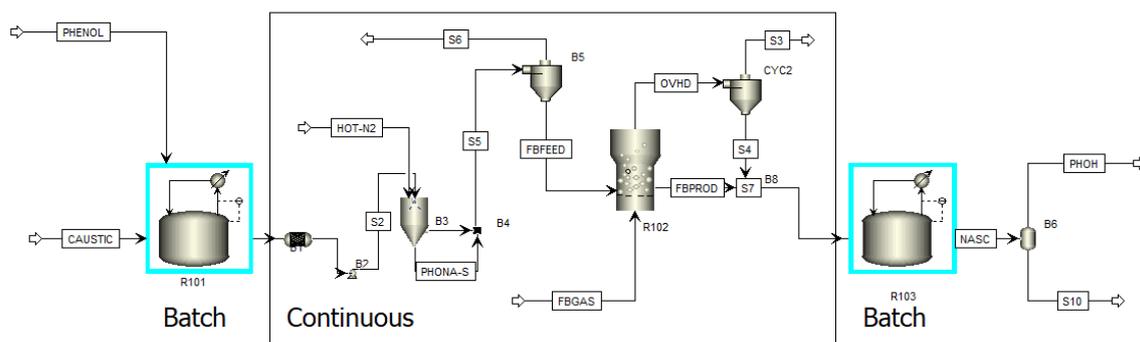


Figura 1. Diagrama de flujo principal

Para la simulación, se cargan 4 reacciones químicas, la primera en el ambiente de Properties y las 3 restantes en el ambiente de simulación:

- Reacción 1: en la etapa continua, formación de PHONa sólido (CIPSD), ocurre en el RSTOIC.
- Reacción 2: en el primer Batch: fenol + soda caustica → PHONa + H<sub>2</sub>O
- Reacción 3: en la etapa continua: PHONa + CO<sub>2</sub> → Salicilato de sodio. Ocurre en el reactor de lecho fluidizado.
- Reacción 4: en el segundo Batch: PHONa + CO<sub>2</sub> → Salicilato de sodio

La reacción de producción de PHONa (en el primer Batch) sigue una cinética tipo Arrhenius, mientras que las siguientes reacciones de producción de salicilato de sodio siguen una cinética “Custom” o personalizada. Las reacciones Custom siguen las mismas reglas que las reacciones de ley de potencia, excepto por el factor multiplicativo adicional en la velocidad de reacción: Velocidad de reacción = Ley exponencial × término Custom, como se observa en la Figura 2.

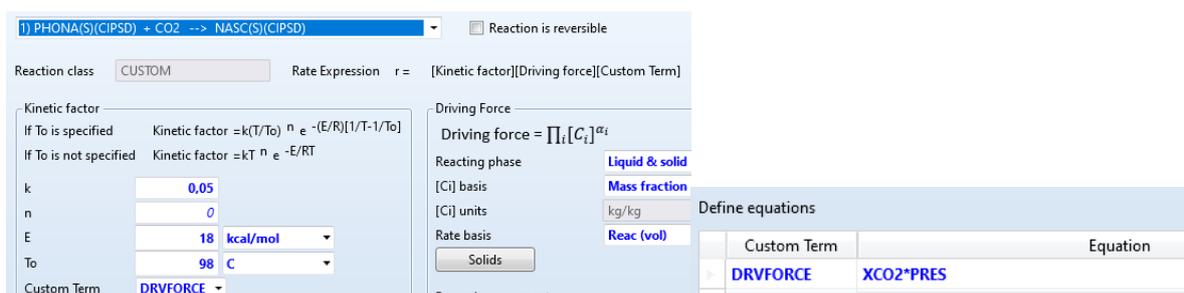


Figura 2. Ejemplo de cinética tipo Custom

La unidad BatchOp puede tener como máximo dos entradas materiales, tres salidas materiales y una salida de corriente energética. De las dos entradas una es para alimentación continua (opcional) y otra para carga (discontinua). Las corrientes de salida pueden ser líquidas, sólidas o gaseosas.

Las BatchOp son un subflowsheet que puede incluir múltiples operaciones unitarias, en la Figura 3, se pueden observar los dos procesos batch simulados, el primero incluye un reactor, mientras que al segundo lo constituye una serie de operaciones unitarias (reactor, calentador y separador).

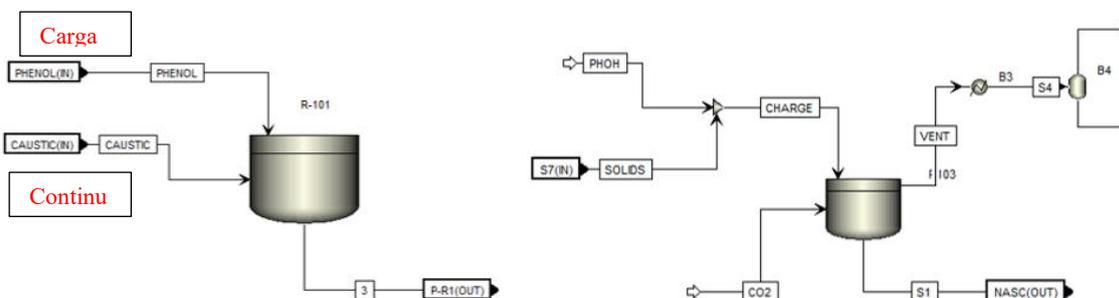


Figura 3. Operaciones Batch de la simulación

Dentro de cada BatchOp se incluyen las llamadas Unit Procedures, en las que se programan las secuencias de carga, reacción, parada y descarga.

Una vez realizada la simulación, antes de correrla, se programan los Script Chart, que son gráficos de las variables seleccionadas (de las partes discontinuas) en función del tiempo.

## Resultados y discusión

Las variables seleccionadas para seguir su variación con el tiempo en el primer Batch son: la carga de soda caustica, la variación del consumo de fenol y la producción de fenóxido de sodio.

Mediante la Unit procedure Recipe (Figura 4a), se varía la alimentación de soda caustica hasta llegar a un máximo de consumo de fenol, este valor es de 500 kg y la reacción tiene una duración de 0,5 horas. Con este resultado se confecciona la Unit Procedure llamada Revamp (Figura 4b) donde se alimentan 1000 kg/h de soda caustica cada media hora utilizando un criterio de parada de una hora o el consumo del 99% de fenol, de esta forma se logra el mayor consumo de las materias primas.

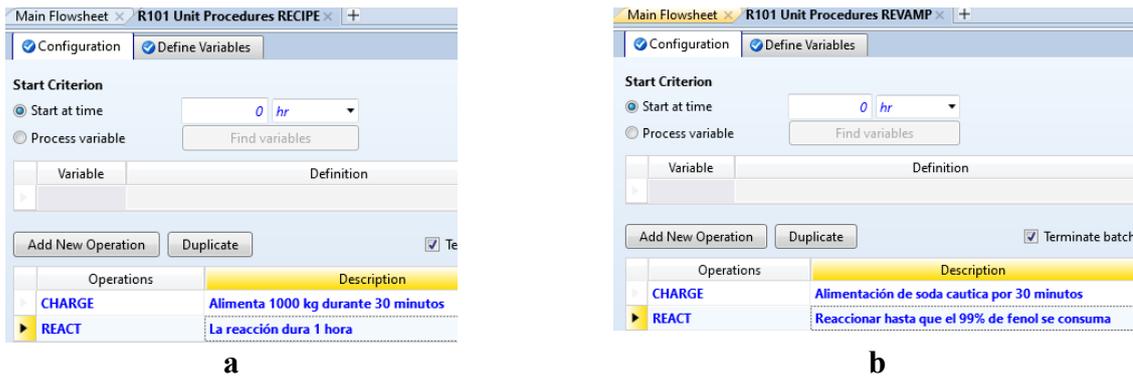


Figura 4. Unit Procedures a) Recipe, b) Revamp

Para alimentaciones superiores a 3000 kg de soda caustica, si bien el fenol se consume completamente, el reactor a lecho fluidizado no converge.

Para el gráfico del segundo Batch, se examina la temperatura del reactor, alimentación de CO<sub>2</sub>, fenóxido de sodio reactante y salicilato de sodio producto.

En la Figura 5 se observa que para cambios en el primer Batch, no se observan cambios en el segundo Batch. La simulación arroja resultados esperados, salvo para el caso no convergencia, el fenol que es reactivo se consume, a la vez que se produce el PHONA (primer Batch) y en el segundo Batch el PHONA se consume junto con el CO<sub>2</sub>, una vez que se llega a la temperatura de reacción (210 °C), produciéndose el Salicilato de sodio (ScNa).

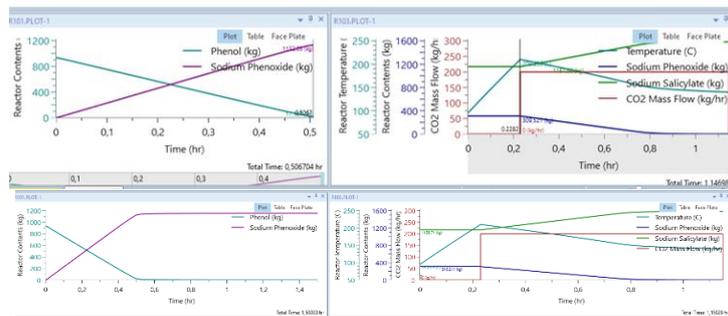


Figura 5. Resultados de la simulación

Los valores de la simulación se observan en la Tabla 1.

1° Batch (0,5 h)		Continuo			2° Batch (1h)		
Fenol	S. caustica	PHONa	CO <sub>2</sub>	Sc. Na	PHONa	CO <sub>2</sub>	Sc. Na
935 kg	500kg	1154 kg/h	7000 kg/h	1130 kg/h	333 kg	250 kg	1586 kg

Tabla 1. Resultado de la simulación

## Conclusiones

La simulación de los procesos Batch o semicontinuos en Aspen Plus es sumamente útil sobre todo en la industria farmacéutica o de química fina, ya que se trabaja generalmente con bajas cantidades de reactivos y los procesos en general son discontinuos.

Si bien la programación de las Unit Procedures (UP) puede ser complicada, son muy útiles y se pueden probar varias de las UP para encontrar la óptima.

## Referencias

- Aspen Tech, "Top 10 Questions About Batch Process Improvement With Aspen Plus®"; (2018). Aspen Technology, Inc.
- Aspen Tech, "New Batch Flowsheet"; Article ID: 000049966 (2020). Aspen Technology, Inc
- Instrument Society of America. ANSI/ISA-88.01-1995, Batch Control, Part 1: Models and Terminology. Norma Técnica. 1995, Instrument Society of America, Triangle Park, North Carolina.
- Joiner, D. (2012). Kinetic Modeling of Batch Reaction Processes. East Carolina University, Department of Chemistry.
- Kirk, R.E.; Othmer, D.F. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 1992, John Wiley & Sons, USA.

## ESTUDIO DE CONOS DE ACEROS DE ALTO MANGANESO SOMETIDOS A DESGASTE POR IMPACTO

Edith Gareca<sup>(1)\*</sup>, Edmundo Tolabín<sup>(2)</sup>, Teresa Antequera<sup>(1)</sup> y Marcelo Janín<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Laboratorio de Materiales, Facultad de Ingeniería, UNJU, Jujuy, Argentina.

<sup>(2)</sup>Investigador independiente, Empresa Tolabín Consulting, Jujuy, Argentina.

<sup>(3)</sup> Facultad de Ingeniería, UNJU, Jujuy, Argentina

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [agareca.@fi.unju.edu.ar](mailto:agareca.@fi.unju.edu.ar)

### RESUMEN

*En la industria minera, el desgaste de piezas es una problemática que tiene gran importancia. Los daños del desgaste llevan constantemente al reemplazo de partes en la maquinaria, originando paradas de producción con serias implicancias financieras. Por otra parte, operar con piezas desgastadas provoca mayor consumo energético, por lo cual el aspecto ambiental también se ve involucrado. Resulta necesario entonces, realizar estudios relacionados al desgaste que permitan encontrar soluciones eficaces, tanto técnicas como económicas. Este trabajo trata del estudio de unos conos de trituración primaria, comparando la diferencia en el rendimiento que mostraron dos aceros al manganeso para alto desgaste, de similares características. Las actividades se llevaron a cabo aplicando un abordaje heurístico, el cual resulta adecuado para encarar un problema específico, mediante un proceso de investigación-acción, en forma conjunta con la empresa usuaria del producto. Los resultados obtenidos muestran que la durabilidad de las piezas está directamente relacionada con su proceso de elaboración y el tratamiento térmico realizado, logrando recomendaciones para la mejora de la performance de la pieza en estudio.*

*El trabajo es un ejemplo de que la búsqueda de soluciones en las que intervienen centros de investigación e industrias interesadas en aumentar su competencia, resulta un método de trabajo apropiado para prolongar la vida útil de los componentes mecánicos que sufren desgaste, contribuyendo así a mejorar la productividad, la seguridad industrial y la disminución de costos.*

### ABSTRACT

*In the mining industry, part wear is a very important problem. Damage from wear and tear constantly leads to the replacement of parts in machinery, causing production stoppages with serious financial implications. Furthermore, operating with wearing parts causes higher energy consumption, which also includes the environmental aspect. It is necessary therefore to conducting wear-related studies to find effective solutions, both technical and economic. This work deals with the study of some primary crushing cones, comparing the difference in performance shown by two manganese steels for high wear, with similar characteristics. The activities were carried out by applying a heuristic approach, which is suitable for dealing with a specific problem, through an action-research process in conjunction with the company using the product. The results obtained show that the durability of the pieces is directly related to their manufacturing process and the heat treatment carried out, achieving recommendations for improving the performance of the piece under study. The work is an example of how the search for solutions involving research centers and industries interested in increasing their competence, is an appropriate working method to prolong the useful life of mechanical components subjected to wear, contributing to improve productivity, industrial safety and cost reduction.*

**Palabras clave:** Desgaste, Conos de trituración, Aceros, Rendimiento

## INTRODUCCIÓN

El desgaste en piezas de maquinarias en plantas industriales es una problemática de gran importancia. Las operaciones de triturado, molienda o transporte de material, implican generalmente contacto con minerales de alta dureza o que contienen abrasivos duros, trayendo como consecuencia roturas y alto desgaste. Los daños ocasionados en un equipo llevan al recambio continuo de partes en la maquinaria, provocando tiempos prolongados de parada de la producción. A esta situación, se suma el hecho de que en diversas oportunidades la disponibilidad de las piezas de reemplazo no es inmediata, atrasando aún más el reinicio operativo. Por otra parte, el funcionamiento de equipos con partes desgastadas produce mayores consumos energéticos y problemas de contaminación. Desde la perspectiva de la ingeniería, la importancia del tema está en aumento, en función de las cargas impuestas a los componentes mecánicos, la disminución constante de las tolerancias permitidas en los procesos de fabricación y las crecientes restricciones en cuanto al cuidado del ambiente [1]. Por ello y siendo que el problema de impacto y desgaste afecta en forma directa a la competitividad de una planta productora, se hace necesario encontrar soluciones eficaces, tanto técnicas como económicas, que permitan aprovechar al máximo la vida útil de los equipos. Uno de los procesos que con mayor frecuencia presenta el problema de desgaste es el de triturado de materias primas provenientes de canteras, denominado trituración primaria, que implica la reducción del tamaño de partículas utilizando medios físicos. El mecanismo de desgaste presente en la trituración es el de impacto, que puede ser percusivo o erosivo. La percusión ocurre por impactos repetidos de cuerpos sólidos de mayor tamaño y la erosión puede ocurrir por chorros y flujos de partículas sólidas pequeñas, transportadas por un fluido, en general aire o agua [2].

Dadas las particulares y severas condiciones de servicio, la necesidad de contar con aceros resistentes al impacto y desgaste es una realidad que toma cada vez más fuerza en la industria. La tecnología de fabricación de estos aceros está basada en composiciones químicas estratégicas, donde cada aleante cumple una función específica y en tratamientos térmicos adecuados [3], que permiten las transformaciones a microestructuras como la Austenita, Bainita y/o Martensita. Estos aceros deben mostrar buena resistencia a la rotura frágil y dureza, que son propiedades opuestas. Debido a la complejidad del fenómeno del desgaste y de la diversidad de situaciones que se presentan, los nuevos desarrollos se concentran en obtener materiales con un mejor balance entre resistencia a la penetración y capacidad de deformación [4]. En ese contexto, este trabajo muestra el estudio realizado sobre un componente específico, en este caso conos de una trituradora, con el objeto de encontrar la causa por la cual han mostrado diferencias en su durabilidad, habiendo sido fabricados con aceros de alto manganeso de similares características.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las piezas de estudio se tratan de conos de una trituradora. Esta trituradora es un equipo que reduce el tamaño del material mediante su compresión entre una pieza de acero móvil (cono) que gira y una pieza de acero fija. Con una alimentación desde la parte superior, cuando el cono móvil se acerca a la pieza fija, las rocas son obligadas a pasar entre ambos y se muelen en pedazos. Cuando el cono se separa, los materiales triturados salen por la descarga. La pieza fija puede ascender o descender mediante el ajuste del ancho de descarga, determinando en consecuencia, el tamaño de salida del material. A fines ilustrativos, en la Figura 1, se puede apreciar el esquema de este equipo, y en la Figura 2, la fotografía de uno de los conos analizados. El estudio de estas piezas se realiza en razón de la diferencia en durabilidad mostrada por conos fabricados por dos proveedores distintos, uno local y el otro, extranjero (en adelante, Empresa A y Empresa B). Las piezas estaban fabricadas con acero de alto manganeso, similares según las especificaciones técnicas, por lo cual debían mostrar propiedades y comportamiento, aproximadamente, también similares. Sin embargo, los conos provistos por la Empresa A mostraron desgaste prematuro, con disminución de espesor y una duración en servicio de aproximadamente la mitad del tiempo que los de la Empresa B, dificultando la planificación de mantenimiento y obligando a paradas forzosas del proceso. Se encararon entonces, los estudios correspondientes con la participación de la empresa usuaria de la pieza, realizando un seguimiento de varios meses, a fin de determinar la causa de falla del componente y evitar su repetición. Tratándose de un problema particular y específico de desgaste, se planteó un abordaje del tipo heurístico, a través del cual se pudiera encontrar la causa y solución más viable, en un tiempo aceptable para la industria. El estudio se llevó a cabo en un importante número de estos conos. Sin embargo, se obtuvieron resultados similares en las piezas de cada proveedor, por lo cual se presentan en detalle, los estudios ejecutados para un cono provisto por la Empresa A (Cono 1) y otro, por la Empresa B (Cono2), siendo los mismos representativos de la situación general encontrada.

Los estudios realizados consistieron en el Análisis de la Composición Química mediante Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, equipo marca ARL 2000-SMS, Análisis Metalográfico, utilizando microscopio

óptico Metallux II a aumentos de 100 y 500 X. También se realizó ensayo de dureza con un microdurómetro marca Isotest, en escala Vickers. Para determinar la aptitud del tratamiento térmico de una de los conos, se realizó un hipertemple de disolución de carburos a una muestra 20 mm de espesor extraída de esta pieza, con calentamiento a 1050 °C, tiempo de 30 minutos y enfriamiento en agua fría con agitación. El equipo usado para el tratamiento fue un un horno eléctrico INDEF modelo 660 DH c\PC, 11Amp, 76Kw y Temperatura máxima 1250°C. También se efectuó el control del magnetismo en ambas piezas, con el uso de imán común.

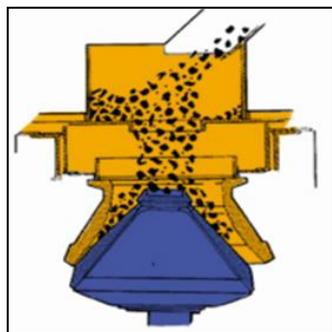


Figura 1. Esquema de la trituradora de conos  
Fuente: Dismet



Figura 2. Fotografía Cono 1

## Resultados

Los resultados del Análisis de Composición Química se muestran en la Tabla 1. Se puede observar que el Cono 1 posee mayor cantidad de manganeso y carbono y menor cantidad de cromo. En la última fila de la tabla se muestra la composición química establecida por la Norma ASTM A 128.

Tabla 1. Composición química

Elementos (% W)	C	Si	Mn	p	S	Cr	Ni	Mo	Al	V
Cono1	1.10	0,34	17	0.025	0,01	0,35	0,04	0,03	0,016	0,018
Cono 2	1.02	0,70	13,72	0,028	0,012	2,08	0,35	0,09	0,018	0,03
ASTM A128 Gr C	1.05-1.35	< 1	11.5-14	< 0.07		1.5-2.5				

Las Figuras 3 y 4 muestran la microestructura de los aceros del Cono 1 y Cono2. La estructura del primero es austenítica, con precipitados (carburos), dentro de grano y en cantidad muy reducida en borde de grano. En el caso del Cono 2, la estructura también es austenítica, pero en este caso se observa gran cantidad de carburos precipitados en borde grano y en el interior de los mismos.

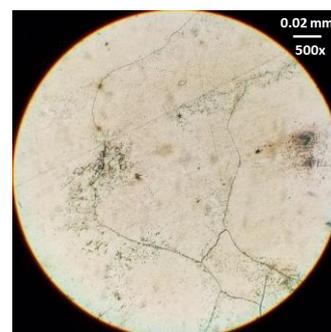
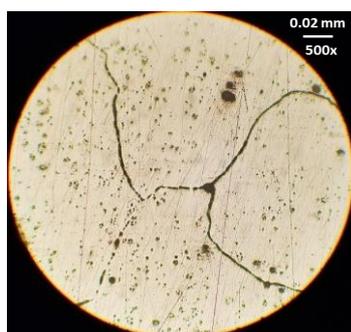


Figura 3. Microestructura Cono1    Figura 4. Microestructura del Cono2 (50X)    Figura 5. Acero con hipertemple

No obstante la matriz austenítica mostrada en las Figuras 3 y 4, se procedió también a controlar el magnetismo de las piezas. El resultado fue que en el caso del Cono 2 habían sectores que se mostraban magnéticos, principalmente en la zona central, no así en el Cono 1.

En cuanto a los ensayos de dureza, los valores obtenidos son de 241 HV para el Cono 1 y de 251 Hv para el Cono 2, lo que está acorde con las microestructuras encontradas.

En razón de la cantidad de precipitados que muestra el Cono 2, se extrajo una muestra de material para someterla a hipertemple. El resultado logrado fue un acero de calidad, ya que se pudo ver un gran cambio en cuanto al contenido de estas fases precipitadas, notablemente disminuido, como lo muestra la Figura 5.

## Discusión

Si bien, el acero del Cono 2 cumple con la norma ASTM A 128, actualmente se conoce por la práctica, que un mayor contenido de manganeso resulta favorable para mantener la fase austenítica y lograr así que efectivamente la transformación a martensita no sea obtenida por tratamiento térmico, sino por la energía mecánica puesta en juego en los impactos, de manera que la pieza se endurezca precisamente donde más trabaja. Por esto se ve como positivo el contenido mayor de manganeso en el Cono 1, aun cuando el valor supera el de norma. Por otra parte, estos aceros tienden a formar carburos de cromo en borde de grano, endureciendo el material, lo cual no es conveniente dado que fragiliza su comportamiento y provoca decohesión. Para evitar esto, se requiere un tratamiento de hipertemple adecuado. Este tratamiento se hace a temperaturas que disuelven estos carburos y luego se enfría rápidamente, para evitar su formación. De esta manera, se tiene un acero con las características adecuadas. En el caso del Cono 2, puede deducirse que el hipertemple no se ha realizado debidamente, por la gran cantidad de precipitados que se observan. Esto también es apoyado por los resultados obtenidos en el tratamiento dado a la muestra de este material en laboratorio, donde se han conseguido bajar considerablemente los precipitados de carburos. En el caso del Cono 2, la poca cantidad de carburos presentes, indica un tratamiento de disolución bien logrado. Por otro lado, que la zona central del Cono 1 muestre magnetismo implica que se han tenido transformaciones de fase no deseadas, ya que como se sabe la austenita es no magnética, dando aún más indicios de un hipertemple no aplicado a núcleo. Los valores de dureza están acorde a las microestructuras de cada pieza.

## Conclusiones

-En el estudio presentado puede verse que, a pesar de cumplir con los requisitos químicos de norma, el acero del Cono 2 presenta condiciones que comprometen su integridad. Se puede inferir que la causa en la diferencia de durabilidad, con respecto a la del Cono 1, responde fundamentalmente a un tratamiento térmico inadecuado, lo que implica un desgaste acelerado e incluso, tendencia a la fractura.

-Otro factor que complejiza el estado de la pieza es el magnetismo, que se debe a la presencia de microfases ferríticas, principalmente como consecuencia de la aplicación de tratamientos térmicos incompletos de hipertemple o incluso, por falta de dichos tratamientos térmicos.

-Los factores de falla de estas piezas industriales se producen durante el proceso de elaboración y son factibles de controlar, lo cual muestra la importancia de asistir técnicamente a las empresas locales, a fin de que éstas puedan ofrecer productos competitivos en su calidad, mejorando de esa manera la confiabilidad y durabilidad requeridas.

## REFERENCIAS

1. Calainho Lage J. A., Horta Antunes C., Lomônaco Gillet F. "Cavitação em turbinas hidráulicas do tipo Francis e Kaplan no Brasil". Memória Descritiva e Relatórios Técnicos. XV Seminario Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE), (1999) GGH/07, p. 1- 6.
2. Rabinowicz, E. "Friction and wear of materials" (1984), John Wiley and son. Inc, New York R.M.
3. Zum Gahr, K. H. (1987) "Microstructure and Wear of Materials". ELSEVIER, Amsterdam
4. Marín Vilar, C. "Aceros Especiales Antiabrasión- Una batalla contra el desgaste" Revista Metal Actual N° 13- Colombia, (2009), p. 20-28.

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**LIXIVIACION ACIDA DE DISTINTOS BORATOS A TEMPERATURA AMBIENTE**

**A. Riveros Z.<sup>(1)\*</sup>, L. Ale Ruiz<sup>(2)</sup>, N. Tolaba<sup>(1)</sup> y M. Bonini<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Instituto de Beneficio de Minerales, Facultad de Ingeniería, CIUNSa, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 54150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería, CIUNSa, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CCT Salta, CIUNSa, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico: [ariveros@ing.unsa.edu.ar](mailto:ariveros@ing.unsa.edu.ar)

**RESUMEN**

*La producción argentina de ácido bórico se desarrolla exclusivamente en las provincias de Salta y Jujuy; producción que, junto a boratos concentrados y refinados, representan las principales exportaciones mineras de la región, junto con sales de litio, plata y oro.*

*A la fecha son dos las materias primas de boro (ulexita e hidroboracita) que se emplean para el proceso hidrometalúrgico de producción, es decir para la lixiviación en caliente, empleando como lixivante al ácido sulfúrico. Dependiendo del tipo de mineral de boro empleado, la lixiviación en caliente procede entre 30 y 60 minutos, y trabajos previos indican que el tiempo necesario para la lixiviación a temperatura ambiente demanda 3 veces más tiempo que en caliente para granulometrías superiores. En el presente trabajo se presentan los resultados de ensayos realizados a partir de tres boratos distintos, determinando el efecto de la velocidad de agregado del ácido sulfúrico sobre el tiempo de formación del ácido bórico, manteniendo constante el tamaño de partícula y velocidad de agitación.*

*En las experiencias realizadas se empleó un borato cuyo tamaño de partícula es 100% menor a 2 mm, y la forma de agregado del ácido sulfúrico varió, desde un agregado continuo conforme evoluciona el pH del medio, a un agregado batch con el 90 % del ácido estequiométrico. Alcanzado el pH de 5, se procedió al filtrado de los insolubles, el resto de ácido sulfúrico se agrega a la solución filtrada hasta alcanzar el pH final de 3,5, que corresponde a la formación del ácido bórico. La solución filtrada fue enfriada hasta 5 °C, provocando la cristalización del ácido bórico. Finalmente se filtran los cristales y secan en estufa a 40°C.*

*Los resultados indican que el tiempo de formación de ácido bórico se encuentra entre 90 y 110 minutos, alcanzando rendimientos del orden del 80%.*

**ABSTRACT**

*Production of boric acid in Argentina is done exclusively in the provinces of Salta and Jujuy. This production, in conjunction with concentrated and refined borates, represent the main mining exports, along with those of lithium, silver, and gold.*

*As of today, there are two raw materials of boron (ulexite and hydroboracite) that are used in the hydrometallurgical process of the production, ie for hot leaching, using sulfuric acid as leaching. According to the type of boron mineral used, hot leaching takes between 30 and 60 minutes, and previous works indicate that the time necessary for leaching at room temperature demands 3 times more time than doing it hot for higher granulometries. In this paper, there are results for tests done with three different borates, establishing the effect of the speed at which sulfuric acid is added over the formation time of boric acid, maintaining a constant particle size and agitation speed.*

*In the tests performed, a borate of a size 100% smaller than 2 mm was used, and the way of adding sulfuric acid varied, from a continuous adding while the bulk's pH evolved, to an adding by batches with 90% of stoichiometric acid. When a pH of 5 was reached, a filtering of the insoluble was performed. The remaining of sulfuric acid is added to the filtered bulk until a pH of 3.5 is reached, which corresponds to the formation*

of boric acid. The filtered bulk was cooled to 5°C, causing the crystallization of boric acid. Finally, the crystals are filtered and dried in a stove at 40°C.

The results show that the formation time of boric acid is in between 90 and 110 minutes, reaching performances of the order of 80%.

**Palabras Claves:** Boratos, Acido Borico, Lixiviacion, Temperatura Baja

**Introducción:**

En la región NOA de Argentina, las provincias de Salta y Jujuy localizan los yacimientos así como las plantas de beneficio de los principales boratos producidos por empresas tanto locales, como extranjeras. Son cuatro los boratos producidos, a saber, ulexita, hidroboracita, colemanita y tincal, siendo los dos primeros las materias primas actualmente empleadas para producir ácido bórico.

El ácido bórico tiene diversos usos, entre los cuales la industria del vidrio y cerámica es una de las principales, lo es también la industria farmacéutica [1].

El método generalizado para la producción de ácido bórico corresponde a la lixiviación ácida en caliente de una pulpa mineral, constituida por aguas madres de reciclaje y mineral fresco, a temperaturas de 60 a 70°C, en tanque agitado. El ácido comúnmente empleado es el sulfúrico, el que es agregado hasta alcanzar un pH de 3,5, existiendo una variación del proceso, donde se agrega ácido sulfúrico hasta un pH de 5 (formación de pentaborato), luego se filtran los insolubles, y sobre la solución límpida se prosigue el agregado de ácido lixivante, hasta lograr un pH inferior a 3,5, todo esto se realiza manteniendo la temperatura entre 60°C y 70°C. Luego se obtiene el ácido bórico por cristalización al enfriar la solución (PLS) hasta temperatura cercana al ambiente, filtrados, secados y embolsados [1].

En el proyecto de investigación CIUNSa 2606, Riveros et al, estudiaron alternativas de producción de ácido bórico a bajas temperaturas, empleando colemanita, cuyas leyes variaron entre 30 y 40% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y rango granulométrico en un caso de 3/8 – ¼ plg, aplicando lixiviación en columna, cuyos rendimientos fueron inferiores al 35% para tamaño medio de partícula de 8 mm, rendimiento cercano al 60% para partículas de 4 mm, y del 80% para tamaños inferiores a 2 mm. Este último caso fue realizado en tanque agitado. En la figura 1 se presentan los diagramas de flujo correspondientes al método convencional y la alternativa a temperatura ambiente.

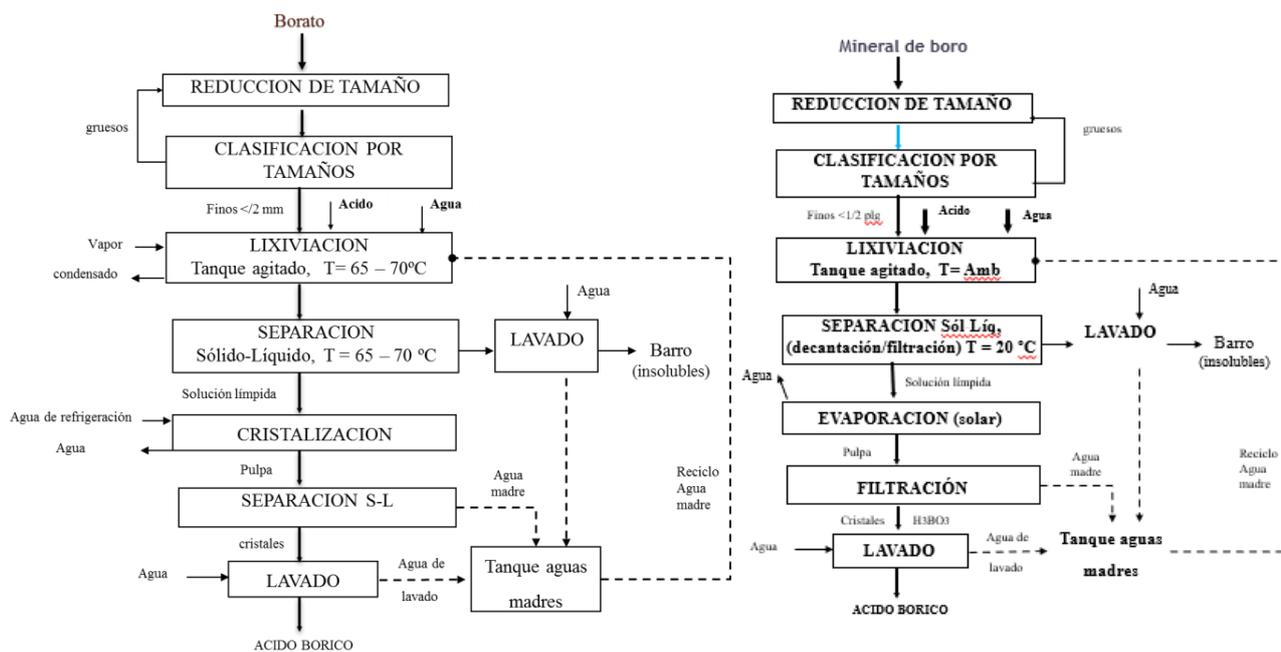


Fig 1.: Diagrama de flujo para la obtención de ácido bórico: a) en caliente, b) temperatura ambiente [2]

El método alternativo estudiado tiene por objetivo diseñar un proceso productivo más económico y amigable con el ambiente, al eliminar las etapas de calefacción para la etapa de lixiviación, filtración que consumen vapor, el que es producido por combustión de combustible fósil; para la etapa de cristalización se emplea agua de refrigeración, que demanda también energía adicional. EL método estudiado propuso una etapa reaccionante a temperatura ambiente, eliminando el requerimiento de vapor y para obtener el ácido bórico cristalizado eliminando agua por evaporación solar [2,3].

El presente trabajo estudia para la lixiviación de tres boratos distintos, en tanque agitado, a temperatura ambiente, cual es el efecto de la forma de agregado del ácido sulfúrico sobre el tiempo de reacción y también aplicar una etapa de subenfriamiento para cristalizar el ácido bórico.

### **Materiales y Métodos:**

Se emplearon boratos disponibles en la región, proporcionados por las empresas productoras de Salta, a saber, ulexita (borato de calcio y sodio), hidrobóracita (borato de calcio y magnesio) y colemanita (borato de sodio), leyes expresadas en % de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de 28 a 40%. El rango granulométrico corresponde a 100% pasante malla 10 (2 mm). El mineral en cada caso fue triturado en chancadora de mandíbulas, modelo Blake (set ¾ plg), trituradora cónica (set ¼ plg), y molino de rodillos (set 2mm), clasificado en zaranda vibrátil y finalmente en tamices ASTM.

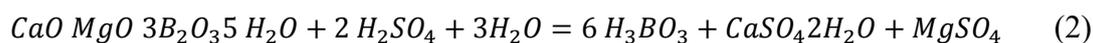
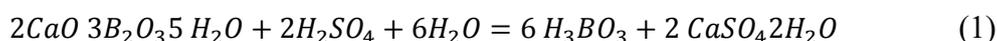
La pulpa mineral fue conformada con muestras de 200 gramos de mena (mineral y ganga) y agua (destilada) en cantidad suficiente para mantener el ácido bórico a producir disuelto completamente; el ácido sulfúrico concentrado (estequiométrico) es dosificado mediante bureta graduada. La agitación se logra mediante un agitador de 1/8 HP, con regulación de rpm. Se empleó floculante (poliacrilamida aniónica) en cantidad necesaria para la floculación del insoluble previo a la filtración. La filtración al vacío mediante bomba de vacío y también se empleó eyector.

Para la cristalización se empleó un chiller, que logra temperaturas de hasta -5°C, equipo que trabajo refrigerando el sistema a 5°C, mediante un serpentín sumergido en el reactor de lixiviación.

La pulpa mineral (borato + agua), agitada mecánicamente en un reactor de 3 L, es dosificada con ácido sulfúrico © mediante bureta, en un caso por goteo continuo y otro por agregado en batch, con un lote inicial con el 90% del requerimiento ácido estequiométrico y el restante 10% al finalizar el ensayo.

Una vez alcanzado el pH 5, se detiene el agregado del ácido, se filtra al vacío, separando los insolubles (yeso y ganga) que son secados en estufa para luego determinar analíticamente el residual de mineral que no ha reaccionado. La solución de filtración que contiene el pentaborato formado y disuelto completamente en el agua, se vuelve al reactor y prosigue el agregado de ácido hasta alcanzar el pH 3 a 3,5, que asegura la formación del ácido bórico.

Las reacciones de formación de ácido bórico correspondiente a cada mineral empleado se presentan a continuación.



La reacción (1) corresponde a la colemanita, que genera como subproducto al yeso, la (2) a la hidrobóracita, produciendo además del yeso al sulfato de magnesio y la (3) a la ulexita que produce yeso y sulfato de sodio.

La ganga (arcillosa) inerte al ataque químico, es separado del pentaborato producido por filtración al vacío, a temperatura ambiente, previo agregado de entre 2 y 3,5 mL de solución al 0,5% de floculante

aniónico (glensol FA125). El barro (ácido) es llevado a estufa (40°C) durante 24 a 48 hs. La muestra seca de barro es cuarteada, molida en molino de anillos, y analizada por ensayo volumétrico, para determinar el contenido de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que no ha reaccionado en el ataque químico.

La determinación del rendimiento del proceso se realizó por análisis químico del contenido de B<sub>2</sub>O del residuo sólido final, comparado con el contenido de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> del mineral crudo. Además durante el curso de la reacción se tomaron muestras líquidas a distintos tiempos para determinar el B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contenido en cada muestra, lo que indica la transformación del mineral en pentaborato y finalmente en ácido bórico. La titulación emplea como titulante a NaOH 0,3N, manitol, paranitrofenol y felnolftaleina al 1% [1].

## Resultados y Conclusiones

Los estudios realizados, indican que el agregado de ácido sulfúrico ya sea por lento goteo o en forma batch, no influyen significativamente sobre el tiempo de reacción, el que ronda los 120 a 150 minutos. La filtración a pH 5, que corresponde a la formación de pentaborato, acelera el tiempo de reacción en un 35% sobre el tiempo que corresponde a la filtración del sistema a pH final (3,5), que es en promedio 210 minutos.

La figura 2, presenta los resultados obtenidos en los ensayos realizados, tanto los de columna de lixiviación, como los de tanque agitado

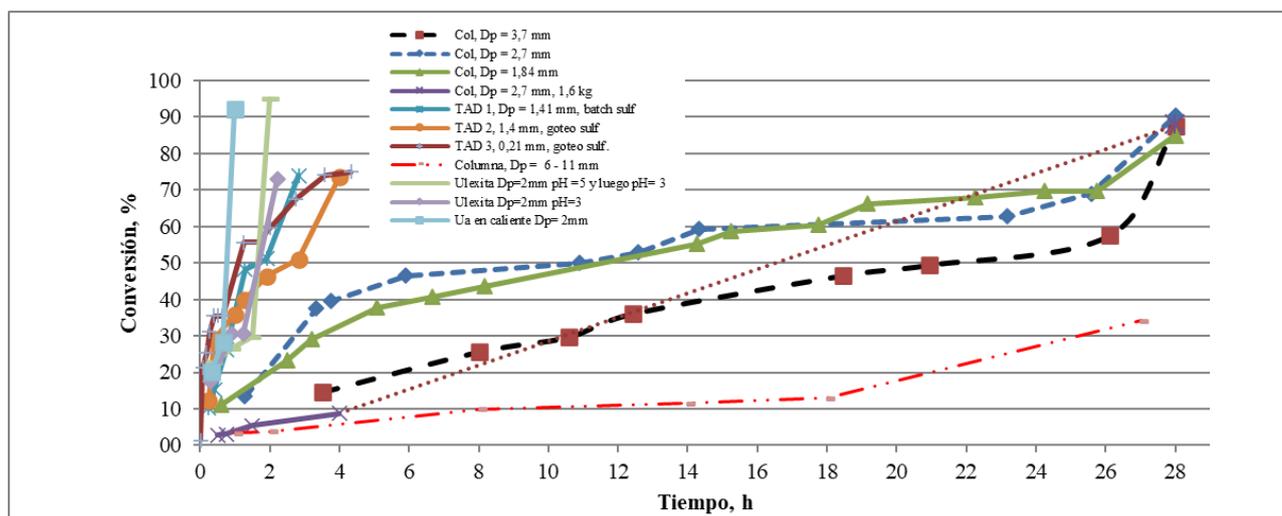


Fig. 2. Gráfica de Conversión vs. Tiempo requerido para la producción de ácido bórico.

Se concluye que el método aplicado, pese a consumir mas agua que el método convencional, requiere menos energía neta.

Se recomienda el trabajo con mineral inferior a 2 mm como tamaño de partícula, sin necesidad de eliminar ultrafinos.

Los tiempos de reacción comparados con el método en caliente (promedio 45 minutos) son 2,5 veces superiores, pero sustancialmente inferiores al método en columna (26 hs).

## REFERENCIAS

1. Flores, H., El Beneficio de los Boratos. Crisol Ediciones. (2004). Salta - Argentina.
2. Riveros A., Ale Ruiz, L., Lezama, J., Mendioroz, T. Lixiviación de colemanita a bajas temperaturas, XIV JATRAMI. (2018). Catamarca, Argentina.
3. Riveros A., Flores, H., Kwok, L. Obtención de ácido bórico mediante lixiviación con Hidroboracita, XIII JATRAMI. (2016). Mendoza, Argentina.

## BÚSQUEDA RACIONAL DEL ESTADO DE TRANSICIÓN EN UNA TRANSFERENCIA DE GRUPO ACETILO CATALIZADA POR ZEOLITA H-ZSM-5

Rodolfo A. Medina <sup>(1)</sup> y Pablo F. Corregidor <sup>(2)\*</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Consejo de Investigaciones de la UNSa (CIUNSa), Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup>Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Consejo de Investigaciones de la UNSa (CIUNSa), Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI), Centro Científico Tecnológico Salta-Jujuy, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\* [pcorregidor@unsa.edu.ar](mailto:pcorregidor@unsa.edu.ar)

### RESUMEN

Empleando métodos de la química computacional, se encontró el estado de transición para la transferencia de grupo acetilo, utilizando ácido acético como prototipo de agente acilante en una reacción catalizada por zeolita H-ZSM-5. A partir de este se elucidó el mecanismo de reacción mediante el cual se genera un intermedio del tipo zeolita acetilada y se pudieron calcular parámetros cinéticos y termodinámicos asociados al proceso.

### ABSTRACT

Using computational chemistry methods, the structure of a transition state was found for the acetyl transfer reaction using acetic acid as a prototype of acylating agent in a reaction catalyzed by H-ZSM-5 zeolite. The reaction mechanism for the generation of an acyl-zeolite intermediate type was elucidated from the as found transition state and kinetics and thermodynamic parameters were calculated.

*Palabras Claves:* zeolita, DFT, ácido acético, acilación, catálisis.

### Introducción

Las zeolitas son catalizadores ampliamente utilizados en la industria química. Dentro de ellos, la zeolita ZSM-5 es un catalizador heterogéneo que se emplea en muchos procesos que requieren de una catálisis ácida, principalmente en la industria petroquímica. Se caracteriza por presentar sitios ácidos de Brønsted y de Lewis en donde se realizan transformaciones de diversas moléculas orgánicas. Dentro de estas transformaciones se encuentran las reacciones de transferencia de grupos acilos. Estas reacciones se encuentran entre las más importantes de la química orgánica y la bioquímica. Dada su importancia en diferentes procesos, estas han sido ampliamente estudiadas tanto en solución como en fase gaseosa. Resultados experimentales demostraron que las reacciones de transferencia de grupos acilos catalizadas por zeolitas proceden a través de un mecanismo que incluye intermediarios del tipo zeolita acetilada. Estudios teóricos posteriores [1], empleando modelos de clústers pequeños de zeolita, sugirieron que la reacción podía transcurrir a través de un mecanismo concertado. Una comprensión detallada del mecanismo para la transferencia de un grupo acilo en general y de cómo influyen de manera específica los catalizadores en estas reacciones, son algunas de las estrategias que se implementan en la actualidad para el diseño racional de catalizadores, guiado por métodos teóricos. En ese contexto, estos métodos se pueden aprovechar de diversas maneras, para la optimización de estructuras y la caracterización de reactivos, productos e intermediarios de reacción, hasta para obtener una caracterización completa de las superficies de energía potencial.

Por otro lado, a partir de resultados experimentales, se ha propuesto que las reacciones de transferencia de grupos acilos catalizadas por zeolitas acontecen mediante la generación de un intermediario tipo zeolita acilada. Es decir, que la superficie acilada del catalizador es la que actúa como especie reactiva cediendo el grupo acilo a otro compuesto.

En ese sentido, en la presente contribución nos proponemos encontrar el posible estado de transición (ET) para una reacción de transferencia de grupo acetilo empleando métodos de la química computacional, partiendo de un agente acilante clásico, el ácido acético, catalizando la reacción por una zeolita ácida del tipo H-ZSM-5.

## Materiales y Métodos

Se empleó un clúster de zeolita ZSM-5 obtenido a partir de datos cristalográficos [2], formado por 72 unidades tetraédricas (en adelante, clúster-72T con 71 átomos de Si y un solo Al). Las optimizaciones de geometrías se realizaron a nivel DFT, utilizando la metodología ONIOM implementada en el paquete computacional Gaussian 16, disponible en el portal SEAGrid [3], con el set de bases 6-31G(d,p) y el funcional  $\omega$ B97XD para la capa alta, mientras que el método semiempírico AM1 se implementó para los cálculos de capa baja (esto se denota como  $\omega$ B97XD/6-31G(d,p):AM1). Una metodología similar ha sido previamente reportada para el estudio teórico de la interacción entre moléculas orgánicas y catalizadores de zeolitas [4]. En todos los casos, se comprobó que las geometrías encontradas se correspondan con mínimos (o máximos) locales en la hipersuperficie de energía potencial, mediante inspección de los autovalores de la matriz hessiana, corroborando la ausencia de frecuencias imaginarias (o único autovalor negativo para la geometría del estado de transición). Se modelaron cada una de las etapas que se presentan en la Fig. 1. Para la búsqueda del estado de transición se empleó el algoritmo TS Beryny.

Posteriormente, partiendo de la geometría de ET, se realizaron cálculos de coordenada intrínseca de reacción (IRC), empleando el método semiempírico AM1, metodología que ha sido validada en estudios previos [1].

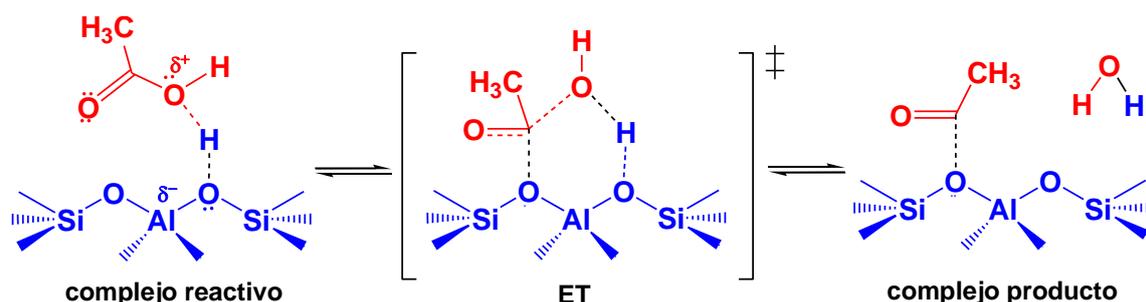


Figura 1. Pasos estudiados en la acilación de ácido acético catalizada por zeolita H-ZSM-5.

## Resultados

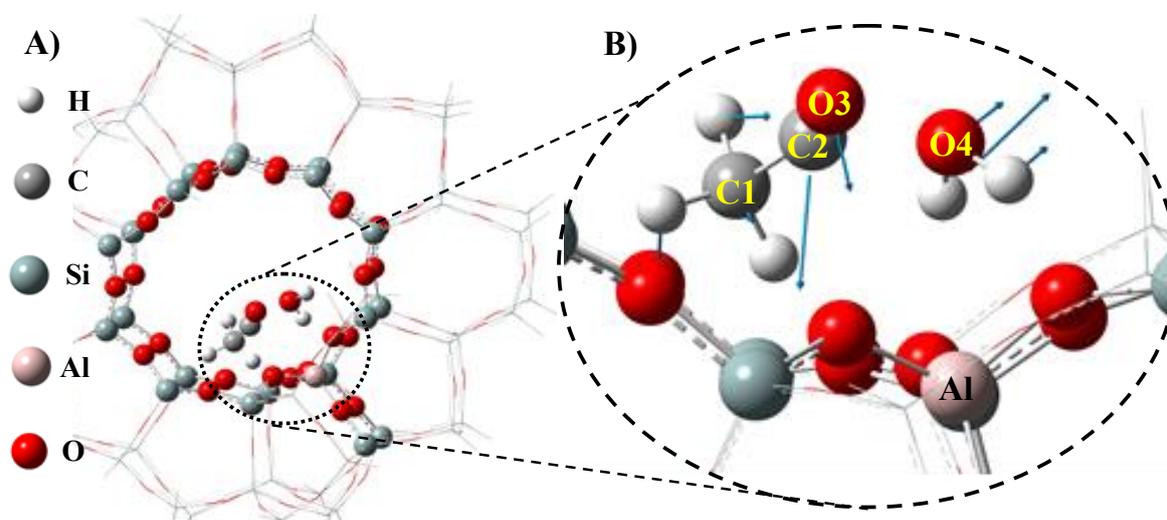
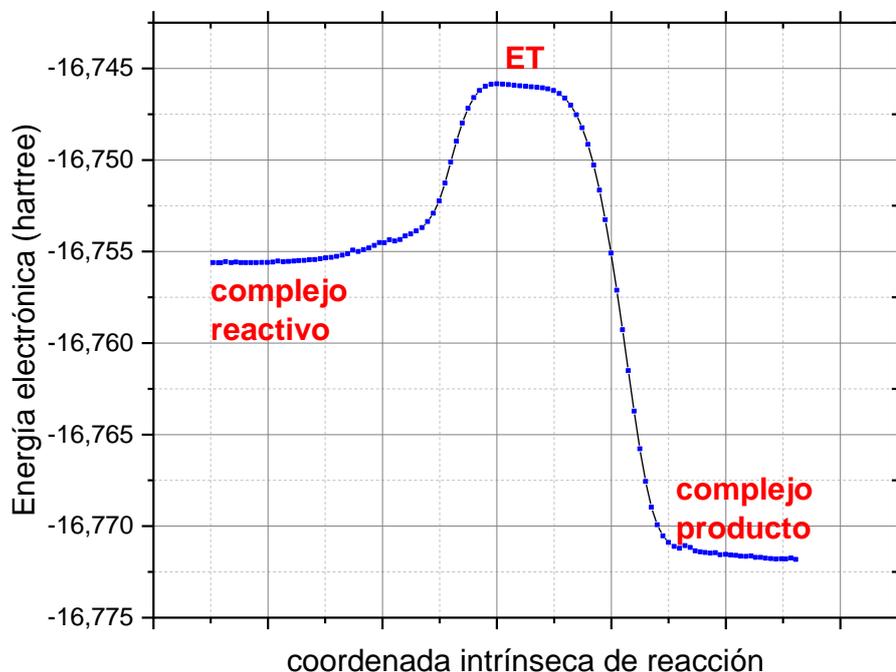


Figura 2. A) Geometría del estado de transición (ET), en B) se muestran los vectores desplazamiento relacionados a la única frecuencia imaginaria.

En la Fig. 2A se muestra la geometría del estado de transición (ET) encontrada, mientras que en la Fig. 2B se presentan los vectores desplazamiento para los diferentes átomos del ácido acético, relacionados con la única frecuencia imaginaria calculada.

A partir de la geometría del ET se realizó el correspondiente cálculo IRC, obteniéndose los resultados que se evidencian en la Fig. 3.



**Figura 3.** Coordenada intrínseca de reacción (calculado a nivel semiempírico: AM1).

Tomando como geometrías de partida las encontradas en los extremos del cálculo IRC se realizaron nuevas optimizaciones y cálculos de frecuencias, empleando la metodología ONIOM ( $\omega$ B97XD/6-31G(d,p):AM1)). A partir de estos resultados se determinaron las propiedades termodinámicas y parámetros cinéticos que se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Energías, constante de velocidad ( $k^{298K}$ ) y cte. de equilibrio ( $K_{eq}$ ) calculados a 298,15 K.

$\Delta H_{activación}$	$\Delta G_{activación}$	$k^{298K}$	$\Delta H_{reacción}$	$\Delta G_{reacción}$	$K_{eq}$
19,27	19,61	$2,69 \times 10^{-2}$	18,69	17,34	$1,98 \times 10^{-13}$
Kcal/mol	Kcal/mol	$L \cdot mol^{-1} \cdot s^{-1}$	Kcal/mol	Kcal/mol	

## Discusión

A partir de cálculos de optimización de geometría para el estado de transición a nivel  $\omega$ B97XD/6-31G(d,p):AM1, se puede evidenciar el reordenamiento mediante el cual el ácido acético adsorbido en la superficie del clúster puede generar un intermediario del tipo zeolita acetilada. Los resultados obtenidos permiten proponer la generación de este intermediario mediante la ruptura concertada del enlace C2-O4 en el ácido acético (Fig. 2B), al mismo tiempo que se forma un enlace entre O4 del ácido acético y el H responsable de la acidez del clúster-72T y se genera un enlace entre el C2 (que posee una incipiente carga positiva) y un átomo de O del clúster-72T.

Fundamentalmente, la única frecuencia imaginaria se adjudica al estiramiento del enlace C2-O4 en el ácido acético que además aproxima al C2 a un átomo de O del clúster.

Los cálculos de coordenada intrínseca de reacción (IRC) realizados a nivel semiempírico (AM1) permiten corroborar la conexión existente entre las estructuras del complejo reactivo, estado de transición y complejo producto en la hipersuperficie de energía potencial del sistema en estudio.

Por otra parte, a partir de las geometrías optimizadas, se calcularon los valores de energías, constante de velocidad y constante de equilibrio a 298,15 K, todos ellos relacionados a la transferencia de acetilo estudiada (Tabla 1).

Los valores de energía son menores a los reportados para clústers de zeolita 3T [1] y 10T, lo cual pone de manifiesto un posible efecto de confinamiento, similar a lo observado para la interacción de otras moléculas orgánicas sencillas en el interior de diferentes redes zeolíticas, colaborando así en la estabilización del estado de transición generado.

### **Conclusiones.**

Haciendo uso de métodos computacionales de cálculo, se encontró el estado de transición asociado a la transferencia de acetilo por parte de ácido acético, catalizada por zeolita H-ZSM-5. A partir de ello, se propone la generación de un intermediario de tipo zeolita acetilada, en concordancia con reportes experimentales. Finalmente, se calcularon diferentes propiedades termodinámicas y parámetros cinéticos asociados a la reacción en estudio.

### **Agradecimientos.**

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa) por el apoyo económico recibido bajo el Proyecto N° 2717/0. Se utilizaron recursos y servicios implementados en el portal SEAGrid (<http://www.seagrid.org>) para realizar los cálculos computacionales de este trabajo.

### **REFERENCIAS**

1. P. F. Corregidor y E. E. Ottavianelli. "A DFT Study of the Acetyl Transfer Reaction Catalyzed by H-ZSM-5 Zeolite Using a 3T-Cluster Approach". En N. R. Blevins (Ed.), *An Introduction to Aluminosilicates*, 2020, p. 443-464, Nova Science Publishers.
2. <https://america.iza-structure.org/IZA-SC/framework.php?STC=MFI>.
3. S. S. Pamidighantam y col. "Community Science Exemplars in SEAGrid Science Gateway: Apache Airavata Based Implementation of Advanced Infrastructure". *Procedia Computer Science*, Vol. 80 (2016), p. 1927-1939.
4. D. C. Tranca y col. "Hexane Cracking on ZSM-5 and Faujasite Zeolites: a QM/MM/QCT Study". *J. Phys. Chem. C*, Vol. 119 (2015), p. 28836–28853.

## EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL RIP-RAP DE PROTECCIÓN DEL TALUD DE AGUAS ARRIBA DE LA PRESA EL CADILLAL

María A. Daziano <sup>(1)\*</sup>, Abel Jacinto <sup>(1)</sup>, Nicolás Bernardo <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán  
Av. Independencia 1800, 4000 S.M. de Tucumán, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [madaziano@herrera.unt.edu.ar](mailto:madaziano@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

El talud aguas arriba de las presas de materiales sueltos está comúnmente protegido contra la erosión por una capa de escollera conocida como rip-rap. Sin la protección adecuada, el talud podría resultar dañado y desarrollarse un grave problema, desde formación de grietas, desprendimientos hasta incluso llegar a la formación de una brecha.

En este trabajo se presenta la verificación del estado actual del rip-rap de protección del talud aguas arriba de la presa El Cadillal. El procedimiento empleado es el propuesto por el Bureau of Reclamation, Design Standards N° 13, "Embankment Dams", capítulo 7: "Riprap Slope Protection" [DS-13(7), Mayo 2014]. Los lineamientos allí presentados son válidos para el diseño de protecciones frente a la acción del oleaje, cuyo objetivo principal, es la prevención del desplazamiento de las rocas del rip-rap y la erosión del material subyacente.

La ecuación general de estabilidad propuesta en la norma permite determinar la masa ( $W_{50}$ ) del rip-rap que resistirá una determinada altura de ola para ciertas condiciones tales como la pendiente del talud y las características del material. Para la verificación, se determinó la altura de ola significativa, empleando registros locales de velocidades máximas mensuales de viento y evaluando el ajuste de distribuciones de valores extremos, para una recurrencia de 100 años. Se complementó el trabajo con el relevamiento de campo, conocido como método de conteo de Wolman, con el cual se obtienen las curvas granulométricas del rip-rap que se encuentran actualmente en la presa en estudio. Por último se comparan las curvas de diseño del rip-rap con las curvas obtenidas del relevamiento.

### ABSTRACT

The upstream face of a dam is commonly protected against wave erosion by placement of a layer of rock riprap over a layer of bedding and a filter material. The repeated action of waves over time may erode embankment material and deposit it farther down the slope, creating a breach. This paper presents the verification of the current state of the Rip-Rap protection of the upstream slope of El Cadillal dam. The Bureau of Reclamation, Design Standards No. 13, "Embankment Dams", chapter 7, proposes the procedure "Riprap Slope Protection" [DS-13(7), May 2014]. These guidelines apply to the design of protection against wave action, to prevent the displacement of rip-rap rocks and the erosion of the underlying material.

Resisting forces offered by the riprap are expressed in terms of riprap volume and its buoyant weight. The acting and resisting forces are sensitive to the embankment slope. The basic stability equation is derived by equating the acting and resisting forces on a riprap element. The significant wave height was determined, using local records of monthly mean wind speed and the adjustment of 100 years - extreme value distribution. The research was complemented with the field survey, known as the Wolman counting method, to obtain the granulometric curves of the riprap actually found in the dam. Finally, the rip-rap design curves are compared with the curves obtained from the field survey.

### PALABRAS CLAVES

Rip-rap, presas de materiales sueltos, talud aguas arriba, El Cadillal.

## INTRODUCCIÓN

El talud aguas arriba de las presas de materiales sueltos está comúnmente protegido contra la erosión por una capa de escollera conocida como rip-rap. Sin la protección adecuada, el talud podría resultar dañado y desarrollarse un grave problema, desde formación de grietas, desprendimientos hasta incluso llegar a la formación de una brecha. Hasta hace algunos años, las normas empleadas para el diseño y verificación del rip-rap databan de la década del 70. La ecuación general de estabilidad permite determinar la masa ( $W_{50}$ ) del rip-rap que resistirá una determinada altura de ola para condiciones tales como la pendiente del talud y las características del material. Tanto los coeficientes involucrados en la ecuación como el propio procedimiento para determinación de la altura de la ola han sido actualizados en la última década y en consecuencia, las protecciones de presas existentes deben ser verificadas.

El complejo hidroeléctrico El Cadillal, construido en la década del '60, se encuentra ubicado en la provincia de Tucumán, 21 km al norte de San Miguel de Tucumán. El cierre principal consiste en una presa de materiales sueltos, heterogénea, zonificada, de planta curva y 72 m de alto sobre el lecho del río, con núcleo impermeable central, filtros y espaldones que estabilizan el conjunto. Según planos de la época de la construcción, el rip-rap de El Cadillal consiste en una capa de roca de 90 cm de espesor, apoyada sobre un manto de grava de 40 cm.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento empleado es el propuesto por el Bureau of Reclamation, Design Standards N° 13, "Embankment Dams", capítulo 7: "Riprap Slope Protection" (DS-13(7), mayo 2014). Los lineamientos allí presentados son válidos para el diseño de protecciones frente a la acción del oleaje. El objetivo principal de este diseño será la prevención del desplazamiento de las rocas y la erosión del material subyacente.

La ecuación general de estabilidad, conocida como fórmula de Hudson, permite determinar la masa del rip-rap que resistirá una determinada altura de ola para ciertas condiciones tales como la pendiente del talud y las características del material.

$$W_r = \frac{\gamma_r H^a}{K (G_s - 1)^3 (\cot \alpha)^b} \quad [1]$$

siendo  $W_r$  el peso de los fragmentos individuales de roca necesarios para resistir la acción del oleaje,  $\gamma_r$  el peso específico de las rocas y  $G_s$  su gravedad específica,  $\alpha$  el ángulo del talud medido desde la horizontal,  $H$  la altura de ola de diseño y  $K$ ,  $a$  y  $b$ , coeficientes experimentales. En función del  $W_{50}$ , que será el peso representativo del 50% de las rocas del talud, se construyen curvas granulométricas límites, dentro de las cuales debe ubicarse la curva real del rip-rap de la presa, para garantizar una seguridad adecuada.

La altura de ola significativa se calculó según lo especificado en el Coastal Engineering Manual (U.S. Army Corps of Engineers, 2015). En base a estudios sobre la performance del rip-rap en distintas presas, en DS-13(7) se propone adoptar  $H_{10}$ , que es la altura promedio del 10% más grande de olas dentro de una serie.

Una vez que se han realizado los cálculos con criterios actualizados, se compara el  $W_{50}$ , con el  $W_{50,ACTUAL}$ , que será representativo del material efectivamente colocado en obra. El procedimiento propuesto para determinar la granulometría del rip-rap, conocido como muestreo de Wolman o muestreo lineal, consiste en disponer una cinta graduada a lo largo de una superficie del material y medir las dimensiones de las rocas a intervalos fijos. El relevamiento se realizó en 5 sectores del talud de la presa, muestreando un total de 500 fragmentos de roca, con los que se elaboraron curvas granulométricas para cada sección.

## RESULTADOS

Para calcular la altura de ola significativa es necesario determinar el fetch efectivo y la velocidad de viento. El fetch efectivo es la distancia radial promedio que el viento recorre sobre la superficie del embalse hasta la

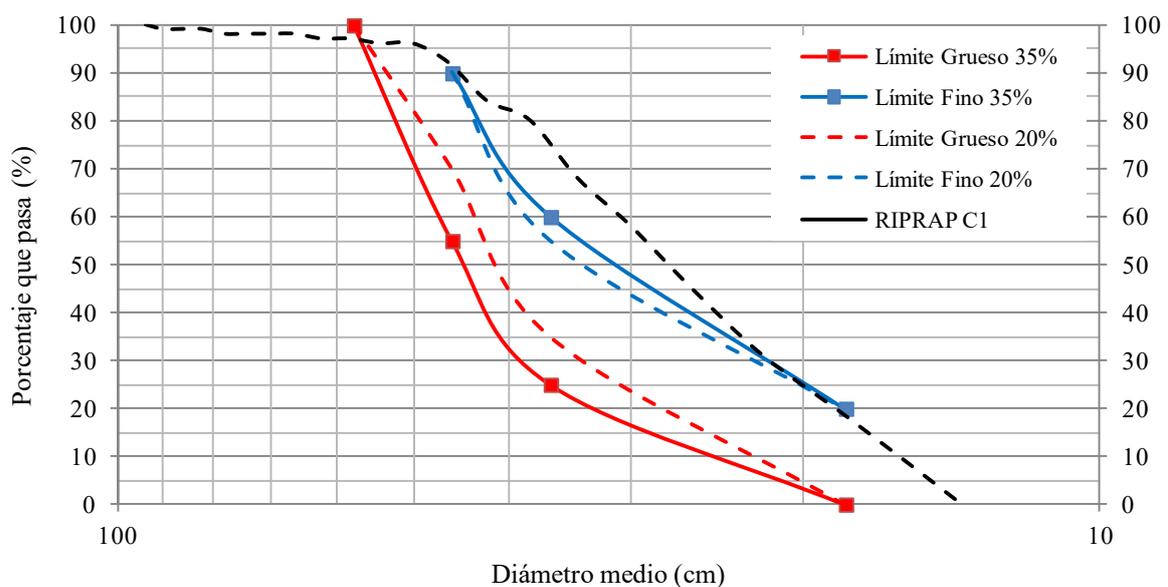
presa. Para el nivel de embalse a cota 604 msnm, correspondiente con el de la batimetría disponible, resultó un fetch efectivo de 2,4 km. Se disponía de registros de velocidades de viento máximas mensuales desde el año 2010. Estos datos se ajustaron utilizando distintas distribuciones de valores extremos; la distribución de Frechet fue la que mostró el mejor ajuste y para 100 años de período de retorno arrojó una velocidad de 19,8 m/s. Con estos datos se obtuvo una altura de ola significativa igual a 0,54 m.

Se debe luego obtener la granulometría del material que forma actualmente el rip-rap y compararlo con las curvas de diseño. Para ello se calcularon los tamaños máximos y mínimos del material, y se definieron también las bandas de gradación de la capa de protección. Se determinaron el  $W_{50}$  y el espesor mínimo de la capa de protección que resultaron iguales a 21 kg y 45 cm, respectivamente. Finalmente, aplicando el conteo de Wolman, se obtuvieron las curvas granulométricas en 5 secciones del talud aguas arriba de la presa. En la Figura 1 se muestra el primer cuadrante relevado.



**Figura 1.** Rip-rap de la presa El Cadillal. Cuadrante N°1 del relevamiento de Wolman, septiembre de 2021, cota de embalse 606 msnm.

En la Figura 2 se muestran las curvas granulométricas límites y la distribución granulométrica del rip-rap correspondiente al cuadrante N° 1 de la presa El Cadillal.



**Figura 2.** Curvas límites y distribución granulométrica del cuadrante N° 01 del rip-rap en la presa El Cadillal.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

La verificación de la pertinencia del diseño original de cada uno de los componentes de las presas de embalse según criterios actualizados es una tarea de una gran importancia. En general, la principal limitación frente a este tipo de acciones es la falta de información conforme a obra disponible. Por ello, como en el caso que se describe en este trabajo, se debió relevar la granulometría del rip-rap existente y estimar la altura de ola que se puede desarrollar en el embalse.

La función de distribución de Frechet fue la que mejor ajustó los registros de velocidades máximas de viento disponibles. Si bien es una distribución que tiene a sobreestimar las velocidades de viento en zonas de climas mixtos, se decidió utilizar este ajuste adoptando un criterio conservador teniendo en cuenta la poca longitud de los registros.

La serie de velocidades máximas mensuales indicaron que los picos de velocidades tienden a desarrollarse entre los meses de octubre y enero; además, se observó que en el mes de abril se obtienen las velocidades más bajas. La velocidad de diseño para 100 años de recurrencia es de 19,8 m/s, que actuando sobre un fetch efectivo de 2,4 km conduce al desarrollo de una ola de 0,54 m.

En general, las curvas granulométricas de los distintos sectores del rip-rap son extendidas y están contenidas dentro de las bandas límites en la parte de la fracción más fina de material y salen de los límites en la zona de mayores diámetros. Se puede afirmar entonces, que se verifican las exigencias de diseño, siempre del lado de la seguridad, ya que incluyen en su granulometría tamaños de rocas más grandes.

Las formas de las rocas que componen el rip-rap verifican la condición de estar entre una esfera y un cubo, excepto algunas excepciones, pero siempre presentando aristas vivas o bordes afilados. Si bien en este trabajo no se realizaron ensayos sobre la durabilidad de las rocas, en general no se observaron indicios de que el material haya experimentado degradación o rotura de las piezas.

Teniendo en cuenta la cantidad de sectores muestreados y el aspecto general de la capa de protección del talud aguas arriba de la presa El Cadillal, se concluye que se encuentra en buen estado de conservación general, sin oquedades significativas ni asentamientos importantes, y cumple las actuales normativas de diseño.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo agradecen la colaboración de Hidroeléctrica Tucumán S.A. En especial al Ing. Oscar Puig, por la información brindada y por facilitar la realización de las actividades propuestas.

## **REFERENCIAS**

1. United States Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Manual (CEM) (2015), Engineer Manual 1110-2-1100. US Army Corps of Engineers, Washington, DC (6 volumes).
2. United States Department of the Interior Bureau of Reclamation (USBR) (2014). "Design Standards No. 13 Embankment Dams, Chapter 7: Riprap Slope Protection".
3. Wolman, M. G. (1954). "A method of sampling coarse river-bed material". EOS, Transactions American Geophysical Union, 35(6), 951-956.

## ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE SUELOS GRANULARES APLICANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS DISCRETOS

María V. Molina<sup>(1)\*</sup>, Abel C. Jacinto<sup>(2)</sup>, Andrés Peña Olarte<sup>(1)</sup> y Roberto Cudmani<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Centro Geotécnico, Departamento de Ingeniería Civil y Medioambiental, Universidad Técnica de Múnich, Franz-Langinger-Straße 10, 81245 Múnich, Alemania.

<sup>(2)</sup>Instituto de Estructuras, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, Tucumán, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [victoria.molina@tum.de](mailto:victoria.molina@tum.de)

### RESUMEN

*El Método de Elementos Discretos (DEM) ha probado ser una herramienta valiosa en el análisis de una variedad de aplicaciones como la mecánica de fractura, la trituración de rocas y el comportamiento estático y cíclico de arenas y gravas. El DEM simula el comportamiento mecánico de un medio formado por un conjunto de partículas las cuales interactúan entre sí a través de sus puntos de contacto. El modelo constitutivo que define el comportamiento global del material se establece en las zonas de contacto entre partículas. Las leyes de contacto, simples o complejas, tienen en cuenta mecanismos de interacción elementales a nivel micro, permitiendo generar un modelo del material que posea determinadas propiedades físicas elementales.*

*En este trabajo se analiza la respuesta de muestras de arena sometidas a ensayos triaxiales mediante el uso del DEM. La simulación comprende generar una probeta representativa del material a ensayar a partir de un conjunto de partículas, aplicar las condiciones de contorno en función del tipo de ensayo que se pretende reproducir y evaluar la influencia de distintas variables en los resultados obtenidos.*

### ABSTRACT

*The Discrete Element Method (DEM) has proven to be a valuable tool in the analysis of a variety of applications such as fracture mechanics, rock crushing, and static and cyclic behavior of sands and gravels. DEM simulates the mechanical behavior of a granular medium consisting of a set of particles interacting with each other through their contact points. The constitutive model that defines the overall behavior of the material is established in the contact zones between particles. Contact laws take into account elementary interaction mechanisms at the micro level, making it possible to model a material with certain elementary physical properties and to study the behavior at the macro level.*

*This work analyses the response of sand specimens subjected to triaxial tests using DEM. The simulation comprises to generate from a set of particles a representative specimen of the material to be tested, applying the boundary conditions depending on the type of test to be reproduced and evaluating the influence of different variables on the results obtained.*

*Palabras clave: DEM, arena, ensayo triaxial, ley de contacto.*

## Introducción

El comportamiento mecánico de los suelos granulares está controlado por propiedades físicas tales como la forma de las partículas, las orientaciones y cantidad de contactos entre partículas, la distribución de tamaños, la densidad relativa, entre otros. Los métodos basados en la mecánica del continuo o los ensayos de laboratorio, no son capaces de proveer información de los mecanismos fundamentales de comportamiento a nivel de la fábrica del material (microescala) que subyacen la respuesta a nivel de la macro escala.

El Método de Elementos Discretos (DEM), originalmente propuesto por Cundall y Strack (1979), ha probado ser una herramienta confiable y prometedora para analizar el comportamiento mecánico de suelos granulares. Este método permite modelar un suelo granular como un ensamblaje de partículas rígidas considerando explícitamente la interacción entre ellas.

El DEM es un método numérico empleado para calcular tensiones y deformaciones en un volumen que contiene un determinado número de partículas. En este método se determinan los desplazamientos, velocidades y aceleraciones de las partículas individuales y, a partir de una ley fuerza-desplazamiento en el contacto entre partículas, se calculan las fuerzas actuantes en cada una de ellas. Las componentes normales y tangenciales de estas fuerzas controlan la deformación normal, el deslizamiento y la rotación en los contactos y definen las nuevas posiciones de las partículas.

El modelo constitutivo que define el comportamiento global del material se establece en las zonas de contacto entre partículas, donde se concentra la deformación del material. Es posible encontrar una gran variedad de modelos constitutivos de contacto entre partículas que comprenden desde simples leyes elásticas hasta complejas leyes de unión con cohesión y rotación. Para simular numéricamente el comportamiento de un material granular es necesario calibrar la ley de contacto entre partículas a partir de resultados de ensayos de laboratorio.

En este trabajo se analiza la respuesta de probetas de arena fina de Karlsruhe sometidas a ensayos triaxiales bajo carga monótona (Witchmann y Triantafyllidis, 2016) mediante la aplicación del programa de código abierto YADE (Yet Another Dynamic Engine). La interacción entre partículas se simuló mediante una ley elástica lineal con fricción y rotación simples (Smilauer y Chareyre, 2015).

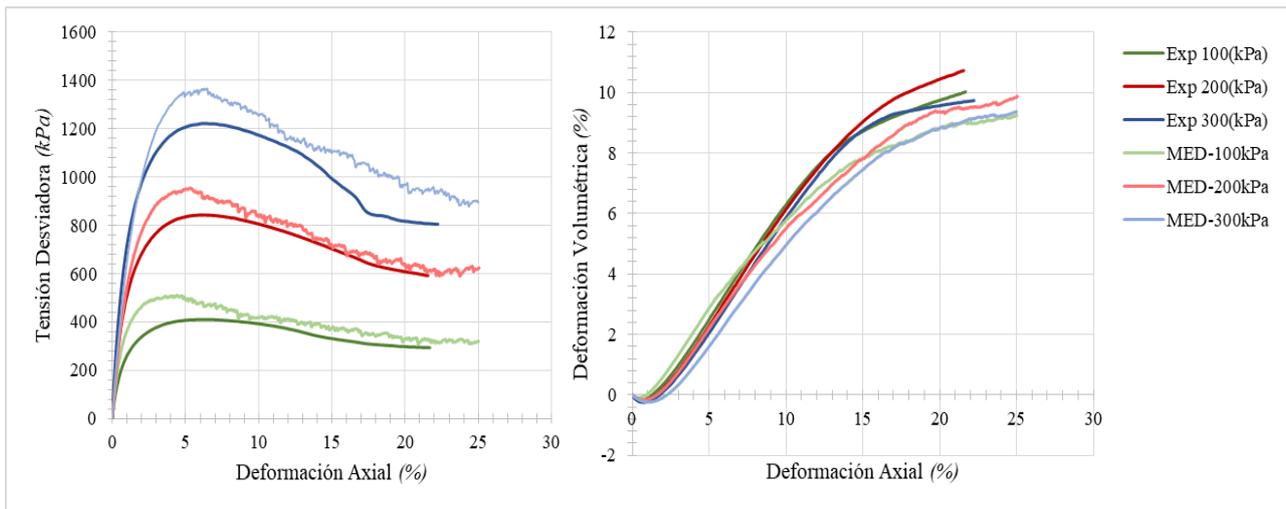
## Método y resultados

La ley de contacto que se utilizó en este trabajo posee cinco parámetros: rigidez normal de contacto  $E_c$ , relación de rigidez de contacto  $\nu_c$ , ángulo de fricción de contacto  $\phi$ , rigidez rotacional  $k_r$  y coeficiente rotacional  $\eta$ . Estos parámetros se determinaron a partir de resultados correspondientes a muestras densas de arena de Karlsruhe ( $e_0 = 0,61$ ) sometidas a una presión de confinamiento de 200 kPa. Primero se generó una nube de 8000 esferas no superpuestas distribuidas aleatoriamente en un espacio cúbico de  $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ , sin efecto de la gravedad y rodeado por bordes rígidos. Los radios de las partículas se definieron teniendo en cuenta la curva granulométrica del material. Se ajustó el ángulo de fricción de contacto para generar una muestra densa bajo compresión isótropa de 200 kPa. A continuación, se aplicó una fuerza desviadora imponiendo una tasa de deformación axial suficientemente lenta para garantizar condiciones cuasi estáticas. Con el fin de mantener la estabilidad numérica del método se consideró un coeficiente de amortiguación bajo igual a 0,2. El proceso de calibración se realizó mediante una variación sistemática de los parámetros de ley de contacto, en un proceso iterativo de prueba y error, hasta que se logró un adecuado ajuste cualitativo y cuantitativo de los resultados experimentales. La Tabla 1 resume los parámetros de contacto calibrados para la arena fina de Karlsruhe.

**Tabla 1.** Parámetros de la ley de contacto calibrados para la Arena fina de Karlsruhe.

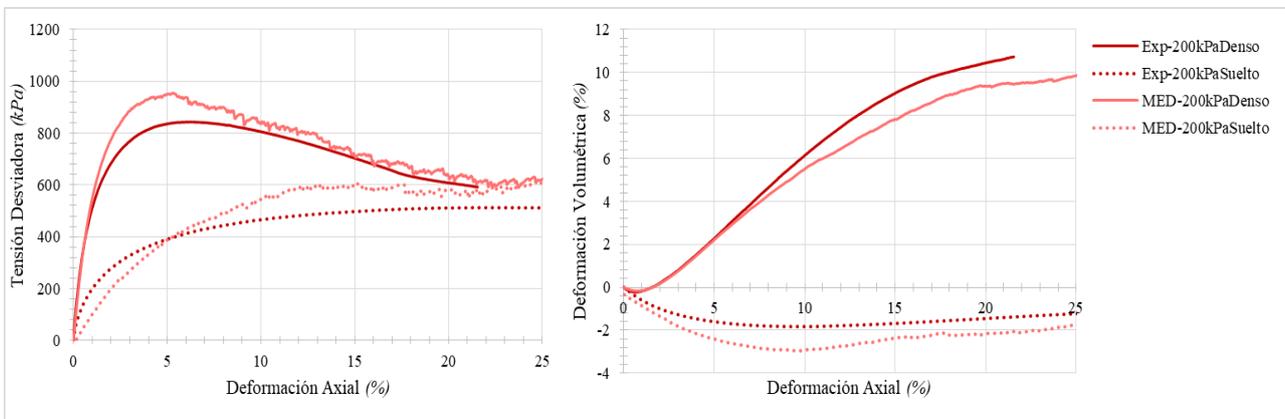
Parámetro	Valor
$E_c$	500 MPa
$\nu_c$	0,10
$\phi$	30°
$k_r$	0,15
$\eta$	0,50

En la Figura 1 se comparan los resultados obtenidos en las simulaciones numéricas con los datos experimentales obtenidos en ensayos triaxiales drenados sobre muestras densas de arena.



**Figura 1:** Comparación de resultados numéricos y experimentales para muestras de arena en estado denso.

La Figura 2 presenta los resultados numéricos y experimentales correspondientes a muestras de arena ensayadas a una presión de confinamiento de 200 kPa y diferente relación de vacíos inicial. Los resultados numéricos reproducen el fenómeno de endurecimiento por deformación y el comportamiento contractivo típicos de la muestra en estado suelto ( $e_0 = 0,82$ ). La muestra densa ( $e_0 = 0,61$ ), en cambio, presenta una rigidez inicial mayor con un pico de resistencia y un claro comportamiento dilatante. Es interesante destacar que, para grandes deformaciones, ambas muestras tienden al mismo valor de resistencia última y presentan una tendencia a continuar deformándose a volumen constante, indicando que se ha alcanzado la condición de estado crítico independientemente de la relación de vacíos inicial.



**Figura 2.** Comparación de resultados numéricos y experimentales para el caso de muestras de arena en estado suelto y denso.

## Conclusiones

Este trabajo ilustra la aplicabilidad del DEM como herramienta para analizar la mecánica que subyace el comportamiento de suelos granulares.

Mediante la simulación de ensayos triaxiales sobre muestras de arena sometidas a carga monótona se pudo valorar la influencia de los distintos parámetros micro mecánicos de la ley de contacto en la respuesta macroscópica tensión-deformación-cambio de volumen del material. Si bien la ley de contacto aplicada en este trabajo es relativamente simple fue posible reproducir el efecto de la forma subangular de los granos en la respuesta obtenida.

Los resultados de las simulaciones numéricas utilizando DEM muestran una muy buena correlación con los resultados experimentales, tanto para el caso de muestras de arena densas como sueltas. Por otra parte, el

modelo numérico es capaz de reproducir adecuadamente la condición de estado crítico para grandes deformaciones.

### **Agradecimientos**

Se agradece a BAYLAT (Bayerisches Hochschulzentrum für Lateinamerika) el financiamiento durante la estancia del primer autor en el Centro Geotécnico de la Universidad Técnica de Múnich.

### **REFERENCIAS**

1. P.A. Cundall y O.D.L. Strack. “A discrete numerical model for granular assemblies”. *Géotechnique*, Vol. 29 (1) (1979), p. 47–65.
2. V. Smilauery B. Chareyre (2015). DEM Formulation. URL <https://www.yade-dem.org>
3. T. Wichtmann y Th. Triantafyllidis. “An experimental database for the development, calibration and verification of constitutive models for sand with focus to cyclic loading. Part I - tests with monotonic loading and stress cycles”. *Acta Geotechnica*, Vol 11 (4) (2016), p. 739–761.

## EFFECTO DEL AGREGADO DE IVERMECTINA SOBRE PROPIEDADES REOLÓGICAS Y MECÁNICAS DE HIDROGELES TERMOSENSIBLES DE POLOXAMER

Santiago N. Campos<sup>(1,\*)</sup>, Alicia G. Cid<sup>(1)</sup>, Cintia A. Briones Nieva<sup>(1)</sup>, Elio E. Gonzo<sup>(1)</sup>, José M. Bermúdez<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Universidad Nacional de Salta)

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [campossantiago93@gmail.com](mailto:campossantiago93@gmail.com)

### RESUMEN

La ivermectina es un fármaco antiparasitario utilizado en medicina humana y veterinaria. En este trabajo se estudió el efecto de la incorporación de este compuesto en las propiedades reológicas, mecánicas y de liberación de hidrogeles termogelificables basados en polímeros tribloque, los poloxamer 188 y poloxamer 407. Mediante reología oscilatoria se determinaron los módulos elástico ( $G'$ ) y viscoso ( $G''$ ), junto con la viscosidad compleja ( $\eta^*$ ) en función de la temperatura. Se estudiaron los perfiles de erosión y liberación de ivermectina en solución fisiológica como medio de liberación. La ivermectina fue cuantificada por espectrofotometría UV-Visible y la erosión se analizó en cada punto de muestreo. Los datos de los perfiles de liberación fueron ajustados con el modelo de Korsmeyer-Peppas. Los resultados mostraron que la presencia de ivermectina en las formulaciones provocó un aumento significativo en los valores de la  $\eta^*$  y el  $G'$ , con una consiguiente disminución de la temperatura de gelificación de casi 6 °C cuando la carga fue del 3 %p/p. En el mismo sentido, a los 150 min de ensayo, la erosión fue de 56,8 % para el gel sin carga y de 36,1 y 27,8 %p/p para los geles cargados con ivermectina al 1 y 3 %p/p, respectivamente. En el mismo tiempo la liberación de ivermectina cayó del 56,40 %p/p al 27,73 %p/p al aumentar la carga de 1 a 3 %p/p. Esto indicaría que el fármaco altera la estructura de los geles, mejorando su resistencia mecánica y a la erosión, lo que permitiría modular el proceso de liberación del activo desde los hidrogeles termosensibles.

### ABSTRACT

Ivermectin is an antiparasitic drug used in human and veterinary medicine. This work studied the effect of incorporating this compound into the rheological, mechanical and release properties of thermosensitive hydrogels based on triblock copolymers, poloxamer 188 and poloxamer 407. By oscillatory rheology the elastic ( $G'$ ) and viscous moduli ( $G''$ ), together with the complex viscosity ( $\eta^*$ ), were determined as a function of the temperature. Erosion and release profiles of ivermectin were studied in physiological solution as release medium. Ivermectin was quantified by UV-Visible spectrophotometry and erosion was analyzed at each sampling point. The data of the release profiles were adjusted with the Korsmeyer-Peppas model. The results showed that the presence of ivermectin in the formulations caused a significant increase in the values of the  $\eta^*$  and the  $G'$ , with a consequent decrease in the gelation temperature of almost 6 °C when the load was 3 %w/w. In the same way, at 150 min of assay, erosion was 56.8 % for the gel without load and 36.1 and 27.8 %w/w for gels loaded with ivermectin at 1 and 3 %w/w, respectively. At the same time the release of ivermectin decreased from 56.40 %w/w to 27.73 %w/w by increasing the load from 1 to 3 %w/w. This would indicate that the drug modifies the structure of the gels, improving its mechanical and erosion resistance, which would allow modulating the process of release of the drug from thermosensitive hydrogels.

Palabras clave: hidrogeles termosensibles, liberación controlada, ivermectina, poloxamer

## Introducción

Los hidrogeles termosensibles se clasifican como hidrogeles de segunda generación, ya que tienen la capacidad de responder a un cambio en las condiciones ambientales, como la temperatura. Debido a esta característica única, también se denominan hidrogeles "inteligentes" y han atraído un interés creciente en una amplia gama de aplicaciones farmacéuticas y biomédicas, como la administración de fármacos, la administración de proteínas y genes, la ingeniería de tejidos y la regeneración de tejidos [1]. Los hidrogeles termosensibles mantienen un estado líquido a temperatura ambiente o por debajo de ella, lo que permite una fácil manipulación y administración en forma inyectable, transformándose a estado de hidrogel a temperatura corporal formando un depósito de alta viscosidad y liberación sostenida [2]. Entre estos materiales se destaca la familia de los poloxámeros, también conocidos como Pluronic<sup>®</sup> o Lutrol<sup>®</sup>, que son copolímeros tribloque termosensibles con transiciones de fase reversibles cuando la concentración de polímero está por encima de un valor crítico [3].

La ivermectina (IVM) es un fármaco antiparasitario semisintético de amplio espectro, usado principalmente en humanos en el tratamiento de la oncocercosis, pero también puede ser eficaz contra otras infestaciones por gusanos (como estrongiloidiasis, ascariasis, tricuriasis y enterobiasis).

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar y evaluar un nuevo sistema de administración de IVM basado en hidrogeles termosensibles utilizando poloxámeros como polímeros portadores. Se estudió la influencia de la incorporación de IVM en las propiedades reológicas, mecánicas y de liberación *in vitro* de los hidrogeles.

## Materiales y métodos

### Materiales

Los polímeros empleados fueron Poloxamer 407 (P407) y Poloxamer 188 (P188) comprados a Rumapel SRL (Argentina), mientras que el fármaco ivermectina (IVM) fue donado por Over Medicina Veterinaria (Argentina). Todos los demás reactivos fueron de grado analítico.

### Preparación de los hidrogeles

Se prepararon 3 hidrogeles cargados con 0, 1 y 3 %p/p de IVM, los cuales fueron denominados G0, G1 y G3, respectivamente. Para esto se pesaron 4 g de P407 y 2 g de P188 junto con una cantidad determinada de IVM para lograr las concentraciones preestablecidas. Posteriormente se agregó agua destilada hasta llegar a un peso final de 20 g. Las formulaciones se almacenaron durante 4 días a 4°C con agitación constante, tras los cuales en el hidrogel con una carga al 1% p/p la IVM se encontraba totalmente disuelta, mientras que para el hidrogel al 3%p/p el fármaco se encontraba formando una dispersión en la formulación.

### Ensayos reológicos

Las propiedades viscoelásticas de los hidrogeles se evaluaron mediante ensayos reológicos oscilatorios utilizando un reómetro Discovery HR-2 (TA Instruments, New Castle, Reino Unido), provisto de una geometría de placa cónica (40 mm de diámetro). El módulo elástico ( $G'$ ), el módulo viscoso ( $G''$ ) y la viscosidad compleja ( $\eta'$ ) se determinaron utilizando el software TA Instruments Trios V4.5.1.42498. Se llevó a cabo un barrido de temperatura en el rango de 15 a 45 °C con una velocidad de calentamiento de 5 °C/min, a 1,0 Hz de frecuencia y de 0,1% de deformación. La temperatura de gelificación ( $T_{gel}$ ) de los hidrogeles se definió como el punto en el que produce un notable aumento del módulo elástico con el incremento de la T.

### Ensayo de liberación de IVM y erosión del hidrogel

Los experimentos de liberación se realizaron utilizando el modelo sin membranas. Brevemente, se colocó aproximadamente 1ml de cada hidrogel en tubos de hemólisis, los cuales se mantuvieron en un baño a 37°C durante 30 min para asegurar la gelificación completa. Luego se agregaron cuidadosamente 2 ml de solución fisiológica, empleada como medio de liberación. Los muestreos se realizaron cada 15 minutos con remoción completa del medio que se almacenó para cuantificar IVM, pesando los tubos en cada punto de muestreo para estimar el peso remanente del hidrogel antes de proceder con la reposición de medio nuevo. La IVM fue cuantificada mediante espectrofotometría UV-Vis a 238nm. Los ensayos se realizaron por triplicado.

## Resultados

### Ensayos reológicos

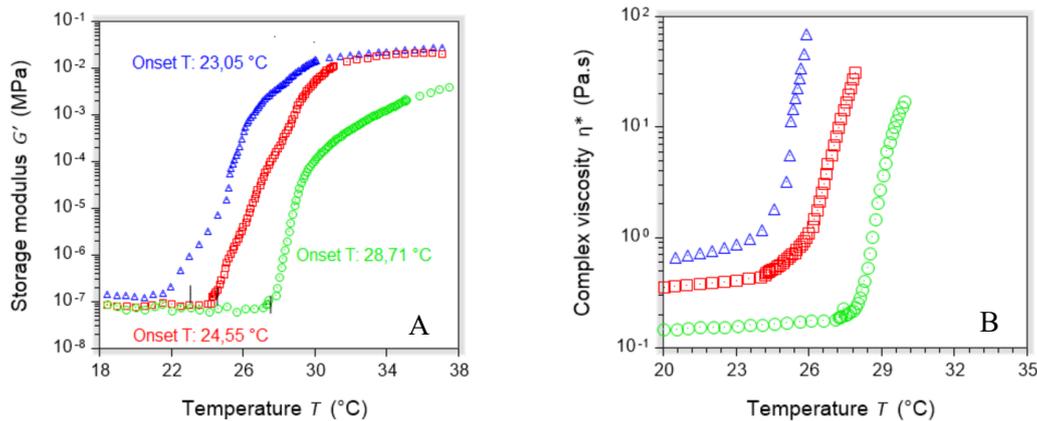


Figura 1: Perfiles de módulo elástico (A) y viscosidad compleja (B) de los hidrogeles en función de la temperatura: G0 (verde), G1 (rojo) y G3 (azul).

En la Figura 1 se muestran los perfiles de  $G'$  y viscosidad compleja obtenidos para los tres hidrogeles con diferentes cargas de IVM. En la Tabla 1 se muestran los valores de  $T_{gel}$  para cada hidrogel, y del módulo  $G'$  y viscosidad compleja a 20 y 37°C, temperaturas ambiente y fisiológica, respectivamente.

Tabla 1: Parámetros reológicos de los hidrogeles

Hidrogel	$T_{gel}$ (°C)	20 °C		37 °C	
		$G'$ (Pa)	$\eta^*$ (Pa*s)	$G'$ (Pa)	$\eta^*$ (Pa*s)
G0	28,71 ± 1,44	0,120 ± 0,066	0,120 ± 0,066	2555,92 ± 1494,13	411,546 ± 240, 222
G1	24,5 ± 0,26	0,113 ± 0,050	0,113 ± 0,050	20525,8 ± 893,24	3358,643 ± 104,973
G3	23,05 ± 0,02	0,196 ± 0,061	0,196 ± 0,061	27696,47 ± 1032,29	4433,690 ± 163,742

### Ensayo de liberación de IVM

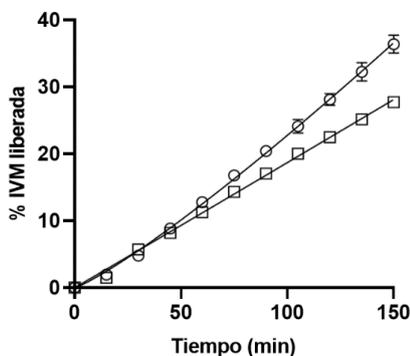


Figura 2: Perfil de liberación de IVM desde G1 (○) y G3 (□) en solución fisiológica.

En la Figura 2 se observa el perfil de liberación de ivermectina obtenido a partir de los hidrogeles G1 y G3 a 37°C.

Los datos fueron ajustados con el modelo de Korsmeyer-Peppas (KP) [4], el cual es empleado para la liberación de fármacos desde matrices poliméricas. El modelo es representado mediante la siguiente ecuación.

$$\frac{M_t}{M_\infty} = k * t^n$$

Donde  $M_t/M_\infty$  es la fracción de fármaco liberado en un dado tiempo  $t$ ,  $k$  es una constante y  $n$  un exponente que caracteriza al mecanismo de liberación.

A los 15 minutos el porcentaje de fármaco liberado fue de  $1,94 \pm 0,13$  % de IVM desde G1 y el  $1,48 \pm 0,56$  % desde G3, mientras que a los 150 min fue de  $36,40 \pm 1,36$  % G1 y  $27,73 \pm 0,05$  % para G3.

### Erosión del hidrogel

Para analizar las curvas se tomó un modelo lineal y el perfil de erosión (Figura 3) fue ajustado a una recta, donde la pendiente corresponde a la velocidad de erosión. Estos valores, junto con el porcentaje de hidrogel erosionado a las 2,5 h y el  $R^2$  se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2: Parámetros de erosión de los hidrogeles

Hidrogel	Velocidad de erosión (mg/min)	Erosión a 150 min (%)	$R^2$
G0	3,18 ± 0,10	56,8 ± 4,2	0,972
G1	2,31 ± 0,04	36,6 ± 1,4	0,990
G3	1,99 ± 0,04	27,8 ± 0,1	0,987

## Discusión

El proceso de gelificación de las formulaciones se evaluó monitoreando la variación de  $G'$  durante un barrido de temperatura mediante reología dinámica (Fig. 1). La  $T_{gel}$  se determinó como la temperatura a la cual  $G'$  aumenta drásticamente como resultado del proceso de formación del hidrogel (Tabla 1). El perfil del módulo elástico, que representa el componente semisólido del hidrogel, se puede dividir en tres fases. Durante la primera fase, a temperaturas menores que la  $T_{gel}$ , las muestras se caracterizaron por ser fluidas con muy bajas propiedades elásticas (a 20°C el  $G' < 0,20$  Pa) con predominio del comportamiento viscoso. En la segunda fase, correspondiente al proceso de gelificación del hidrogel, las muestras presentaron un comportamiento predominantemente elástico con un incremento significativo en los valores del módulo de almacenamiento (a 37°C el  $G' > 2.500$  Pa). En la última fase se observa una estabilización del módulo  $G'$  en los valores máximos alcanzados en cada muestra.

Por otro lado, los resultados mostraron que la IVM interfirió con el proceso de gelificación de las soluciones de poloxámero. La  $T_{gel}$  y las propiedades reológicas ( $\eta'$  y  $G'$ ) de las formulaciones estudiadas mostraron variaciones al cargar el antiparasitario en las formulaciones, observándose que la  $T_{gel}$  fue menor para los hidrogeles cargados con IVM, y que el valor más bajo se obtuvo con la carga de IVM más alta. Este comportamiento indica que la adición de IVM disminuye la  $T_{gel}$  de los hidrogeles de poloxámeros. A medida que aumentó la relación IVM en los hidrogeles, los valores de  $G'$  y  $\eta'$  fueron mayores, lo que significa un aumento en la viscoelasticidad de los sistemas. Es de suponer que una mayor elasticidad de estas formulaciones mejorará la retención del hidrogel en el sitio de aplicación. Los valores más altos de  $G'$  se obtuvieron para el hidrogel cargado con 3 % p/p de IVM. La viscosidad y la capacidad de gelificación son dos requisitos previos principales de un sistema termosensible de aplicación *in situ*. La formulación debe tener una viscosidad óptima, lo que permitirá una fácil administración como solución y debe mostrar un cambio rápido en la viscosidad a la temperatura corporal para transformarse en hidrogel depot.

La liberación de fármacos de los hidrogeles termosensibles puede verse afectada por varios parámetros. Por lo general, el mecanismo de liberación del fármaco del hidrogel está controlado por difusión en una etapa inicial, seguido de una combinación de difusión y erosión del hidrogel en etapas posteriores. Sin embargo, en el caso de los hidrogeles evaluados, se puede observar que el fenómeno de erosión fue el mecanismo que gobernó el proceso de liberación de IVM. Esto es consecuente con los valores de  $n$  obtenidos con el modelo de KP, en el que valores próximos a 1 indican que la erosión es el principal mecanismo de liberación del fármaco. En el proceso cinético de liberación de fármacos desde formulaciones basadas en hidrogeles, la naturaleza de la estructura de la red determinará el paso de liberación que limita la velocidad. Como se puede observar en los resultados obtenidos en este estudio, la liberación de IVM de los hidrogeles dependerá de la integridad mecánica de la red tridimensional del hidrogel.

## Conclusiones

La liberación sostenida de los fármacos cargados en los sistemas evaluados en este trabajo se puede establecer modificando las propiedades físicas y mecánicas de los hidrogeles mediante variaciones en la proporción fármaco/polímero. Estas formulaciones constituyen una alternativa promisoría para el desarrollo de inyectables termosensibles depot de formación *in situ*.

## REFERENCIAS

1. Gandhi, A., Paul, A., Sen, S.O., Sen, K.K., " Studies on thermoresponsive polymers: Phase behaviour, drug delivery and biomedical applications"; Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 10 (2015), 99-107.
2. Lai, P.-L., Hong, D.-W., Ku, K.-L., Lai, Z.-T., Chu, I.-M.J.N.N., Biology, Medicine, " Novel thermosensitive hydrogels based on methoxy polyethylene glycol-co-poly (lactic acid-co-aromatic anhydride) for cefazolin delivery"; 10 (2014), 553-560.
3. Jeong, B., Kim, S.W., Bae, Y.H., " Thermosensitive sol-gel reversible hydrogels"; Advanced drug delivery reviews, 64 (2012), 154-162.
4. Kormeyer, R.W., Gurny, R., Doelker, E., Buri, P., Peppas, N.A., " Mechanisms of solute release from porous hydrophilic polymers"; International Journal of Pharmaceutics, 15 (1983), 25-35.

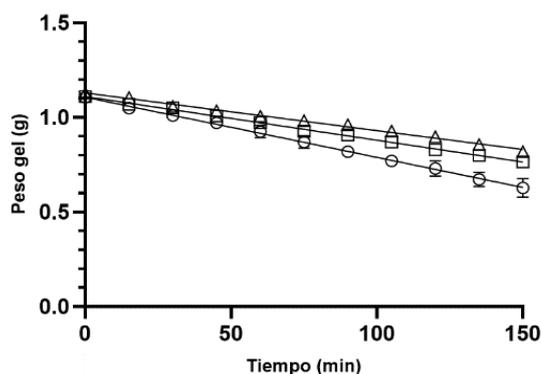


Figura 3: Perfil de erosión de G0 (○), G1 (□) y G3 (Δ).

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**LOS RIESGOS LABORALES EN PyMES DEL SECTOR ALIMENTARIO  
EN SANTIAGO DEL ESTERO**

**Luis H. García <sup>(1)\*</sup>, Ana L. García <sup>(2)</sup>, Gabriela A. Moya <sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> *Facultad de Agronomía y Agroindustrias, UNSE*

<sup>(2)</sup> *Facultad de Ciencias Sociales, Humanidades y de la Salud – UNSE*

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [lgarcia@unse.edu.ar](mailto:lgarcia@unse.edu.ar)

**RESUMEN**

*Santiago del Estero cuenta con escasa información sobre el nivel de cumplimiento de la Ley de Higiene y Seguridad del Trabajo en las PyMES del sector Alimentario. Para ello se analizaron diez Pequeñas y Medianas Empresas del sector del Con-urbano Santiago – La Banda, evaluado el riesgo de los peligros laborales más frecuentes y el nivel de intervención que requieren. El 30 % de las PyMEs analizadas tienen un buen nivel de cumplimiento. Un 30 % cuenta con niveles regulares de cumplimiento y requieren de una inmediata intervención de especialistas. El 40 % restante, con nivel malo de cumplimiento, requieren urgente plan de intervención para mejorar sus condiciones de Higiene y Seguridad para sus trabajadores. Se observa que las empresas de mayor envergadura están en mejores condiciones de cumplimiento, sin embargo, siempre existen factores de “Altos Riesgos”, como el ergonómico, estrés térmico, incendio, toxicológico y accidentes in-itínere, que constituyen “situaciones críticas” y requieren de una inmediata intervención, para evitar accidentes y enfermedades profesionales.*

**ABSTRACT**

*Santiago del Estero has little information on the level of compliance with the Occupational Hygiene and Safety Law in SMEs in the Food sector. To this end, ten Small and Medium Enterprises in the Con-urbano Santiago - La Banda sector were analyzed, evaluating the risk of the most frequent occupational hazards and the level of intervention they require. 30% of the SMEs analyzed have a good level of compliance. 30% have regular levels of compliance and require immediate intervention by specialists. The remaining 40%, with a poor level of compliance, require an urgent intervention plan to improve their Hygiene and Safety conditions for their workers. It is observed that the largest companies are in better conditions of compliance, however, there are always "High Risk" factors, such as ergonomics, thermal stress, fire, toxicology and on-the-road accidents, which constitute "critical situations" and require immediate intervention to avoid accidents and professional illnesses.*

*Palabras claves: peligros laborales, prevención, ergonomía, incendios, estrés térmico*

**INTRODUCCIÓN**

La seguridad en las actividades productivas se ocupa de dar lineamientos generales para el manejo de riesgos en el ámbito laboral. Las actividades productivas incluyen una gran variedad de operaciones, como, por ejemplo, elaboración, transformación de materias primas, transporte, almacenamiento, gestión de desperdicios, etc. Todas y cada una de ellas conlleva consigo, peligros inherentes a la actividad y que requieren un manejo cuidadoso.

En Argentina la Ley 19.587/72 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, se destaca en la protección de la vida, preservar y mantener la integridad psico-física de los trabajadores; prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos, estimular y desarrollar la prevención de accidentes o enfermedades derivados de la actividad laboral.

La Ley de Riesgo de Trabajo 24.557/95, plantea entre sus objetivos: a) reducir los siniestros laborales, b) reparar daños derivados de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales y c) promover la re-educación y re-colocación de los trabajadores damnificados.

Los infortunios laborales lo sufren siempre dos personas: el empleado en su cuerpo y el empleador en sus ganancias. Siempre hay costos a nivel económico y a nivel humano, por eso es importante conocerlos porque de esa manera podremos relacionarlos con los costos de la actividad productiva de la empresa que sin duda aumentarán a medida que aumenten los accidentes. Esto es ampliamente conocido por las grandes empresas, que invierten grandes sumas de dinero en Seguridad y Medicina del Trabajo para evitar accidentes sabiendo que a la larga le resultará conveniente. (Rostagno 2005).

Objetivos: i) evaluar el grado de adecuación ante la Ley de Higiene y Seguridad del Trabajo de algunas PyMEs del sector alimentario de Santiago del Estero, ii) conocer el nivel de exposición de los Factores Riesgos Laborales de los trabajadores y iii) estimar la vulnerabilidad económica financiera de las empresas ante accidentes o enfermedades laborales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron diez empresas del sector alimentario vinculadas a las actividades de extensión de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Las actividades de las empresas seleccionadas son: Elaboradora de pastas secas, Conservas de vegetales, Agua mineral y soda, Helados artesanales, Helados industrial, Explotación apícola y cuatro Panaderías

A los fines de poder valorar el estado de cumplimiento de las condiciones de Higiene y Seguridad laboral, establecidas por ley, por parte de estas, se llevaron a cabo dos actividades:

- Diagnóstico General de las Condiciones y Medio Ambiente del Trabajo (CyMAT)
- Relevamiento y Valoración de los Riesgos Laborales más predominantes.

Se analizaron las CyMAT, mediante entrevistas realizadas a las empresas utilizando una lista de verificación y evaluación de riesgos según Prieto, S. (2001).

Los tópicos incluidos en la lista de verificación son: I.- Organización para la prevención de riesgos de trabajo, II.- Capacitación, III.- Planta Física, IV.- Prevención y control de incendios, V: Instalaciones eléctricas, VI. - Manejo, transporte y almacenamiento de materiales, VII.- Protección de maquinarias y equipos, VIII.- Herramientas, IX.- Equipo de protección personal, X.- Orden y limpieza, XI.- Difusión, XII.- Condiciones del medio ambiente de trabajo.

La aplicación de la Lista de Verificación tiene como objeto diagnosticar las condiciones de seguridad e higiene en forma general y así conocer la situación en la que se encuentra actualmente el sector en forma cualitativa en 4 (cuatro) categorías según el porcentaje de cumplimiento de los tópicos propuestos: MUY BUENAS: 85-100 %, BUENAS: 70-84 %, REGULARES: 55-69 %, MALAS: < 54 %

Los riesgos identificados a través de las auditorías se evaluaron mediante el Método Simplificado de Evaluación de Riesgos Laborales NTP 330. Tomando en cuenta las siguientes ponderaciones para determinar la gravedad del riesgo que pudiera existir en caso de que se presente un accidente: **0.- No hay riesgo, 1.- Hay riesgo pequeño, 2.- Existe riesgo medio, 3.- Alto riesgo.**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa en la Tabla 1, que del total de las PyMEs estudiadas sólo un 30 % tienen un nivel de cumplimiento aceptable (buena). Otro 30 % con niveles de cumplimiento regulares, requieren de una inmediata intervención de especialistas. El 40 % restante, con niveles malos de cumplimiento, requieren urgente plan de intervención para mejorar sus condiciones de Higiene y Seguridad Laboral.

**Tabla 1.- Valoración General de las Condiciones de HyS de las PyMEs**

PyMEs	Nivel de Cumplimiento (%)			
	Muy Buena	Buena	Regular	Mala
Elaboradora Pasta Seca		74%		
Conservas Vegetales			59 %	
Agua mineral y soda			65 %	
Helados Artesanales		70 %		
Helados Industriales			68 %	
Explotación Apícola				35 %
Panadería 1		72 %		
Panadería 2				24 %
Panadería 3				38 %
Panadería 4				42 %
<b>Rango de Valoración</b>	<b>85-100 %</b>	<b>70-84%</b>	<b>55-69 %</b>	<b>&lt; 54 %</b>

Al evaluar los peligros más relevantes en cada PyME, por el nivel de riesgo y el nivel de intervención que requieren (Tabla 2), se evidencia que, aunque las empresas tengan niveles aceptables de cumplimientos de acuerdo con la lista de verificación (Tabla1), existen factores de “Altos Riesgos” que necesitan ser identificados, evaluados y controlados, para evitar accidentes y enfermedades profesionales.

**Tabla 2.- Evaluación de los Riesgos Identificados de las PyMES**

PyMEs	Nivel de Riesgo y Nivel de Intervención			
	0 (sin riesgo) No intervenir	1 (riesgo bajo) Mejorar si es posible	2 (riesgo medio) Corregir y controlar	3 (riesgo alto) Situación crítica
Elaboradora Pasta Seca		Riesgo eléctrico	Ruidos, Incendio	LMC, Estrés Térmico, Material particulado en aire
Conservas Vegetales		Mecánicos	Incendio, Eléctrico, calderas	Ergonómicos, Estrés Térmico, Ruidos y Vibración
Agua mineral y soda			Incendio, Eléctrico	Químico, Ergonómicos, Ruidos
Helados Artesanales		Eléctricos, Iluminación	Ergonómicos, Incendio	Accidente In-Itínere
Helados Industriales		Iluminación, Ruido y Vibración	Eléctricos, Mecánicos	Accidente In-Itínere, Ergonómicos, Incendio
Explotación Apícola			Mecánicos	Ergonómicos, Estrés Térmico, Toxicológico.
Panaderías (1,2,3 y 4)			Mecánicos, Eléctricos, Ruidos	Accidente In-Itínere, ergonómicos, Material Particulado, Estrés Térmico

Los factores de Riesgos que requieren una intervención inmediata son: Ergonómico, Estrés Térmico, Incendio, Toxicológico y accidentes In-Itínere.

## **CONCLUSIONES**

Las empresas de mayor envergadura están en mejores condiciones de cumplimiento con las exigencias establecidas por la Ley de Higiene y Seguridad Laboral.

Las Pequeñas y Medianas Empresas, estudiadas, no cuentan en su organización, con una estructura para evitar accidentes o enfermedades laborales. Desconocen la importancia de la prevención, asumiendo que los accidentes se corrigen, en lugar de prevenirlos. Se pone mayor énfasis en los efectos y no en las causas que producen los accidentes.

Los costos directos asociados a un accidente laboral o enfermedad profesional son cubiertos por la Aseguradora de Riesgos del Trabajo, sin embargo, los costos indirectos son cubiertos por la PyME. Éstos últimos pueden llegar a ser 20 veces mayores que los costos directos, por lo que una contingencia laboral pone en situación de vulnerabilidad económica-financiera a la empresa, muchas veces ocasionando el cierre de la misma.

Las condiciones de Seguridad e Higiene para el personal de PyMEs analizadas, del sector de la alimentación en el conurbano Santiago-La Banda, requieren de una pronta intervención de especialistas en el tema a los fines de prevenir accidentes y enfermedades laborales. Sin embargo, son necesarias más evaluaciones abarcando mayor número de PyMEs, para obtener conclusiones más representativas.

## **REFERENCIAS**

1. Prieto, S. (2001). Curso básico seguridad y salud en el trabajo. República de Cuba: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
2. Ministerio de Trabajo y Asuntos sociales España (2001) - Instituto Español de Seguridad e Higiene en el Trabajo: "Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente" NTP 330
3. Rostagno H. F. (2005). "Costo de los Accidentes de Trabajo". Estructplan. <https://ESTRUCPLAN.COM.AR/COSTOS-DE-LOS-ACCIDENTES-DE-TRABAJO/>

## ESTUDIO ERGONÓMICO EN ACTIVIDADES APÍCOLAS DE SANTIAGO DEL ESTERO POR EL MÉTODO LMQ

Luis H. García<sup>(1)\*</sup>, Gabriela A. Moya<sup>(1)</sup>, Sandra L. Martínez<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICyTA), Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [lgarcia@unse.edu.ar](mailto:lgarcia@unse.edu.ar)

### RESUMEN

La actividad apícola en Santiago del Estero está ampliamente difundida en los pequeños y medianos productores y constituye la principal fuente de ingresos de un gran número de minifundistas. El proceso de cosecha, extracción y envasado de miel constituyen actividades de alto riesgo para la salud del trabajador, es por ello que el objetivo del trabajo fue evaluar el riesgo ergonómico de los puestos de trabajo considerados críticos para la salud del trabajador en la actividad apícola. Se realizaron evaluaciones en los puestos de trabajo durante la cosecha, transporte y envasado de miel en la Escuela de Agricultura, Ganadería y Granja perteneciente a la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. De la aplicación del protocolo de ergonomía de la Resolución SRT N° 886/15, surge la necesidad de realizar un estudio de riesgos por Trastornos Músculos-Esquelético. Los puestos analizados se caracterizan por los siguientes factores de riesgos: levantamiento y descenso manual de cargas; empuje y arrastre manual; transporte manual; bipedestación; movimiento repetitivos; estrés térmico y estrés de contacto. Se establecieron las condiciones de trabajo para evaluar el riesgo ergonómico por el método de levantamiento manual de cargas (LMQ). La carga máxima admisible, como consecuencia de llevar a cabo las tareas, es de 16 Kg y es considerablemente menor a 25 Kg que levantan los operarios. Por ello se asevera, que existe riesgo de trastorno músculo esquelético en zona de lumbago y hombros y requiere de intervención inmediata para modificar la forma de trabajo y disminuir el riesgo laboral hasta valores aceptables.

### ABSTRACT

Beekeeping activity in Santiago del Estero is widespread among small and medium producers and constitutes the main source of income for a large number of smallholders. The process of harvesting, extracting and packaging honey constitute activities of high risk for the health of the worker, which is why the objective of the work was to evaluate the ergonomic risk of the jobs considered critical for the health of the worker in the beekeeping activity. . Evaluations were carried out in the workplaces during the harvest, transport and packaging of honey in the School of Agriculture, Livestock and Farm belonging to the Faculty of Agronomy and Agroindustries of the National University of Santiago del Estero. From the application of the ergonomics protocol of SRT Resolution No. 886/15, the need arises to carry out a risk study for Musculoskeletal Disorders. The positions analyzed are characterized by the following risk factors: manual lifting and lowering of loads; manual push and pull; manual transport; standing; repetitive movement; thermal stress and contact stress. The working conditions were established to evaluate the ergonomic risk by the method of manual lifting of loads (LMQ). The maximum admissible load, as a result of carrying out the tasks, is 16 Kg and is considerably less than the 25 Kg that the operators lift. For this reason, it is asserted that there is a risk of musculoskeletal disorder in the lumbago and shoulder area and requires immediate intervention to modify the way of working and reduce occupational risk to acceptable values.

Palabras clave: apicultura, ergonomía, trastornos músculo esquelético

## INTRODUCCIÓN

La actividad apícola en Santiago del Estero está ampliamente difundida en los pequeños y medianos productores y constituye la principal fuente de ingresos de un gran número de minifundistas.

La Escuela de agricultura ganadería y granja perteneciente a la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (EAGyG-FAyA-UNSE), tiene entre sus principales actividades productivas el sector apícola en donde se producen miel, polen, propóleos, jalea real, núcleos de abejas reinas y cera. Si bien el principal objetivo del sector es educativo, la obtención de los productos de la colmena para fines comerciales es una actividad que se lleva adelante desde los inicios de la Escuela.

El apiario consta de 60 colmenas para la producción de miel, polen y propóleo y 50 para la producción de núcleos, reinas y jalea real. Se afectan cuatro empleados para el manejo del apiario, mantenimiento, cosecha y extracción de miel. En temporadas buenas, las expectativas de producción son de 40 kg de miel por colmena, sin embargo, el promedio real es de 25 a 35 kg por colmena en dos cosechas anuales.

El proceso de cosecha, extracción y envasado de miel constituyen actividades de alto riesgo para la salud del trabajador, debido a que: a) se realiza en épocas del año de calor intenso, b) requiere de equipos especiales de protección contra el insecto, c) el calor y el equipo de protección hacen que el operario sufra de estrés térmico, d) en la cosecha se trabaja a destajo durante la noche hasta terminar la tarea, e) el transporte de carga es manual, numerosa, pesa entre 25-43 kg y se lleva a cabo en superficies muy irregulares, f) el uso de humo produce asfixias, intoxicación, quemaduras y focos ígneos, g) es habitual que la cosecha se realice en horarios nocturnos, h) durante la extracción y envasado, los operarios están sometidos a posiciones forzadas y repetitivas. i) se manipulan tambores de más de 300 kg.

Debido a que los operarios manifiestan presentar síntomas de trastornos músculo-esquelético (TME), se hace necesaria la evaluación ergonómica de la actividad apícola.

Para ello existe el Decreto PEN 351/79 de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo, sin embargo, este es ambiguo en relación a los estudios de ergonomía que se exigen a las empresas. Por ello la Resolución MTESS N° 295/03, establece las especificaciones técnicas de dos métodos de evaluaciones: Método Nivel de Actividad Manual (NAM) y Método Levantamiento Manual de Cargas (LMQ). El primero de ellos se aplica en "monotareas", trabajos que implican movimientos y esfuerzos repetitivos realizados durante cuatro o más horas al día. El segundo, consigna en tres tablas los -Valores Límites para el Levantamiento Manual de Cargas- para dos tipos de manejos de cargas (horizontal y de altura). Hay que tener en cuenta que todos los métodos e instrumentos tienen limitaciones para su aplicación, por lo cual hay que conocer su alcance y las condiciones bajo las cuales es válida su implementación.

Por las características de las tareas en la cosecha, extracción y envasado de miel, el método LMQ es el más adecuado para la evaluación de los riesgos ergonómicos. El objetivo del trabajo fue realizar la evaluación ergonómica de los puestos de trabajo considerados críticos para la salud del trabajador en el Área de Apicultura, mediante este método.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el sector de apicultura de la Escuela de agricultura ganadería y granja de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

A los fines de la identificación de factores de riesgos se aplicó el protocolo de ergonomía establecido por la Superintendencia de Riesgo del Trabajo (SRT) en cumplimiento al Artículo 6° de la Resolución SRT N° 886/15.

Se empleó el método de LMQ en los puestos de trabajo: i) cosecha de miel (cambio, transporte y acopio de alzas de 25 Kg) y ii) extracción de miel (levantamiento, transporte de alzas con miel y acopio de alzas vacías). Se evaluó el riesgo ergonómico de cinco empleados, en cada puesto de trabajo, registrando las siguientes variables: a) tiempo empleado en los levantamientos manuales de cargas, dentro de los 30 grados del plano (neutro) sagital (h/turno), b) número total de levantamientos por turno, c) frecuencia (números de levantamientos/hora), d) altura de levantamiento de la carga (cm), e) desplazamiento horizontal de la carga (cm), f) peso de la carga (kg).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los puestos de trabajo analizados se caracterizaron por los siguientes factores de riesgos ergonómicos, de acuerdo con la Resolución SRT 886/15: a) levantamiento y descenso manual de cargas; b) empuje y arrastre manual; c) transporte manual; d) bipedestación; e) movimientos repetitivos, f) estrés térmico y g) estrés de

contacto. La presencia de estos factores de riesgos, considerados como no tolerables para el operario, según Resolución SRT N° 886/15, hace necesaria la evaluación del riesgo por ergonomía.

Al aplicar el Método LMQ en cada puesto de trabajo se determinaron los siguientes valores medios:

- Total de levantamientos por turno = 30 alzas x 2 levantamientos (cosecha) + 30 alzas x 3 levantamientos (extracción) = 150 levantamientos x turno
- Frecuencia de levantamientos = 18,74 levantamientos/hora (en turno de ocho horas)
- Altura del movimiento: desde la mitad de las espinillas hasta por debajo del hombro (situación más favorable para el trabajador con menor esfuerzo, es decir mayor límite de carga).
- Situación horizontal del levantamiento = 30 cm (levantamientos intermedios)
- Peso promedio de medias alzas con miel: 25 kg (no se tuvieron en cuenta las alzas de medidas estándar de 43 kg).

Se aclara que en este estudio se consideró el menor esfuerzo del trabajador y no se tuvo en cuenta el giro de tronco ya que el método LMQ no lo contempla.

Según los resultados obtenidos corresponde aplicar la Tabla 2 de la Resolución MTESS N° 295/03, donde se consignan los valores límites de levantamiento de cargas (en Kg) para tareas > 2 horas al día con > 12 y ≤ 30 levantamientos/ hora o ≤ 2 horas al día con 60 y ≤ 360 levantamientos/hora.

Tabla 2: Tareas > 2 horas / día con 12 < levantamientos / h ≤ 30 (LMQ)

Situación horizontal del levantamiento	Levantamiento próximo: origen < 30 cm desde el punto medio entre los tobillos	Levantamiento intermedio: origen de 30 a 60 cm desde el punto medio entre los tobillos	Levantamiento alejado: origen > 60 a 80 cm desde el punto medio entre los tobillos
Altura del levantamiento			
Hasta 30 cm por encima del hombro desde una altura de 8 cm por debajo del mismo.	14 Kg	5 Kg	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos
Desde la altura de los nudillos hasta por debajo del hombro	27 Kg	14 Kg	7 Kg
<b>Desde la mitad de la espinilla hasta la altura de los nudillos</b>	<b>16 Kg</b>	11 Kg	5 Kg
Desde el suelo hasta la mitad de la espinilla	14 Kg	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos	No se conoce un límite seguro para levantamientos repetidos

Fuente: Resolución MTESS N° 295/03

En la Tabla 2 se puede observar que la carga máxima admisible es de 16 Kg que es considerablemente menor a 25 Kg de cada media alza levantada por los operarios. Por lo tanto, existe riesgo de trastorno músculo esquelético en zona de lumbago y hombros.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a las evaluaciones de riesgo ergonómico del sector de apicultura, por el **Método Levantamiento Manual de Cargas – LMQ**, existe riesgo de trastornos músculo-esqueléticos para el trabajador, por lo que, este tipo de tarea es inadmisibles desde el punto de vista ergonómico.

El modo de llevar a cabo las tareas requiere de un nivel de intervención inmediata para modificar la forma de trabajo y disminuir el riesgo laboral hasta valores aceptables.

La evaluación por este método no contempla la multiplicidad de acciones que realiza el mismo operario durante la jornada de trabajo, por lo que es recomendable realizar evaluaciones con otros métodos que analicen la actividad apícola como un conjunto de tareas múltiples y variadas, para tener mayor certeza del riesgo ergonómico de los trabajadores.

Conforme a la planilla N° 3 del Anexo I de la Resolución SRT N° 886/15, es necesario definir un Programa de Ergonomía Integrado (PEI) para el sector, donde las medidas correctivas y preventivas deben ser implementadas en forma participativa con los trabajadores.

## **REFERENCIAS**

1. Decreto Poder Ejecutivo Nacional (PEN) N° 351 (1979) “Higiene y Seguridad en el trabajo LEY N° 19.587 – Reglamentación”.
2. Resolución Ministerio de Trabajo, empleo y seguridad social (MTESS) N° 295 (2003). “Especificaciones Técnicas sobre Ergonomía y levantamiento Manual de Cargas y ....”
3. Resolución Superintendencia de riesgo de trabajo (SRT) N° 886 (2015) “Protocolo de Ergonomía”

## COMPARACIÓN DE UNA COLUMNA DE CARBONATACIÓN DE UNA SECCIÓN FRENTE A OTRA DE DOS

Jaime A. Irahola Ferreira <sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca 10 - San Salvador de Jujuy,  
Argentina.

\*[irahola.j@gmail.com](mailto:irahola.j@gmail.com)

### RESUMEN

Usando un simulador comercial se diseñan y luego se comparan tres columnas de carbonatación. Se analizan dos aspectos: el costo y la producción de bicarbonato de sodio. Una de ellas presenta una sola sección, es decir una columna de un solo diámetro. La otra consta de dos secciones siendo la inferior de diámetro mayor que la sección superior. Se estudia una columna de carbonatación refrigerada (plato 11) de platos perforados, de la cual se conoce el número de platos, los caudales, presión, temperatura y composición de las corrientes de entrada, según datos de bibliografía. Usando un simulador se encuentra las dimensiones de la columna y toda la información de las corrientes de salida, tanto para la columna de una sección como para la de dos secciones. Luego se propone el estudio de otra columna más. Esta es de dos secciones, pero, en este caso, se cambia el caudal de la corriente gaseosa que ingresa y el calor a extraer debido a la refrigeración de la columna. Se encontró que tanto el costo total de capital como el costo total de servicios es menor de la columna de una sección que las otras de dos secciones. En cambio, la estabilidad hidrodinámica es mejor en las columnas de dos secciones. Si se tiene en cuenta el reactivo total, es decir, la suma de las corrientes de entrada, la columna de dos secciones mejorada presenta una producción de bicarbonato de sodio 9.3% mayor que en las otras columnas y una pérdida de CO<sub>2</sub> por tope 21% menor cuando se tiene en cuenta solo el gas alimentado.

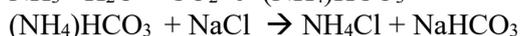
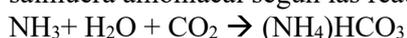
### ABSTRACT

Using a commercial simulator, three carbonation columns are designed and then compared. Two aspects are analyzed: the cost and the production of sodium bicarbonate. One of them has a single section, that is, a column with a single diameter. The other consists of two sections, the lower one having a larger diameter than the upper section. A refrigerated sieve trays carbonation tower (tray 11) is studied. The number of trays, flow rates, pressure, temperature and composition of the inlet currents are known, according to bibliographic data. Using a simulator, the dimensions of the column and all the information of the output currents are found, both for the column of one section and for that of two sections. Then the study of another column is proposed. This is of two sections, but, in this case, the flow rate of the gaseous current that enters and the heat to be extracted due to the cooling of the column are changed. It was found that both the Total Capital Cost and the Total Operating Cost is lower for the column of one section than for the other two sections. On the other hand, hydrodynamic stability is better in columns with two sections. If the total reactant is taken into account, that is, the sum of the inlet currents, the improved two-section column presents a production of sodium bicarbonate 9.3% higher than in the other columns and a loss of CO<sub>2</sub> per top 21% lower when only the fed gas is taken into account.

**Palabras Claves:** Columna, Carbonatación, Simulación.

## Introducción

La soda Ash, o carbonato de sodio, se usa como materia prima en muchas ramas de la industria, como ser: siderurgia, vidrio, detergentes, regulador de pH, cerámica, etc. A los usos tradicionales, se debe agregar también, que el carbonato de sodio es un componente importante en la producción de carbonato de litio. Respecto a lo último, la importancia se ve reflejado en la propuesta de Lopez. et al. (2020) de un proyecto respecto a la instalación de una planta de carbonato de sodio en el noroeste argentino, para la producción de carbonato de litio. El carbonato de sodio puede hallarse en la naturaleza u obtenerse artificialmente con los procesos Solvay o Leblanc (Cervera, 2006). En este trabajo se estudia la columna de carbonatación presente en el proceso Solvay, en éste, el bicarbonato de sodio es formado por absorción de dióxido de carbono en salmuera amoniacal según las reacciones:



La sal amoniacal ingresa a la columna por el tope y la corriente gaseosa por cola. El exceso de dióxido de carbono se extrae por el tope, y por cola, se obtiene el bicarbonato de sodio. Este es lavado y filtrado en un filtro rotatorio y luego enviado a secado o etapa de calcinación, donde el bicarbonato de sodio se descompone en carbonato de sodio. Respecto al diseño de las columnas de carbonatación, aunque el proceso es ampliamente conocido, son escasas las publicaciones al respecto. En particular, se puede citar el trabajo de Cervera et. al. (2006); en él se puede ver un desarrollo amplio referente al diseño y especificación de todos los equipos involucrados en el proceso de soda Solvay. Consideran una torre de carbonatación con una etapa de refrigeración. pero no tienen en cuenta la funcionalidad con la temperatura de todas las propiedades, en cada una de las etapas de la torre. Tampoco se observa un estudio detallado de la hidrodinámica de la torre. También se puede ver en la bibliografía (Cormos, 2007) un trabajo respecto a una mejor manufactura de soda Ash usando el simulador Aspen Plus. Si bien se presenta la simulación de una planta real, poco o nada, se dice del estudio de cada etapa. Sin embargo, es valioso saber que el modelado con Aspen Plus dio como resultado simulaciones representativas de la realidad. En este trabajo, se continua una serie de estudios presentados sobre torres de carbonatación, donde se analizaron diversos aspectos como, por ejemplo: rendimiento, sensibilidad, refrigeración, entre otros.

## Estudio comparativo

Se desea comparar tres columnas de carbonatación: una de ellas con una sola sección, es decir, el diámetro de la columna es único y otra en la que el diámetro es diferente entre la primera y segunda sección. (En un estudio se parte de condiciones de entrada iguales y en otro se mejora, en lo posible, las condiciones de la columna de 2 secciones)

## Metodología

### -Datos del Problema

La corriente de salmuera amoniacal (SAL) ingresa a la columna por el tope y la corriente gaseosa (GAS) por cola. El exceso de dióxido de carbono se extrae por el tope (PUR), y por cola, se obtiene el bicarbonato de sodio (BIC). Los datos de los que se parte son los que están en la Tabla 1. La composición y temperatura de las corrientes se obtuvo de Cervera (2006). Las columnas a diseñar deben ser de 13 platos perforados y tener refrigerado el plato 11. Ello, considerando que esta situación es comparativamente mejor, desde el punto de vista del rendimiento de carbonato de sodio, que otras alternativas discutidas en el trabajo de Irahola (2021).

### Diseño de las columnas

En función de los datos establecidos, se encuentra las dimensiones de la columna, las condiciones de operación, los caudales, temperaturas y composiciones de las corrientes de salida. Se diseñan tres columnas una, de una sección (CS1), otra de dos secciones de diámetros diferentes (CS2) con iguales condiciones de entrada que CS1 y una tercera (CS2-M) con dos secciones de diámetros diferentes, pero en ésta se trató de mejorar en lo posible la operación. Para ello se buscó una mejor combinación de caudales de las corrientes de entrada y se probó con incrementar la refrigeración. En cualquier caso, el

Tabla 1. Datos de las corrientes de entrada

Corriente	GAS	SAL	
Flujo Másico Kg/h	19000	38000	
Temp °C	59	25	
Presión Bar	2,14	1	
Fracción Másica		Fracción Másica	
CO <sub>2</sub>	0,46027	H <sub>2</sub> O	0,68035
CO	0,00468	NA <sup>+</sup>	0,09007
N <sub>2</sub>	0,50616	Cl <sup>-</sup>	0,13890
O <sub>2</sub>	0,02888	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,00007
		OH <sup>-</sup>	0,00007
		NH <sub>3</sub>	0,09054

diseño de las columnas debe satisfacer dos restricciones, para considerar que el diseño es correcto: (i) La temperatura del producto (corriente BIC) debe estar aproximadamente en el intervalo de temperatura [25, 30]°C y (ii) el punto de operación de todas y cada una de las etapas de la columna debe estar dentro el área de operación satisfactoria en el diagrama de estabilidad de la bandeja (caudal de vapor vs caudal de líquido). Cuando se diseña CS1 se observa que el simulador converge pero que la etapa 11 no satisface el requisito (ii) por lo que se debe incrementar la distancia entre platos a 0,65 m. Luego se procede a diseñar CS2: Se mantienen las condiciones de entrada y la cantidad de calor a extraer, iguales a CS1. Ahora, además de la variable correspondiente a los dos diámetros diferentes de cada sección, se estudia la alternativa de una o dos zonas activas, esto es que tienen uno o dos pasos o canales de bajada en la sección inferior (platos: 11, 12 y 13). Se adopta dos pasos, por mejor estabilidad de la columna a costos prácticamente, iguales. Finalmente, solo se mantiene el número de platos y la composición de las corrientes de entrada y se hace el diseño de la columna de dos secciones (CS2-M) que se pretende sea mejor que CS2.

## Resultados

A continuación, se presenta las propiedades y caudales de las corrientes de salida: “BIC” y “PUR”, de las 3 columnas estudiadas (Tabla 2). Cabe aclarar, que para CS2-M la corriente de entrada es: GAS=16.000 Kg/hr.

Tabla 2. Propiedades y caudales de corrientes de salida de las columnas calculadas

Corriente	Unidades	CS1	CS2	CS2-M	CS1	CS2	CS2-M
		BIC	BIC	BIC	PUR	PUR	PUR
Fase					Vapor	Vapor	Vapor
Temperatura	C	30,138	30,141	30,162	58,001	58,001	58,013
Presión	bar	2,139	2,139	2,139	2	2	2
Caudal	kg/hr	40112,379	40112,079	40512,263	16887,622	16887,922	13487,738
H <sub>2</sub> O	kg/hr	23586,213	23586,319	23636,953	653,800	653,810	530,382
CO <sub>2</sub>	kg/hr	159,550	159,519	154,933	4637,945	4638,260	3084,195
CO	kg/hr	0,087	0,087	0,084	88,877	88,877	74,833
N <sub>2</sub>	kg/hr	7,074	7,073	6,920	9610,007	9610,008	8091,675
O <sub>2</sub>	kg/hr	0,757	0,757	0,739	547,995	547,995	461,368
NA+	kg/hr	1721,280	1721,413	1661,224	0	0	0
Cl-	kg/hr	5278,259	5278,259	5278,259	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	kg/hr	1620,776	1620,660	1693,868	0	0	0
OH-	kg/hr	0	0	0	0	0	0
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	kg/hr	0	0	0	0	0	0
NH <sub>3</sub>	kg/hr	563,972	564,108	598,674	1348,997	1348,970	1245,284
NAHCO <sub>3</sub>	kg/hr	6216,634	6216,147	6436,089	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	kg/hr	948,870	948,828	1034,536	3,0754E-33	0	0
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	kg/hr	8,907	8,909	9,983	2,2762E-34	0	0

La información de las columnas diseñadas se detalla en la Tabla 3. Los costos reportados son los calculados por el simulador.

Tabla 3. Datos de las columnas diseñadas

Columna	Sección	Etapas Inicial	Etapas Final	Espaciamiento (m)	Diam. (m)	Altura de la Sección (m)	Costo de capital [USD]	Costo de servicios [USD/Año]
CS1	CS-1	1	13	0,65	1,6294792	8,45	2159640	41778
CS2	CS-1	1	10	0,61	1,3047937	6,1	2185500	41778
	CS-2	11	13		1,524799	1,83		
CS2-M	CS-1	1	10	0,61	1,2	6,1	2169030	43336
	CS-2	11	13		1,5	1,83		

## Discusión

Cuando se analizan los resultados del diseño interno de la columna CS1, se observa que la refrigeración de la etapa 11 provoca que esta se inunde y que los platos restantes trabajen con alturas de carga bajas. Eso podría hacer suponer que si se aprovechase mejor los platos superiores (1 a 10) reduciendo el diámetro de los mismos la columna podría trabajar igual o mejor y tener un menor costo. Esa fue la idea o la pregunta que se pretende dilucidar en este trabajo. Según la tabla 3, desde el punto de vista de costos la opción CS1 es mejor que las otras dos. Sin embargo, desde el punto de vista de estabilidad hidrodinámica las opciones de columnas con 2 secciones son mejores. Para este caso en estudio, el diseño de la columna CS1 ha sido el mejor logrado y en esta oportunidad, no se pudo mejorarlo más. Quizás, esa sea la razón por la cual CS2 con un Pase en la sección 2 presenta un comportamiento parecido a CS1 desde el punto de vista del equilibrio hidráulico de los platos. La situación se resuelve rápidamente al adoptar 2 pasos y el equilibrio resulta mejor que el de CS1. En CS1 se pierde por tope (PUR) 0,244 [Kg (CO<sub>2</sub>)/Kg (GAS)] mientras que con CS2-M solo se pierde 0,193. O sea, 21% menos. Por otro parte, con CS2-M se produce 11,92% de NaHCO<sub>3</sub> respecto al total de reactivo que ingresa por las corrientes de entrada frente al 10,91% de CS1. Dicho de otra manera, se produce 9,3% más en CS2-M que en CS1. Finalmente, se debe señalar que las dos restricciones a satisfacer (rango de temperatura y equilibrio hidrodinámico en el plato), son dos fuertes limitaciones a la hora de buscar el mejor punto de operación y las mejores dimensiones de la columna.

## Conclusiones

Considerando los datos del problema, el estudio comparativo ha demostrado que la columna de carbonatación CS1 es de menor costo total de capital y operativo que otra con dos secciones de diámetro diferente. Las CS2 y CS2-M son más estables desde el punto de vista hidrodinámico que CS1. Una columna de 2 secciones como, por ejemplo, CS2-M presenta una producción de bicarbonato de sodio 9.3% mayor que en CS1 y una pérdida de CO<sub>2</sub> por tope 21% menor que en CS1, respecto al gas alimentado.

## REFERENCIAS

1. L. Cervera Gracia, L. Izquierdo, J. P. Labrozzi, M. Moreno, E. O. Ordóñez, R. Vidal. “Planta de producción de carbonato sódico”. Tesina de Ingeniería Química.(2006)Escuela Técnica Superior de Ingeniería.
2. A. Cormos, C. C. Cormos, P. Agachi. “Making soda ash manufacture more sustainable. A modeling study using ASPEN Plus”. 17th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE17. (2007)
3. Irahola Ferreira, Jaime A. “Selección de la etapa óptima a refrigerar en una columna de carbonatación”. Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería. CLADI.(2021) Facultad de Ingeniería de la UBA, Buenos Aires
4. V. López de Azarevich, I. B. Schalamuk y M. Azarevich. “Proyecto: instalación de una planta de carbonato de sodio en el noroeste argentino, para la producción de carbonato de litio”. El litio en la Argentina: visiones y aportes multidisciplinarios desde la UNLP. Universidad Nacional de La Plata. 2020, p 221-229.

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**BIOSURFACTANTES MICROBIANOS: PRODUCCION Y CARACTERIZACION**

**Mariano Rivero** <sup>(1,4)</sup>, **Carla V. Coronel** <sup>(2)</sup>, **Augusto E. D´Ambrosio-Ornass** <sup>(3)</sup>, **Viltes Sánchez Agustina S.** <sup>(1)</sup>, **Pablo Cuesta** <sup>(3,4)</sup>, **Victoria Wierna** <sup>(3,4)</sup>, **Dolores Gutiérrez-Cacciabue** <sup>(1,4)</sup>,  
**Verónica B. Rajal** <sup>(1,4)</sup>, **Verónica P Irazusta** <sup>(2,4)\*</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta (UNSa), Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ciencias Naturales, UNSa, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup> Facultad de Ciencias Exactas, UNSa, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(4)</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI) – CONICET – UNSa, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico (Verónica Irazusta): [irazustaveronica@gmail.com](mailto:irazustaveronica@gmail.com)

**RESUMEN**

*Los biosurfactantes son moléculas producidas por microorganismos como parte de su metabolismo. Presentan varias ventajas sobre sus pares sintéticos, con el beneficio adicional de ser biodegradables y no tóxicos. Una de las desventajas son sus altos costos de producción a gran escala. Para afrontar este problema podría utilizarse fuentes de carbono y otros nutrientes económicos como lo son los subproductos agroindustriales. Entre las industrias del Noroeste Argentino se destaca Ledesma, dedicada principalmente a la producción de azúcar, papel y alcohol. De los dos últimos procesos mencionados se obtienen como subproductos licor negro y vinaza. Una de las opciones es darles valor agregado utilizándolos como sustratos económicos en la obtención de biosurfactantes. Hace un par de años Ledesma brindó muestras de licor negro y vinaza, de donde se realizó el aislamiento de microorganismos. Se evaluaron dichas cepas por su capacidad de disminuir la tensión superficial del medio de producción, lo que se correlaciona con la síntesis de biosurfactantes. El objetivo de este trabajo fue obtener moléculas biosurfactantes a partir de microorganismos seleccionados, utilizando para ello los subproductos de esta industria con el propósito de reemplazar a los tensioactivos sintéticos que actualmente se utilizan. Se identificaron molecularmente cinco cepas pre-seleccionadas y se eligió una bacteriana para optimizar la producción de biosurfactantes y para su posterior caracterización.*

**ABSTRACT**

*Biosurfactants are molecules produced by microorganisms as part of their metabolism. They have several advantages over their synthetic counterparts, with the additional benefit of being biodegradable and non-toxic. One of their disadvantages is the high large-scale production costs. To address this a carbon source and other cheap nutrients such as agro-industrial by-products can be used. In northwestern Argentina, Ledesma is an industry mainly dedicated to the production of sugar, paper and alcohol. Black liquor and vinasse are by-products from the latter two processes. One of the options is to use them as economic substrates to obtain biosurfactants. Previously, Ledesma provided black liquor and vinasse samples, from which microorganisms were isolated. These strains were evaluated for their capacity to produce a surface tension decrease of the production medium, which is correlated to the synthesis of biosurfactants. The aim of this work was to obtain biosurfactant molecules from selected microorganisms, using sugar cane by-products to eventually replace the synthetic surfactants currently used in some of their processes. Five pre-selected strains were molecularly identified, and one bacterial strain was selected to optimize the biosurfactants production and for its*

*characterization.*

**Palabras clave:** biosurfactantes, subproductos azucareros, microorganismos extremófilos, identificación molecular, caracterización química

## **Introducción**

Los surfactantes son moléculas anfipáticas con acción tensioactiva que se utilizan principalmente en la industria farmacéutica, alimentaria, cosmética y de limpieza principalmente. Cuando dichas moléculas son producidas por microorganismos se denominan biosurfactantes. Estos tienen varias ventajas sobre sus contrapartes sintéticas: son biodegradables y no se acumulan en el ambiente, tienen bajo nivel de toxicidad y presentan propiedades físicas y químicas (capacidad emulsificante, tolerancia al pH, fuerza iónica, etc.) superiores [Liu et al., 2020]. Sin embargo, los altos costos de producción limitan su aplicación a gran escala. Una opción podría ser utilizar subproductos agroindustriales como sustratos económicos [Liu et al., 2020]. Hace algunos años, Ledesma brindó vinaza y licor negro, de donde se aislaron y seleccionaron cepas capaces de producir biosurfactantes. La vinaza y el licor negro son subproductos de la destilación del alcohol y el proceso de fabricación de papel, y representan opciones interesantes para ser aprovechadas como sustrato. El objetivo de este trabajo fue identificar microorganismos presentes en estos subproductos y obtener biosurfactantes utilizando vinaza en la composición del sustrato. Se pretende conocer las características y propiedades de los tensioactivos producidos, lo cual va de la mano con las aplicaciones potenciales. Esto permitiría disminuir el impacto que la vinaza genera en el medio ambiente y obtener un producto eco- amigable que traería también beneficios a esta industria, contribuyendo al balance de economía circular proyectado por la empresa.

## **Materiales y Métodos**

### **Selección de los microorganismos productores de biosurfactantes**

Previamente se obtuvieron 39 cepas (utilizando los subproductos para el aislamiento y crecimiento de las cepas): 19 de vinaza (y por sus características se clasificaron como acidófilas) y 20 de licor negro (alcalófilas). Se seleccionaron 5 de las 39 cepas con la mejor capacidad de disminuir la tensión superficial (*TS*). La medición de disminuir la *TS* en medios de cultivos en los que crecieron las cepas se realizó mediante la técnica de la gota colgante (ADSA). Se utilizó Goniómetro estándar con patrón de imagen DROP, [modelo 200-00, ramé-hart] y el software Opendrop.

### **Identificación molecular de las cepas seleccionadas**

Se realizó la extracción de ADN de las cinco cepas previamente seleccionadas (Pospiech and Neumann, 1995). Los genes que codifican el ARNr 16S y 18S se amplificaron mediante PCR convencional, utilizando los cebadores universales. La PCR se realizó en un termociclador. El tamaño y la concentración de los productos de PCR se evaluaron mediante electroforesis en gel de agarosa. Los productos de amplificación se enviaron a Macrogen (Seúl, Corea del Sur), donde se llevó a cabo su secuenciación. Las secuencias del gen del ARNr 16S y 18S se analizaron con el programa *Chromas* versión 2.6. Las secuencias de nucleótidos se analizaron mediante búsqueda BLAST (blastn) y se compararon con la base de datos GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) para su identificación parcial donde se cargaron.

### **Purificación y caracterización de las biomoléculas obtenidas**

La precipitación de los biosurfactantes se realizó acidificando el sobrenadante a pH=2 con HCl (3N) a 4 °C, con lavados y centrifugación (10000 rpm a 4 °C por 15 minutos) (Smyth et al., 2010). Sobre este sólido se realizaron extracciones sucesivas con acetona y hexanos, utilizando un baño de ultrasonido. Luego se eliminó cada solvente por evaporación, obteniéndose un sólido conformado por biomoléculas. El sólido fue en CHCl<sub>3</sub>-MeOH, el cual se depositó sobre 10 mg de sílica gel 60 (230- 400 mesh), la cual fue sembrada en una columna cromatográfica flash en fase normal (sílica-gel 60, 230-400 mesh). Para la elusión, se utilizaron, en orden creciente de polaridad, hexanos, diclorometano, metanol y sus mezclas. Se evaluaron las fracciones colectadas de aproximadamente 3 ml cada una, en cromatoplasas (TLC) de sílice, y posteriormente reveladas por su interacción con radiación UV, óleum y cinamaldehído. Posteriormente, se evaluó la capacidad de las fracciones obtenidas por su capacidad de reducir la *TS* en un goniómetro.

## Optimización de la producción de biosurfactantes

En experimentos previos se probaron diferentes concentraciones de vinaza, rangos de pH, caldo nutritivo (CN), aceite y relación carbono nitrógeno (C/N). Se fijó la composición del medio de producción en 0,6 g/l de extracto de levadura; 0,5 g/l de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 0,4 g/l de NaCl; 1% de Vinaza (v/v); 2,5 g/l de aceite de oliva g/l; relación C/N =15. Se realizó un diseño factorial Box-Behnken de 3 factores y 3 niveles para evaluar la influencia de las variables  $T$  (30, 35 y 40 °C),  $pH$  (4, 4,5 y 5) y  $CN$  (0, 2 y 4 g/l) y sus combinaciones en la variación de: densidad óptica ( $DO$ ) la cual indicó el crecimiento microbiano a 600 nm; disminución de la  $TS$  del sobrenadante ( $\Delta TS$ ) y disminución de  $TS$  del extracto con fosfato buffer salino PBS ( $\Delta TS$ -PBS) mediante la técnica ADSA. Para ello se inocularon Erlenmeyers de 100 ml con 20 ml de medio de cultivo con un pre- inóculo de la cepa *Lactobacillus paracasei* a1 crecida en CN ajustando la  $DO$  a 0,2. Los Erlenmeyers se incubaron con agitación orbital a 200 rpm durante 2 días y dependiendo del Erlenmeyer a 30, 35 o 40 °C. Los cultivos se centrifugaron a 10000 rpm durante 10 minutos a 20 °C, separando el medio de producción de las células. La parte del biosurfactante pegado a las células se recuperó con un lavado en PBS el cual se realizó incubando las células en un tercio del volumen inicial a 200 rpm y durante 2 horas a 37 °C. Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con intervalos de confianza del 95% para determinar la importancia de los efectos. La determinación de los coeficientes de regresión y la construcción de gráficos se realizaron con la ayuda del programa *Design Expert* versión 11.0.

## Resultados y Discusión

Se identificaron molecularmente 5 de cepas: cuatro de ellas como bacterianas (a1, a5, b1 y b2) y unade levadura (a6). Dos de las cepas alcalófilas, b1 y b2, presentaron una alta homología con *Bacillus safensis* (99,97%) y *Alkalihalobacillus halodurans* (99,66%), respectivamente. La cepa a5 mostró una alta homología (99,60%) con *Lactobacillus rhamnosus* y la a1 con *Lactobacillus paracasei* (99,30%). Por último, el aislado a6 se identificó como *Pichia* sp. estrechamente relacionado con *Pichia cecembensis*. Se seleccionó la cepa *Lactobacillus* sp. a1, ya que presenta la ventaja de ser un organismo seguro (GRAS). Esta clasificación permite que tanto su uso como el de las sustancias producidas por ella, sean clasificadas como seguras por agencias regulatorias federales. Esta característica representa una ventaja respecto a otras cepas ya que presenta un mayor potencial de aplicación de sus productos (en este caso de los biosurfactantes) por ejemplo para alimentación, farmacéutica, cosmética etc. [Kachrimanidou et al., 2022].

Los tres modelos realizados para las respuestas  $DO$ ,  $\Delta TS$  y  $\Delta TS$ -PBS resultaron estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ), con un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) mayor a 0,87 para las 3 respuestas. Los ensayos realizados a 35°C son los que mostraron los valores óptimos para  $DO$ ,  $\Delta TS$  y  $\Delta TS$ -PBS (Figura 1). El aumento de la concentración de  $CN$  y  $pH$  produjeron mayores valores de  $DO$  observándose el mayor crecimiento de la cepa en condiciones de 4 g/l de  $CN$  y a  $pH=5$ . (Figuras 1A y 1B). La disminución del  $CN$  en la formulación del medio de producción y un  $pH$  de 4,5, produjo una  $\Delta TS$  mayor (Figuras 1C y 1D). Para el  $\Delta TS$ -PBS se observaron dos situaciones con los mejores valores: por un lado, a  $pH$  levemente por debajo de 4,5 y con concentración de  $CN$  cercana a los 2 g/l y por otro, a  $pH$  entre 4,5 y 5 y sin  $CN$  (Figuras 1E y 1F). El medio de producción optimizado para la producción de biosurfactantes por parte de *Lactobacillus* sp. a1, puede prescindir del  $CN$  y debería ajustar su  $pH$  en aproximadamente 4,7. En cuanto a las condiciones de crecimiento, los cultivos deberían ser incubados a una temperatura de 35 °C. La cromatografía en columna ayudó a separar diferentes fracciones del extracto que luego de ser analizadas por TLC. Estas se agruparon a partir de la presencia de iguales señales en idénticas condiciones de elución. A dichas fracciones, se les determinó la masa (comprendidas entre 1 y 11 mg) y tras la dilución correspondiente, se realizó la medición de  $TS$  determinando cuáles de ellas contenían compuestos con características propias de biosurfactantes. A partir de los resultados obtenidos, se planea continuar con la purificación y la caracterización de los biosurfactantes sintetizados por la cepa *Lactobacillus* sp. A1.

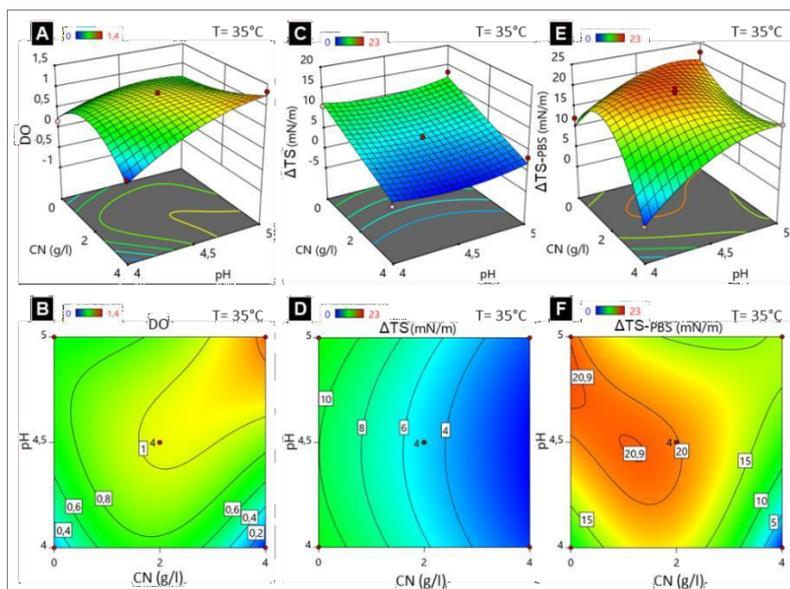


FIGURA 1 | Superficie de respuesta (A, C y E) y gráficas de contorno (B, D y F) óptimas en función del pH, concentración de Caldo nutritivo (CN) y Temperatura (T). Respuestas: Densidad óptica (DO) (A y B), Disminución de la tensión superficial del sobrenadante ( $\Delta TS$ ) (C y D) y Disminución de la tensión superficial del PBS ( $\Delta TS$ -PBS) (E y F). Se realizaron 16 corridas experimentales por triplicado bajo las condiciones establecidas por Box-Behnken.

## Conclusiones

Se lograron identificar 5 cepas microbianas a partir de vinaza y licor negro con capacidad de disminuir la  $TS$  de los medios de cultivos. Se seleccionó la cepa *Lactobacillus* sp. al con alta homología con *Lactobacillus paracasei*, para continuar con su estudio. La precipitación y extracción de los biosurfactantes producidos por al permitió conocer las fracciones con capacidad de disminuir la  $TS$  las cuales serán posteriormente caracterizadas. La mayor producción de biosurfactantes para *Lactobacillus* sp. al se obtuvo en un medio de cultivo formulado a 35°C, un  $pH$  entre 4,5 y 5 y una relación de  $C/N = 15$ .

## Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco de un Proyecto Interdisciplinario en Temas Estratégicos (PIE-CIUNSa N°2692) bajo la dirección de la Dra. Irazusta, con la participación de docentes-investigadores y estudiantes tanto de grado como de postgrado de tres facultades diferentes. Carla V. Coronel, Augusto E. D'Ambrosio- Ormass y Agustina S. Viltes Sánchez, contaron con beca de grado PIE-CIUNSa. El Ing. Mariano Rivero cuenta con beca Doctoral de CONICET.

## REFERENCIAS

1. V. Kachrimanidou, A. Papadaki, I. Lappa, S. Papastergiou, D. Kleisiari, N. Kopsahelis, "Biosurfactant Production from Lactobacilli: an Insight on the Interpretation of Prevailing Assessment Methods." *Appl Biochem Biotechnol*, (2022), 194, 882–900. (paper)
2. K. Liu, Y. Sun, M. Cao, J. Wang, J.R. Lu, H Xu. "Rational design, properties, and applications of biosurfactants: a short review of recent advances." *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, (2020), 45, 57–67. (paper)
3. Pospiech, Neumann, B. "A versatile quick-prep of genomic DNA from gram-positive bacteria". *Trends in genetics : TIG*, (1995), 11, 217–218. (paper)
4. T.J.P. Smyth, A. Perfumo, R. Marchant, I.M. Banat, "Isolation and Analysis of Low Molecular Weight Microbial Glycolipids", in: Timmis, K.N. (Ed.), *Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, (2010), pp. 3705–3723.

## USABILIDAD DE SOFTWARE EDUCATIVOS Y METACOGNICIÓN

Fernanda Leguizamón<sup>(1)</sup>, Mabel Sosa<sup>(1)</sup>, Isabel Velázquez<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Informática, Facultad de Ciencias y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (s) 1912 Santiago del Estero, Argentina.

<sup>(2)</sup>Departamento de Educación, Facultad de Ciencias y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (s) 1912 Santiago del Estero, Argentina.

\*Correo Electrónico: [litasosa@unse.edu.ar](mailto:litasosa@unse.edu.ar)

### RESUMEN

*El diseño de sistemas digitales educativos o software educativos implica considerar y comprender aspectos de índole técnicos y educativos imbricados, con el fin de poder desarrollar aplicaciones que soporten efectivamente el proceso de enseñanza y aprendizaje dentro de un contexto escolar. En este trabajo se indaga sobre los aspectos a considerar en el diseño y desarrollo de software educativos dotados de atributos de usabilidad que puedan ser utilizados con efectividad en la enseñanza y aprendizaje, y que promuevan el desarrollo de metacognición como una competencia de relevancia para el desempeño en la sociedad del conocimiento del siglo XXI.*

*Palabras clave: software educativo, usabilidad, metacognición*

### ABSTRACT

*The design of educational digital systems or educational software implies considering and understanding aspects of an intertwined technical and educational nature, in order to be able to develop applications that effectively support the teaching and learning process within a school context. This paper investigates the aspects to be considered in the design and development of educational software endowed with usability attributes that can be used effectively in teaching and learning, and that promote the development of metacognition as a relevant competence for performance in the knowledge society of the 21st century.*

*Keywords: educational software, usability, metacognition*

### Introducción

El software educativo nombrado también como programa didáctico o programa educativo, es aquel programa creado con fines didácticos, la idea excluye todo software de tipo comercial que se pueda aplicar a la educación, pero que no ha sido construido específicamente para ello.

(Cataldi, 2000) define como software educativo a los programas de computación realizados con la finalidad de ser utilizados como facilitadores del proceso de enseñanza y consecuentemente del aprendizaje, con algunas características particulares tales como: la facilidad de uso, la interactividad y la posibilidad de personalización de la velocidad de los aprendizajes.

Este tipo de programas que pueden usarse como recursos que incentiven y apoyen a los estudiantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje, deberán contar con características particulares, tanto técnicas como educativas que son necesarias considerar durante su construcción.

Un componente clave del software es la interfaz de comunicación, la que deberá estar diseñada de acuerdo con la teoría comunicacional, el enfoque pedagógico y las diferentes estrategias aplicadas para el desarrollo de determinadas habilidades cognitivas. En este sentido, se torna un desafío el diseño y la producción de software educativo, complejizado por las características particulares y propias del software, tales como la finalidad didáctica, alto grado de interacción e interactividad, adaptable al ritmo de trabajo de los estudiantes, etc..

En general en cualquier software, uno de los indicadores de calidad es la usabilidad, en particular en un software orientado a la educación, los problemas de usabilidad implican dificultades en el aprendizaje del usuario debido a las interferencias provocadas en la transferencia de información (Barros Pereira, 2002).

Nielsen (1993) sugiere que la usabilidad es un término multidimensional. Indica que un software usable debe poseer los siguientes atributos: ‘capacidad de aprendizaje’, ‘eficiencia en el uso’, ‘facilidad de memorizar’, ‘tolerancia a errores’ y ‘subjetivamente satisfactorio’; y señala que, la aceptabilidad de un sistema es una combinación de su aceptabilidad social y de su aceptabilidad práctica. Lo social tiene que ver con la aceptación que un grupo de personas puede dar a un sistema. Lo práctico incluye costes, soporte, confiabilidad y compatibilidad con los sistemas existentes, entre otros. A la vez, la aceptabilidad práctica incluye la utilidad y usabilidad, siendo la utilidad la que implica que, el sistema responda a la meta para la cual fue creado.

Los atributos de usabilidad definidos por Nielsen brindan pautas de análisis para establecer analogías, correspondencias e intersticios entre ambas áreas del conocimiento implicadas, para responder interrogantes como por ejemplo: ¿Puede la usabilidad actuar como puente cognitivo para el desarrollo de competencias tal como la metacognición? ¿Cuáles son los atributos de usabilidad que deben potenciarse para lograr aprendizaje metacognitivo?

En base a lo mencionado, el objetivo del trabajo es indagar sobre la usabilidad aplicada al diseño de software educativo, para proponer un marco de referencia para posteriores diseños y desarrollos orientados a la formación de competencias, específicamente la metacognición, por ser hoy una de las competencias de mayor relevancia para el desenvolvimiento en la “sociedad del conocimiento” del siglo XXI. Se presenta como una alternativa viable para formar alumnos autónomos, sobre la base de una educación que potencia la conciencia sobre los propios procesos cognitivos y la autorregulación de los mismos por parte de los estudiantes, de manera tal, que les conduzca a un "aprender a aprender", es decir, a autodirigir su aprendizaje y transferirlo a otros ámbitos de su vida.

## **Marco metodológico del trabajo**

El trabajo consiste en un enfoque cualitativo, recolección y análisis de los datos para lograr los objetivos planteados. Se parte de una exploración bibliográfica, donde se han encontrado numerosos antecedentes que se relacionan con la evaluación de la usabilidad tanto de software educativos como otros tipos de sistemas digitales con finalidad educativa y de apoyo al aprendizaje, los que son valorados en términos de calidad del software, calidad de uso, usabilidad pedagógica, el grado de aceptación del usuario. (Hernández Villalobos, 2013) (Barría Rumbaut, 2013)

Por ello se considera importante contar con orientaciones claras para los profesionales del software cuando emprenden la producción de un software educativo, en las etapas iniciales del diseño.

El trabajo se realiza en el marco de la Informática Educativa definida por Ford como, “el desarrollo, uso y evaluación de sistemas digitales que utilizan el conocimiento pedagógico para participar o facilitar el descubrimiento de recursos con el fin de apoyar el aprendizaje” (Ford, 2008). Se refiere concretamente a sistemas basados en computadora que apoyan el aprendizaje de las personas. Este apoyo se puede dar directamente a los propios alumnos o a los maestros, cuyo papel es brindar un “andamiaje” a las personas para aprender. Desde la perspectiva educativa, en el contexto de la Informática Educativa, el uso del conocimiento pedagógico se demuestra en el conocimiento de la enseñanza, para el desarrollo de capacidades de auto-aprendizaje y el conocimiento metacognitivo en los estudiantes.

## Descripción de la Propuesta

Los materiales educativos computarizados pueden apoyar a los estudiantes durante la construcción de conocimiento y a la vez pueden proveer herramientas cognitivas para el aprendizaje profundo y auto-regulado. Especialmente, el software educativo es usado como un medio para apoyar el aprendizaje y las estructuras de conocimiento en el aprendiz. Constituyen herramientas para “darle el poder” a los estudiantes que se comprometan en un marco cognitivo con nuevas situaciones de aprendizaje, permitiéndoles tomar el control de su propio aprendizaje, reflejándose en su pensamiento y en las consecuencias de las escogencias que ellos hagan. (Collazos y Gerrero, 2001) Pueden usarse como facilitadores del pensamiento y de la construcción del conocimiento de tal forma que los estudiantes puedan trazar sus propias formas de manejar la información que a ellos les llega de múltiples formas.

En este sentido, en el diseño de usabilidad de un software se pueden prever las cualidades requeridas para satisfacer la compleja relación enseñanza-aprendizaje, particularmente el aprendizaje del usuario sobre el sistema, donde la carga cognitiva (cantidad de trabajo delegada a la memoria de trabajo) puede incidir en la formación de conocimientos (Hernández Villalobos, 2013). Nielsen señala que la usabilidad tiene una estrecha relación con la aceptabilidad del sistema. Esta aceptabilidad incluye la utilización, esto es, si la funcionalidad del sistema puede ser usado para alcanzar alguna meta deseada, por las que el sistema fue creado. Expresado de otra manera responde a la pregunta de, sí un sistema es lo suficientemente bueno para satisfacer todas las necesidades y requerimientos de los usuarios, y en este proceso se aplica a todos los aspectos del sistema con los cuales una persona puede interactuar, para resaltar que el concepto de usabilidad no es una propiedad unidimensional de la interfaz del usuario, sino que tiene múltiples componentes y está tradicionalmente asociada a los atributos o componentes medibles tales como: facilidad de aprender, facilidad de usar, facilidad de memorizar, minimalidad de errores y satisfacción del usuario (Nielsen, 1993).

Flavell (1996) manifiesta que “la metacognición es el estudio sistematizado y organizado del conocimiento que uno tiene acerca de los propios procesos y productos cognitivos o a cualquier otro asunto relacionado con ellos”. Desde este punto de vista, la metacognición es el control y monitoreo que tiene una persona de sus propios procesos cognitivos que involucra la planificación, monitoreo y la evaluación de los resultados que se obtiene de su propio aprendizaje. Los elementos asociados a la adquisición de la metacognición, son la autoconciencia y la autorregulación en distintos niveles. En el nivel de autoconciencia se pueden manifestar en: a) *intencionalidad*, condición necesaria para acceder y manejar la metacognición siendo necesaria que la persona pueda expresar sus intenciones en relación con cualquier proceso de enseñanza aprendizaje, b) *control*, modelo de acción que dirige la motivación, voluntad, y alcance de metas siendo responsable de la selección de estrategias y propuestas en relación con la actividad.

Un software con propiedad de usabilidad debe favorecer la aplicación de estrategias metacognitivas en el aprendizaje, por ejemplo facilitando el procesamiento de la información. En el enfoque metacognitivo, docentes y estudiantes deben priorizar en el aprendizaje el procesamiento de la información que indica el almacenamiento, el manejo y la transformación de información. Cuando se realizan actividades interactivas, a través de estrategias motivadoras, los estudiantes procesan la información sin dificultad, formando parte de su propio aprendizaje lo cual constituye un aporte significativo y duradero del conocimiento, solo así se extrapolará a nuevas situaciones.

Otro aspecto es potencializar la creatividad para desarrollar conocimientos propios ya que cada una de ellas tiene su propia especificidad, según los momentos del aprendizaje, pudiéndose tratar de conocimientos previos pertinentes (pre-requisitos), esquema conceptual de partida, estrategias para el nuevo aprendizaje; y para la transferencia y/o aplicación de lo aprendido (conocimiento del conocimiento y su valor metacognitivo).

Otro aspecto es que la metacognición está asociada a términos como la metamemoria, es decir, a los conocimientos y procesos cognitivos que tiene la persona sobre todo lo relativo a la memoria.

En la memoria se distinguen, asimismo, entre actividades de almacenamiento y de recuperación. Como sus propios nombres indican, las actividades de almacenamiento sitúan información en la memoria mientras que las actividades de recuperación escogen información de la memoria. Almacenar significa atender, codificar, memorizar, estudiar y cosas por el estilo; aprender suele ser un buen sinónimo. Recuperar significa reconocer, recordar, reconstruir el recuerdo de lo que se almacenado anteriormente. Se entiende que en el proceso de almacenar y recuperar conocimientos será necesario adquirir habilidades y estrategias para identificar experiencias de recuerdo y olvido. Se trata de ir comprendiendo los aspectos humanos y poder definir marcos para el desarrollo de sistemas que se adapten más fácilmente a los modelos cognitivos del ser humano, se pone atención en como la usabilidad podría incidir en desarrollo de pensamiento metacognitivo durante el proceso de enseñanza y de aprendizaje con apoyo del software. Sería una forma de prever los aspectos cognitivos significativos que interceptan con el área pedagógica didáctica en la medida en que incide en un proceso educativo mediado por tecnologías, de allí la necesidad de plantearse la implicancia que tal cuestión tiene para el comportamiento de las personas.

## Conclusiones

Si bien el trabajo se encuentra en estado inicial, se concluye sobre la necesidad de contar con fundamento o referencias para aplicar usabilidad en diseño y desarrollo de software educativos previendo atributos de usabilidad que contribuyan a ofrecer una plataforma “técnica cognitiva” que interviene en el logro del aprendizaje desde distintas modalidades, enfoques y perspectivas. Como una forma de prever los aspectos cognitivos significativos que interceptan con un área de interacción e interfaz en la medida en que incide en un proceso educativo mediado por tecnologías. La usabilidad no se refiere solamente a hacer que los sistemas sean simples, sino que comprende además la satisfacción de los objetivos de los usuarios, el contexto de su trabajo y cuál es el conocimiento y la experiencia de que disponen.

## REFERENCIAS

1. Barros Pereira, H. B. “Análisis experimental de los criterios de evaluación de usabilidad de aplicaciones multimedia en entornos de educación y formación a distancia”. 2002 Disponible: <http://tdx.cesca.cat/handle/10803/6542>
2. Barría Rumbaut L. E. “Diseño y análisis de usabilidad, del software dedicado a aprendizajes de educación ambiental, juega y aprende, flamenco rosado”. Tesis de Magíster en Educación mención Informática Educativa, Universidad de Chile. 2013
3. Cataldi, Z. “Una metodología para el diseño, desarrollo y evaluación de software educativo”. Tesis de maestría en informática. Facultad de Informática UNLP. 2000
4. Collazos C. y Guerrero L. “Diseño de Software Educativo”. Disponible <https://www.researchgate.net/publication/237781123>
5. Flavell, J. “El desarrollo cognitivo”. Madrid: Aprendizaje Visor. 1996
6. Ford, N. “Web-based learning through Educational Informatics: Information Science meets educational computing”. Information Science Publishing. Hershey, New York. 2008
7. Hernández Villalobos A. “Diseño de información y usabilidad en software educativo de código abierto caso de estudio: moodle versión 2.4”. 2013
8. Nielsen, J. “Usability Engineering”.Morgan Kaufmann. 1993

## AUTOMATIZACIÓN DE DESPLAZADOR MICROMÉTRICO CON MOTORES CONTROLADOS POR ARDUINO

Gustavo E. Jiménez<sup>(1)</sup>, Horacio G. Brizuela<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán - Instituto de Física del Noroeste Argentino INFNOA, CONICET, Av. Independencia 1800, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

Correo electrónico: [gejimenez@gmail.com](mailto:gejimenez@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

### RESUMEN

Se construyó un sistema complementario para motorizar y controlar un desplazador micrométrico Newport 460-XYZ, mediante partes impresas en 3D, a fin de facilitar estudios de fotoluminiscencia.

### ABSTRACT

A complementary system was built to motorize a micrometric linear stage, using 3D printed parts, in order to expedite photo-luminescence studies

### Introducción

Para realizar un estudio de fotoluminiscencia de muestras depositadas por diferentes técnicas sobre sustratos semiconductores, se necesita desplazar dichas muestras en el plano XY en un área de 500  $\mu\text{m}$  x 500  $\mu\text{m}$ , en pasos de 10  $\mu\text{m}$ , con una incertidumbre de 1  $\mu\text{m}$ . Como plataforma de desplazamiento se dispone de un desplazador comercial Newport 460-XYZ con manivelas que avanzan a razón de 100 vueltas por pulgadas, de accionamiento manual. El experimento de fotoluminiscencia típico consiste en hacer incidir un láser UV en distintos puntos de la muestra, y detectar y medir la intensidad emitida por el material excitado en el punto de incidencia, en cada intervalo de longitud de onda. Esta operación exige desplazamientos repetitivos, a fin de barrer la superficie de la muestra, y la necesidad de poder regresar a coordenadas XY de interés, donde se pudieran haber detectado aspectos destacados del espectro. En el experimento en el que se va a usar este sistema se necesita mover el desplazador en un área de 500  $\mu\text{m}$  x 500  $\mu\text{m}$  en pasos de 10  $\mu\text{m}$ . Eso implica manipular las manivelas del desplazador 2500 veces. Entre mediciones consecutivas, la operación de mover el desplazador de forma manual insume una cantidad de tiempo que resulta mayor al del procesamiento de los datos. Con el sistema automático, el tiempo total del experimento se reduce a una fracción del anterior (ver Tabla 1).

### Materiales y Método

Para los desplazamientos se utilizan 2 motores paso a paso 28byj-48 que son confiables, relativamente económicos, de bajo consumo y con proveedores locales. Estos motores tienen una tasa de 2048 pasos por vuelta. Si se acoplan directamente a las manivelas del desplazador Newport, es posible conseguir avances automáticos de 0,620. El acople mecánico entre las manivelas y los motores se resuelve con un acople doble cardánico (Fig.1). Este acople permite que los ejes de los motores puedan ser o no, coaxiales con los ejes de las manivelas, lo que otorga versatilidad en el montaje. Las partes mecánicas se fabricaron en una impresora

3D del tipo Prusa i3 en el material PLA. Para el control de los motores se utilizó una placa Arduino UNO con drivers ULN2003. La placa de circuito impreso se fabricó con una máquina CNC3018, y contiene la electrónica para el control de 2 motores y el espacio y las conexiones (aunque sin componentes) para un tercer motor y para 2 relés auxiliares. Para el envío de los comandos a la placa Arduino se opta por un esquema de comandos de un solo carácter por el puerto serie. Este esquema permite el control del Arduino a bajo nivel desde cualquier lenguaje de programación y en alto nivel desde planillas de cálculo como Excel o Libreoffice y Labview.

### Los motores 28byj-48

Son motores paso a paso unipolares de 4 fases de 2048 pasos por vuelta. En rigor, este motor es de 64 pasos por vuelta, pero tiene internamente una reducción con engranajes que lleva esta tasa a 2048 pasos por vuelta. Algunos fabricantes utilizan una reducción que resulta en 2047 pasos por vuelta. Con un ensayo se puede determinar el tipo de reducción y corregir la diferencia por software.

Estos motores se alimentan con 5V, y tienen una corriente por fase de 100 mA. Para aumentar el torque de arranque, alimentamos las fases con 12V y una resistencia en serie con cada fase, limitando la corriente a 100 mA por fase. La resistencia en el circuito permite achicar el tiempo de establecimiento de la corriente en la bobina, aumentando el torque de arranque. Por la alta relación entre pasos y distancia desplazada y por la relativamente alta rigidez de las manivelas, determinamos que no es necesario aplicar una corriente de freno en las fases del motor (2). Para aumentar el torque mientras el motor está en movimiento se recurre al “microstepping”, que es la alimentación simultánea de 2 o más fases del motor, a fin de aumentar el torque y aumentar el número de pasos por vuelta.

### El acople entre el motor y las manivelas

El arreglo experimental sobre el banco óptico no permite alinear exactamente los ejes de los motores con los ejes de las manivelas del Newport. Por esto utilizamos un acople cardánico doble. Este acople permite disponer los ejes incluso a 90 grados entre sí. En nuestro caso implementamos un acople cardánico doble del tipo junta homocinética de “Hooke” (3) (Fig. 1). Debido a que la impresión 3D se realiza en capas discretas, quedan escalones en las superficies, similar al efecto de “pixelado” en fotos digitales. Para minimizar las fuerzas de roce por estos escalones se lijan todo lo posible las superficies en movimiento que quedan en contacto y se lubrica con una grasa para vacío.

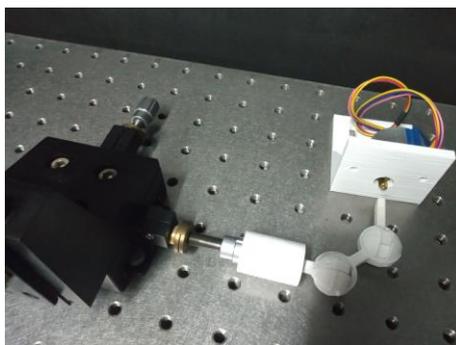


Fig. 1- Detalle del acople cardánico doble, entra la manivela de movimiento en X del desplazador (izq.) y el motor (der.).

### El microcontrolador Arduino Nano

Se utiliza un microcontrolador Arduino Nano por su facilidad de programación, su disponibilidad en el mercado local, su bajo costo comparativo y porque provee de un puerto serie virtual a través del puerto USB. Este puerto serie virtual lo hace compatible con cualquier lenguaje de programación de bajo y alto nivel en cualquier sistema operativo, y con herramientas de programación y control de procesos de alto nivel como el Labview.

### Los comandos de un carácter sin parámetros

Para el control de los movimientos se utilizan comandos de un solo carácter sin parámetros. Se elige este esquema porque es fácil de recordar y de programar desde el lado del usuario. Desde el lado del microcontrolador es más fácil de implementar la interpretación de los comandos de un solo carácter. Si bien un comando de un solo carácter es más propenso a errores eléctricos por ruidos o malos contactos, el puerto USB asegura que el dato enviado llega de un extremo a otro. Un estudio de la NASA determinó que en las condiciones extremas del espacio exterior el puerto USB tiene una tasa de error de  $10^{-10}$  bits/día (3), o un bit con error cada  $10^{10}$  días.

### Impresión 3D de las partes mecánicas:

Se imprimieron las partes mecánicas en una impresora marca Geeetech, modelo Prusa i3, con capas de 0,2mm, relleno del 5%, 4 líneas perimetrales, 4 capas inferiores y 4 superiores, a una temperatura de 198°C y con filamento PLA blanco de 1,75mm de diámetro. Para facilitar la impresión de las piezas se las imprimió en mitades (Fig. 2), para luego unir las con pegamento de cianocrilato .

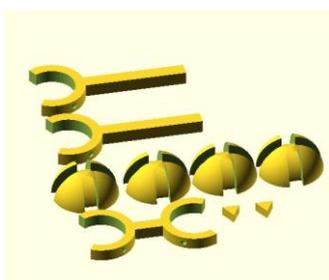


Fig. 2- Partes de un acople cardánico doble, tal como se imprimen

### Software utilizado

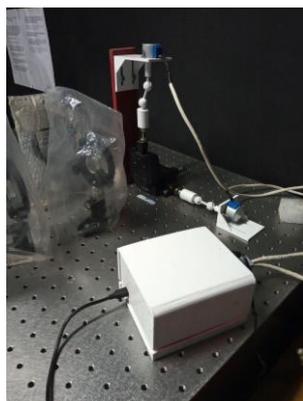
Para este trabajo se utilizó exclusivamente software libre. Para el modelado de las piezas mecánicas se utilizó OpenSCAD, para el rebanado pre impresión se utilizó PrusaSlicer, para el entorno de desarrollo del firmware del microcontrolador se utilizó Arduino IDE, para el diseño de la placa de circuito impreso se utilizó FreePCB y para el fresado de placa de circuito impreso se utilizó FlatCAM.

### Resultados

El tiempo total del experimento se redujo notablemente, como se muestra en la Tabla 1. El sistema piloto montado queda como en la foto de la Fig. 3. Este montaje provisorio permitió detectar problemas con los torques de reacción, que motivaron el redimensionamiento de los acoples cardánicos.

Tabla 1 - Comparación del tiempo de operación estimado según el modo de operación

Modo de operación	Tiempo estimado por paso	Tiempo estimado total para 2500 pasos
Manual	50 segundos	34,7 horas
Automático	7 segundos	4,86 horas



**Fig. 3-** Vista general del montaje piloto. En primer plano, la caja que contiene la placa del circuito. Arriba, al centro, se ve el motor y el acople para el movimiento en Y, no coaxial con la manivela. A la derecha, el motor y el acople para el movimiento en X. Sobre el banco óptico se aprecian algunas lentes cubiertas con fundas plásticas.

## Discusión

En el trabajo de Ciencia y Tecnología es frecuente el caso de la necesidad de piezas mecánicas y complementos tales como carcasas, soportes fijos o móviles, acoples, etc., que no existen en el mercado y que, por lo general, se hacen construir por técnicos especializados. En este trabajo se presenta un ejemplo típico, que puede resolverse mediante piezas que se imprimen en 3D, a muy bajo costo y con la posibilidad de tener repuestos virtualmente a perpetuidad. También es posible lubricar las piezas impresas en 3D mediante sustancias libres de solventes que pueden atacar el material de impresión, o de agentes que son potenciales contaminantes del ambiente de trabajo. En el presente caso, se utilizó grasa de alto vacío, que no se escurre ni produce emanaciones. Se tuvo la precaución de lubricar sólo lo estrictamente necesario, y fuera de la sala donde está emplazado el banco óptico.

## Conclusiones

- 1- Es posible fabricar con impresora 3D accesorios mecánicos que no existen en el mercado. En este caso, pudimos automatizar el movimiento de un desplazador Newport 460A-XYZ.
- 2- Se logra una muy importante reducción del tiempo necesario para obtener los espectros de fotoluminiscencia de cada muestra, y se suma la posibilidad de poder regresar a un punto de interés.
- 3- Para detectar errores en la electrónica, el puerto USB, cable USB, mecanismos, etc., se encuentra en estudio un sistema de detección de movimiento con acelerómetros tipo MPU6050. De esta forma es posible saber desde el software de control si el mecanismo se movió después de enviar un comando.

## Referencias

- 1)- Lakowicz, Joseph R., ed. (2006). *Principles of Fluorescence Spectroscopy* doi: 10.1007/978-0-387-46312-4
- 2)- Texas Instruments, Application Report SNVA029B (May 1993 – Revised May 2013). “AN-828 Increasing the High Speed Torque of Bipolar Stepper Motors”, <https://www.ti.com/lit/an/snva029b/snva029b.pdf?ts=1655423734999>
- 3) Mr. Giorgio Magistrati Carlo Gavazzi Space, S.p.A., Piacenza, Italy, Dr. Massimiliano Pastena Carlo Gavazzi Space S.p.A., Benevento, Italy, “Use of USB interfaces in Space Programs”, [https://www.researchgate.net/profile/Massimiliano-Pastena/publication/298792342\\_Use\\_of\\_USB\\_interfaces\\_in\\_Space\\_Programs/links/5703a49908aedbac127083f6/Use-of-USB-interfaces-in-Space-Programs.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Massimiliano-Pastena/publication/298792342_Use_of_USB_interfaces_in_Space_Programs/links/5703a49908aedbac127083f6/Use-of-USB-interfaces-in-Space-Programs.pdf?origin=publication_detail)
- 4) Universal Joints (Automobile) <http://what-when-how.com/automobile/universal-joints-automobile/>

## LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE USO DEL AGUA EN PROCESOS INDUSTRIALES: ESTABLECER EL ALCANCE IMPORTA

Mainardi-Remis, Juan M. <sup>(1,2)</sup>, Hubaide-Restom Sebastián D. <sup>(2)</sup>, Romero Daniel S. <sup>(2,3)</sup>, Rajal, Verónica B. <sup>(1,2)</sup>, Gutiérrez-Cacciabue, Dolores <sup>(1,2)\*</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI)-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Salta (UNSa), Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería, UNSa. Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup> Centro Científico Tecnológico (CCT Salta-Jujuy), CONICET, Salta, Argentina

\*Correo Electrónico (Dolores Gutiérrez Cacciabue): [dolo83@gmail.com](mailto:dolo83@gmail.com)

### RESUMEN

La huella hídrica (HH) es una herramienta útil para evaluar la eficiencia del uso del agua en procesos industriales. Sin embargo, su cuantificación dependerá de la correcta definición del alcance. Los objetivos de este trabajo fueron: cuantificar la  $HH_{total}$  de tres procesos industriales, determinar la influencia de cada componente (azul, gris, indirecto) sobre la  $HH_{total}$  e identificar su variación ante cambios en el alcance. Se seleccionaron tres procesos industriales: agua embotellada, cuero y cerveza. Se determinó la  $HH_{total}$  como la suma de la  $HH_{directa}$  y  $HH_{indirecta}$ . En la  $HH_{directa}$  se incluyó el agua dulce de todas las etapas ( $HH_{azul}$ ) y la necesaria para diluir una carga de contaminante ( $HH_{gris}$ ); en la indirecta se consideraron las HHs de la fabricación de equipos, energía, materias primas e insumos. Se determinó el aporte de cada componente sobre la  $HH_{total}$ . Luego se definieron tres alcances y se calculó la  $HH_{total}$ : uno sin considerar la HH de la materia prima principal, otro sin la HH de la electricidad y el último sin incluir ambas. Para el cálculo estándar, la  $HH_{indirecta}$  fue la que más influyó sobre la total en los tres procesos. Cuando se excluyó la HH de la materia prima, la  $HH_{indirecta}$  de la curtiembre y de la cervecera disminuyó más de un 95%, sin afectar la del agua embotellada. Cuando se excluyó la HH de la energía eléctrica, la contribución de los colores se modificó solamente para el agua embotellada. Al eliminar la materia prima y la electricidad, el mayor aporte a la  $HH_{total}$  se debió al componente directo. Si bien la cuantificación de la  $HH_{total}$  es una herramienta útil, el alcance que se le otorgue al análisis, definirá la relevancia de cada componente y la posibilidad de la aplicación de potenciales mejoras para cada caso en particular.

### ABSTRACT

The water footprint (WF) is a useful tool to evaluate the efficiency of water use in industrial processes. However, its quantification will depend on the proper scope definition. The aims of this work were: to quantify the  $WF_{total}$  of three industrial processes, to determine the influence of each component (blue, grey, indirect) on the total, and to identify its variation with changes in the scope. Three industrial processes were selected: bottled water, leather, and beer. The  $WF_{total}$  was obtained as the sum of  $WF_{direct}$  and  $WF_{indirect}$ . In the direct, the WF of fresh water from all steps ( $WF_{blue}$ ) and that necessary to dilute a pollutant load ( $WF_{grey}$ ) were included; in the indirect, the WFs of the equipment, energy, raw materials and supplies were considered. The contribution of each component over the total was quantified. Three scopes were then defined and the  $WF_{total}$  was calculated for each one: one without considering the WF of the main raw material, another without the WF of electricity, and the last one without the previous two. For the standard calculation, the  $WF_{indirect}$  was the one that most influenced on the total in the three processes. When the WF of the raw material was excluded, the  $WF_{indirect}$  of the tannery and the brewery decreased more than 95%, without no impact on the bottled water one. When WF of electrical energy was eliminated, the contribution of colors only changed for bottled water. By eliminating the raw material and electricity, the greatest contribution to  $WF_{total}$  was due to the direct component. Although the quantification of WF is a useful tool,

the scope given for the analysis will define the relevance of each component and the possibility of applying potential improvements to each case.

Palabras clave: huella hídrica, procesos industriales, uso del agua, alcance

## Introducción

La disminución de la disponibilidad y calidad del agua para satisfacer las necesidades básicas sigue siendo un tópico prioritario para la humanidad [1]. El *Objetivo de Desarrollo Sostenible 6* (ODS 6, agua limpia y saneamiento) reconoce que la gestión sostenible del agua no solo pretende lograr el acceso a agua potable y a servicios de saneamiento sino también abordar la materia en un contexto más amplio, incorporando temas como calidad del agua y gestión de efluentes, la escasez y el uso eficiente del agua, entre otros. Esto llevó a que distintos sectores expertos desarrollen herramientas y propongan estrategias para conocer el real uso del recurso acuático y disminuir los efectos por su mal aprovechamiento. La huella hídrica ( $HH$ ) es un indicador que se usa para cuantificar el impacto de las actividades humanas sobre el agua [2]. Para su cálculo tiene en cuenta el consumo y contaminación del recurso a través del cálculo de diferentes  $HH$  clasificadas por los colores azul, gris y verde. La  $HH_{azul}$  considera el consumo de agua dulce, la  $HH_{verde}$  es el agua de lluvia que se incorpora a un producto principalmente durante las actividades agrícolas, y la  $HH_{gris}$ , es el volumen de agua necesaria para diluir una carga de contaminantes presente en un efluente hasta valores límites establecidos [2]. En un proceso industrial, la  $HH_{total}$  se calcula como la suma de un componente directo y otro indirecto. La  $HH_{directa}$  incluye el agua consumida durante todas las etapas hasta obtener el producto final ( $HH_{azul}$ ) y el agua para diluir los efluentes ( $HH_{gris}$ ); mientras que la  $HH_{indirecta}$  considera el agua involucrada en la fabricación de bienes y servicios utilizados durante el proceso [2].

Desde la aparición de este concepto, fueron surgiendo diferentes estudios relacionados con su aplicación. La mayoría se enfocó principalmente en el sector agrícola, que se estima que tiene el mayor uso del recurso frente a los sectores doméstico e industrial. En la agricultura, la  $HH_{total}$  es casi en su totalidad verde debido a la gran cantidad de agua de lluvia utilizada en la mayoría de estas actividades. En los procesos industriales, la cuantificación de la  $HH_{total}$  depende del alcance que cada uno de los expertos le otorgue al análisis [2], pudiendo ser insuficiente o estar sub o sobreestimado el uso del recurso. Esto llevará a una incorrecta toma de decisiones con respecto a las estrategias a aplicar. Los objetivos de este trabajo fueron: cuantificar la  $HH_{total}$  de tres procesos industriales, determinar la influencia de cada componente sobre la  $HH_{total}$  y finalmente identificar la variación que sufre la  $HH_{total}$  ante cambios en el alcance otorgado al cálculo.

## Materiales y métodos

### 1.1 Selección de los procesos industriales y cálculo de la $HH$

Se seleccionaron tres procesos industriales pertenecientes a industrias localizadas en la provincia de Salta: producción agua embotellada, elaboración de cuero natural (curtiembre) y obtención de cerveza (Figura 1). Estos tres procesos difieren entre sí principalmente en: las transformaciones físicas y químicas, en el tipo de materia prima, en los efluentes generados y los insumos y servicios involucrados. Se analizó de manera detallada cada uno de sus procesos. Se identificaron etapas involucradas, materias primas e insumos, uso de energía y equipamiento, balance hídrico por etapa y efluentes generados. Luego, se determinó la  $HH_{total}$  (l de agua/l o kg de producto) como la suma de la  $HH_{directa}$  y la  $HH_{indirecta}$  siguiendo la metodología de *Hoekstra et al., 2011* [2]. En la  $HH_{directa}$  se tuvo en cuenta el agua dulce utilizada en todas las etapas del proceso ( $HH_{azul}$ ) y la necesaria para diluir una carga de contaminante presente en el efluente hasta dejarlo en condiciones de ser volcado al medio ambiente ( $HH_{gris}$ ). No se consideró el aporte directo de la  $HH_{verde}$  debido a la ausencia de actividades que requieran el uso de agua de lluvia. En la  $HH_{indirecta}$  se consideraron tres componentes principales: la  $HH$  de la fabricación de los equipos y maquinarias utilizadas, la  $HH$  del uso de energía (electricidad y combustibles), y la  $HH$  de las principales materias primas e insumos. Estos tres componentes se sumaron para contabilizar la  $HH_{indirecta}$  de todo el proceso, sin distinción de colores.

### 1.2. Variación de la $HH$

Se determinó el aporte (en %) de cada componente de la  $HH$  sobre la total. Se repitió el cálculo para cada proceso, pero variando el alcance del análisis (Tabla 1). Se escogió como materia prima principal, la más utilizada en la fabricación de cada producto.

Tabla 1. Aspectos considerados y no considerados en cada alcance establecido respecto a  $HH_{indirecta}$  para el cálculo de la  $HH_{total}$  de los tres procesos analizados

Alcance	Huella hídrica indirecta				
	Materias primas e insumos		Energía		Equipos y maquinarias
	Principal	Otras	Electricidad	Combustibles	Fabricación
<b>a: estándar</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>b</b>	No	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>c</b>	Sí	Sí	No	Sí	Sí
<b>d</b>	No	Sí	No	Sí	Sí

## Resultados

Los procesos de elaboración de agua embotellada y de cuero natural tienen cuatro etapas principales, mientras que el de elaboración de cerveza cuenta con cinco (Figura 1). El agua de red, la piel cruda y la cebada malteada (malta) son las materias primas principales del agua embotellada, cuero y cerveza, respectivamente.

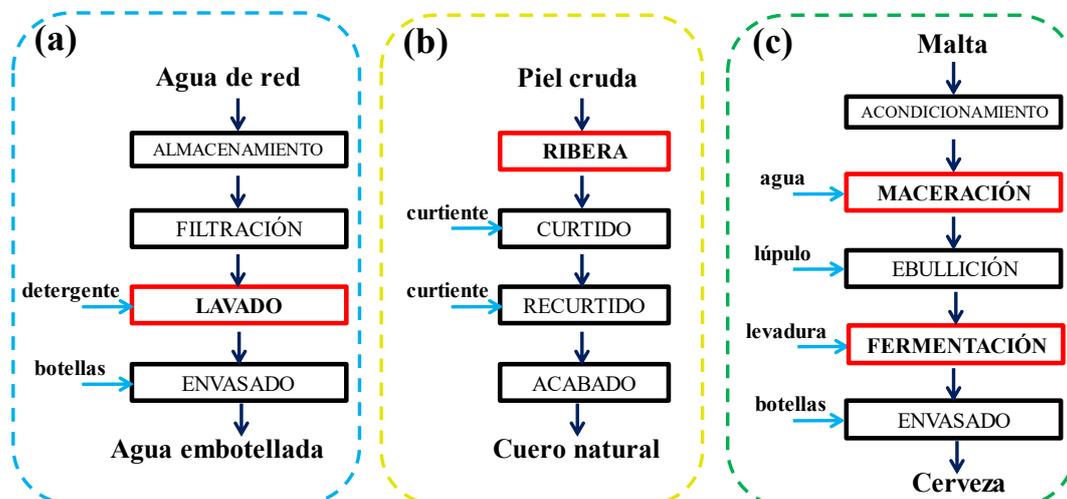


Figura 1. Diagramas de bloques de (a): embotelladora de agua, (b): curtiembre, (c): cervecera. En la parte superior se detallan las materias primas principales y a la izquierda de cada etapa, el resto de las materias primas e insumos. Los bloques rojos representan las etapas críticas respecto al uso del agua.

Cuando se calculó la  $HH_{total}$  de manera estándar, sin hacer un análisis particular de cada uno de los procesos, los valores fueron: 8,91 l/l de agua embotellada, 17000 l/kg de cuero producido, y 350 l/l de cerveza producida. En todos ellos se pudo ver que la  $HH_{indirecta}$  fue la que más influyó en la total (Figura 2). Excluyendo del cálculo la  $HH$  de la materia prima principal (Alcance b, Figura 2), la  $HH_{indirecta}$  tanto de la curtiembre como de la cervecera disminuyó más de un 95%, modificando ligeramente la del agua embotellada (13%, Figura 2). El mayor aporte en el alcance estándar se debió a la elevada cantidad de agua involucrada en la elaboración de cuero crudo y malta, que son productos agropecuarios. Al excluir el aporte de la  $HH$  de la energía eléctrica (Alcance c, Figura 2), la contribución de los colores no se modificó respecto al estándar para la curtiembre ni para la cervecera, pero sí para el agua embotellada. Por último, al no tener en cuenta ni la materia prima ni la electricidad, se observó que el mayor aporte a la  $HH_{total}$  se debió al componente directo en los tres procesos analizados. La  $HH_{azul}$  en la elaboración de agua embotellada fue la más relevante debido al agua contenida en el producto (Alcance d, Figura 1), mientras que en los otros dos procesos se observó una mayor dependencia de la  $HH_{total}$  con la  $HH_{gris}$ .

## Discusión

El análisis de la  $HH$  a través de diferentes colores permitió obtener una visión más amplia del uso del agua en los procesos analizados. Si para el cálculo de la  $HH_{total}$  se establece un alcance muy amplio considerando muchos aportes indirectos, es posible que se ignoren aspectos donde resulte factible aplicar mejoras. Estos aspectos están relacionados con el consumo de agua ( $HH_{azul}$ ) y la contaminación del recurso ( $HH_{gris}$ ). El primero podría mejorarse identificando las etapas críticas para cada proceso en particular. La  $HH_{gris}$

constituye el aporte directo principal a la  $HH_{total}$  para la curtiembre y la cervecera. Esto ocurre porque se necesitaría mucha agua para diluir los efluentes generados durante ambos procesos debido a la elevada carga contaminante que poseen. Se podrían implementar tecnologías más adecuadas de tratamientos de efluentes que garanticen su correcta disposición final en un cuerpo acuático.

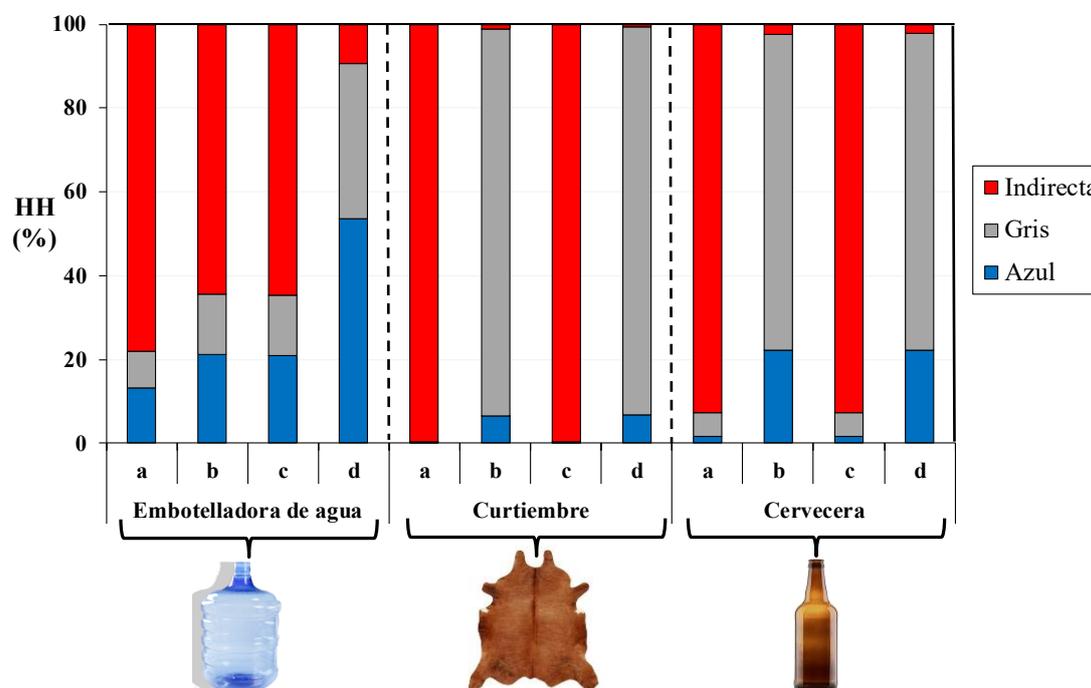


Figura 2. Contribución (en %) de las huellas hídricas (HH) azul, gris e indirecta, sobre la total para cada proceso, y calculadas para diferentes alcances definidos (a, b, c y d). **a:** estándar; **b:** sin considerar la materia prima principal; **c:** sin considerar la energía eléctrica y **d:** sin considerar la materia prima principal ni la electricidad.

El consumo de energía eléctrica resultó ser uno de los aportes más significativos a la  $HH_{total}$  en la elaboración de agua embotellada, que podría optimizarse al identificar el mínimo consumo de energía necesario mediante un análisis *Pinch*. Se podría disminuir el aporte indirecto relacionado con la  $HH$  de la materia prima principal proponiendo el uso de cuero sintético para elaboración de cuero, el reemplazo de un porcentaje de malta por adjuntos cerveceros, o usar agua de pozo en lugar de agua de red en la elaboración de agua embotellada. Todos estos aspectos necesitarán un análisis de sustentabilidad que garanticen que los cambios constituyan efectivamente mejoras al respecto.

## Conclusiones

Si bien se pudo observar que la cuantificación de la  $HH_{total}$  en los procesos industriales es una herramienta útil a la hora de evaluar el uso del agua, el alcance que se le otorgue al análisis, definirá la relevancia de cada componente y la posibilidad de aplicar mejoras en el uso del recurso. Este alcance no será el mismo para cada industria, y el correcto establecimiento de los límites permitirá una evaluación y toma de decisiones más eficiente para administrar de manera correcta el recurso acuático.

## Agradecimientos

Este trabajo se realizó dentro del marco del Proyecto CIUNSa Tipo B N° 2571 (Uso del agua en las industrias de la Provincia de Salta. Cálculo de la Huella Hídrica), bajo la dirección de la Dra. Gutiérrez Cacciabue. El Ing. Mainardi-Remis es becario doctoral de CONICET. El Ing.Ind. Romero y el Sr. Hubaide-Restom (estudiante de Ing. Industrial) fueron becarios de grado en el marco de las becas Estímulo a las Vocaciones Científicas (EVC-CIN).

## REFERENCIAS

1. World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: five years into the SDGs. Geneva, 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
2. Hoekstra, A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M., Mekonnen M.M., 2011. The Water Footprint Assessment Manual, Setting the Global Standard. Earthscan. London, Washington DC, 199 p.

## PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL PROCESO DE MEJORA CONTINUA EN UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD BASADA EN LA GESTIÓN DE VALOR Y ORIENTADA A LA UTILIZACIÓN EN ORGANIZACIONES DE SALUD PÚBLICA

Julio Rodríguez Rey <sup>(1)</sup>\*, Florencia Koch <sup>(2)</sup>, Mariela Luna <sup>(2)</sup> y Hernán Parajón <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Medicina – Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [vvenchiarutti@herrera.unt.edu.ar](mailto:vvenchiarutti@herrera.unt.edu.ar)

### RESUMEN

*El sector de la Salud Pública reviste cierta complejidad en relación a la diversidad de sus procesos, y a las importantes restricciones de recursos en la que se llevan a cabo. Mejorar estos procesos es un desafío constante para la gestión pública. En estos tiempos en que la pandemia ha dejado un orden singular por razones de fuerza mayor, esto se vuelve aún más necesario. En el presente trabajo se propone una metodología basada en dos enfoques conocidos, aunque raramente aplicados conjuntamente. En la actualidad, la certificación de normas ISO 9001 se encuentra en plena vigencia en los ámbitos privados y público. Además de brindar cierto prestigio, la implementación de un sistema de gestión de calidad presenta ciertas ventajas: La estructuración que brinda el sistema de gestión de calidad, como las normas ISO 9001, presenta ventajas innegables tales como como la visión sistémica, la gestión por procesos, riesgos y oportunidades y la vigencia el modelo de mejora continua cómo paradigma central. Por otra parte, la gestión del valor encaja en el modelo del sistema de gestión de calidad como un enfoque útil para habilitar los procesos de mejora. La visión centrada en el cliente es coherente con la metodología en que solo el cliente percibe el valor ofrecido. Como segunda cuestión, la contemplación de objetivos de eficacia y eficiencia colaboran en la reducción de costos y agregado de valor. Como resultado de la aplicación conceptual de estas metodologías al sector de la Salud Pública, se confecciona un protocolo de mejora basado en la gestión de valor y a su vez en formato de ciclo PHVA, base de la mejora continua. Como conclusión podemos observar que resulta posible la estructuración de las actividades de mejora continua basadas en una metodología sólida como es la Gestión del Valor*

### ABSTRACT

*The Public Health sector has a certain complexity in relation to the diversity of its processes, and the significant resource restrictions in which they are carried out. Improving these processes is a constant challenge for public management. The covid pandemic has left a singular order for reasons and improvement becomes even more necessary. In the present work, a methodology based on two well-known approaches, although rarely applied together, is proposed. Currently, the certification of ISO 9001 standards is the order of the day, not only in the private sphere but also in the public sector. In addition to providing a certain prestige, the implementation of a quality management system has certain advantages: The structure provided by the quality management system, such as ISO 9001 standards, has undeniable advantages such as systemic vision, process management, risks and opportunities and the validity of the continuous improvement model as a central paradigm. On the other hand, value management fits into the quality management system model as a useful approach to enable improvement processes. The customer-centric view is consistent with the methodology in which only the customer perceives the value offered. Another aspect is the use of objectives of effectiveness and efficiency that collaborate in the reduction of costs and added value. As a result of the conceptual application of these methodologies to the Public Healthcare sector, an improvement protocol is drawn up based on value management and, in turn, in the*

*PHVA cycle format, the basis of continuous improvement. In conclusion, we can see that it is possible to structure continuous improvement activities based on a solid methodology such as Value Management.*

**Palabras clave:** mejora continua, salud pública, gestión del valor

### **Introducción**

En la actualidad y en un escenario post-pandemia, el mundo ha revalorizado la función de la Salud Pública en la sociedad. La labor innegable de este grupo de servidores públicos ha ido más allá del sentido del deber y ha atravesado escenarios de riesgos y gran incertidumbre. Sin embargo, el sector de la Salud Pública reviste cierta complejidad en relación a la diversidad de sus procesos, y a las importantes restricciones de recursos en la que se llevan a cabo. Esto aun cuando en este último tiempo se ha registrado un incremento en las inversiones, es visto aún con un déficit importante con respecto a los ideales o al menos a los esperables. Mejorar estos procesos es un desafío constante para la gestión pública. En estos tiempos, el ímpetu con el que arribaron los problemas y las urgencias asociadas han dejado un orden singular. Con respecto a los esfuerzos por estandarizar y certificar calidad por las instituciones, podrá decirse que por razones de fuerza mayor se vuelve aún más necesario en tanto y en cuanto se eleva la conciencia de la necesidad de estar preparados para escenarios como el recientemente vivido.

### **Materiales y Métodos**

En cuanto a los materiales, este trabajo se basa en una revisión de hechos registrados a nivel bibliográfico y en otras publicaciones afines a la disciplina. Se propone una metodología basada en dos enfoques conocidos, aunque raramente aplicados de forma conjunta. Por un lado la certificación de normas ISO 9001 que se encuentra a la orden del día, no solo en el ámbito privado sino también en el público. Esta metodología de trabajo, además de brindar cierto prestigio, la implementación de un sistema de gestión de calidad presenta ciertas ventajas: La estructuración que brinda el sistema de gestión de calidad, como las normas ISO 9001, presenta ventajas innegables tales como la visión sistémica, la gestión por procesos, riesgos y oportunidades y la vigencia el modelo de mejora continua como paradigma central. Por otra parte, la gestión del valor encaja en el modelo del sistema de gestión de calidad como un enfoque útil para habilitar los procesos de mejora. La visión centrada en el cliente es coherente con la metodología en que solo el cliente percibe el valor ofrecido. Como segunda cuestión, la contemplación de objetivos de eficacia y eficiencia colaboran en la reducción de costos y agregado de valor.

### **Resultados**

Como resultado, se realiza una propuesta de aplicación conceptual de estas metodologías al sector de la Salud Pública. El principal resultado de este trabajo se materializa en la confección de un protocolo de mejora, basado en la gestión de valor y a su vez en formato de ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), base de macro proceso de la mejora continua en la norma ISO 9001. Este protocolo a su vez se estructura teniendo en cuenta la metodología de gestión del valor

### **Conclusiones**

Como conclusión podemos observar que resulta posible la estructuración de las actividades de mejora continua basadas en una metodología sólida como es la Gestión del Valor. La convergencia de las dos metodologías resulta de gran utilidad a la hora del abordaje específico de las cuestiones, ya que la Gestión de valor pone foco en la implementación específica de las herramientas en el terreno, mientras que los lineamientos de la norma ISO 9001: 2015 especifica el aramamente las consideraciones que deben estar presentes, dejando al criterio, con frecuencia demasiado amplio, de los implementadores la forma en que lo llevarán a cabo.

### **REFERENCIAS**

1. E.. Rojas, J. Munoz-Gama, M. Sepúlveda and D. Capurro, "Process mining in healthcare: A literature review, In Journal of Bio medical Informatics", Volume 61, 2016, Pages 224 -236, ISSN 1532-0464, Artículo de revista
2. P.J. Saturno. "Seguridad del Paciente. Marco Conceptual. Enfoques y Actividades". Manual del Master en Gestión de la Calidad en los Servicios de Salud. Módulo VI: Seguridad del Paciente. Unidad Temática 33. Universidad de Murcia 2008. Libro

3. Ik-Whan G. Kwon, Sung-Ho Kim, David G. Martin, “Healthcare supply chain management; strategic areas for quality and financial improvement”, In *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 113, Part B, 2016, Pages 422-428, ISSN 0040-1625. Artículo de revista
4. R.C. Brownson, T. A. Burke, G.A. Colditz and J. M. Samet. “Reimagining public health in the aftermath of a pandemic”. *American journal of public health*, 110(11), 1605-1610. (2020). Artículo de revista
5. Z. Chorfi, L: Benabbou, and A. Berrado. “An integrated performance measurement framework for enhancing public health care supply chains”. In *Supply Chain Forum: An International Journal* (Vol. 19, No. 3, pp. 191-203). (2018). Taylor & Francis.

## CATÁLISIS HETEROGÉNEA CON ZEOLITAS COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE A UNA ESTERIFICACIÓN DE FISCHER

Rodolfo A. Medina <sup>(1)</sup>, Nehemías N. Torrez <sup>(2)</sup>, Marcela I. Vera <sup>(3)</sup>, Pablo F. Corregidor <sup>(2,3)\*</sup> y  
Delicia E. Acosta <sup>(2,3)</sup>.

<sup>(1)</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Consejo de Investigaciones de la UNSa (CIUNSa), Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup>Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Consejo de Investigaciones de la UNSa (CIUNSa), Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(3)</sup>Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\* [pcorregidor@unsa.edu.ar](mailto:pcorregidor@unsa.edu.ar)

### RESUMEN

*Se estudió la participación de zeolitas ácidas en la transesterificación entre acetato de vinilo y alcohol isoamílico como alternativa a la tradicional esterificación de Fischer que permite preparar acetato de isoamilo. Se encontró que los catalizadores microporosos presentan menor conversión que el catalizador mesoporoso H-ZSM-5/MCM-41, posiblemente debido a una menor difusión de los reactivos en el interior de los microporos. Por otro lado, la selectividad de la reacción se encuentra favorecida hacia la formación de acetato de isoamilo con los catalizadores en los cuales los inconvenientes difusivos son minimizados. Los resultados obtenidos podrían ser explicados teniendo en cuenta posibles efectos de confinamiento.*

### ABSTRACT

*The participation of acid zeolites in the transesterification of vinyl acetate and isoamyl alcohol was studied as an alternative to the traditional Fischer esterification that allows the preparation of isoamyl acetate. It was found that the microporous catalysts evidenced a lower conversion than the mesoporous catalyst H-ZSM-5/MCM-41, possibly due to a lower diffusion of the reagents inside the micropores. On the other hand, the selectivity of the reaction is favored towards the formation of isoamyl acetate with catalysts in which diffusive issues are minimized. The results obtained could be explained due to possible confinement effects.*

*Palabras Claves:* zeolita, transesterificación, acetato de isoamilo, catálisis heterogénea.

### Introducción.

La química orgánica es un área de investigación desafiante que brinda soluciones a la sociedad mediante la síntesis de sustancias diversas, ya sea con propiedades mejoradas o proponiendo metodologías alternativas más eficientes. Por otra parte, la implementación de una catálisis heterogénea, es una de las maneras de mejorar trascendentalmente estas metodologías, con la finalidad de: 1) incrementar la selectividad y rendimiento de los productos deseados y 2) optimizar las condiciones de reacción. En ese sentido, las zeolitas y los tamices moleculares mesoporosos comprenden dos grupos importantes de catalizadores heterogéneos que se encuentran particularmente involucrados en el desarrollo acelerado de productos de la química fina y especialidades químicas.

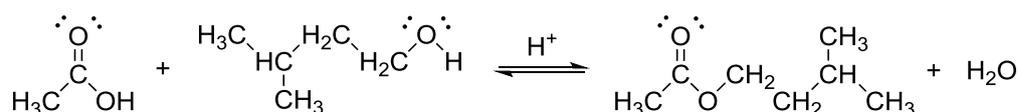
En el marco de las transformaciones orgánicas que se pueden realizar con una catálisis heterogénea, la esterificación de Fischer (Fig. 1) es una reacción común y versátil, ampliamente utilizada tanto a escala industrial como de laboratorio. Sin embargo presenta el inconveniente que suelen usarse ácidos minerales (clorhídrico, nítrico, sulfúrico o fosfórico) como catalizadores, sumado al hecho que los solventes en los

cuales se realiza no son compatibles, desde el punto de vista de la solubilidad, con muchos de los ácidos carboxílicos utilizados. Por lo tanto, resulta particularmente importante encontrar nuevas metodologías sostenibles que permitan servir como alternativas a la esterificación, que contemplen mejoras sustanciales en el rendimiento y la selectividad.

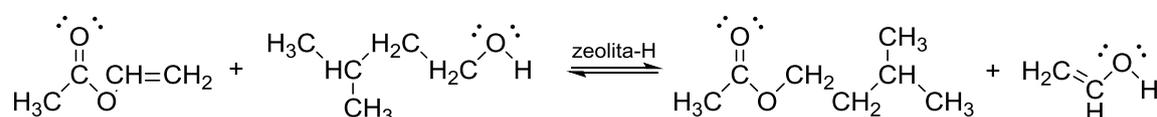
En los últimos años, la comunidad química se ha comprometido a encontrar nuevos enfoques sustentables para realizar transformaciones orgánicas, prefiriendo metodologías más amigables con el medio ambiente, tarea que resulta particularmente relevante para los procesos industriales.

Es por ello que, teniendo en cuenta estas ideas, reportamos los resultados obtenidos a partir del estudio de la reacción de transesterificación entre acetato de vinilo y alcohol isoamílico catalizada por zeolitas ácidas, como alternativa sustentable a la tradicional esterificación de Fischer (que habitualmente contempla una catálisis con ácidos minerales) para la obtención de acetato de isoamilo.

#### ESTERIFICACIÓN DE FISCHER



#### TRANSESTERIFICACIÓN



**Figura 1.** Esterificación vs. transesterificación.

### Materiales y Métodos.

Se utilizaron catalizadores comerciales de zeolitas tipo Y, 13X y ZSM-5, previamente convertidos a las formas catalíticamente activas, mediante sucesivos intercambios iónicos y calcinación, empleando la metodología previamente reportada [1]. Se sintetizó una zeolita ZSM-5 con mesoporos organizados en una red MCM-41, en adelante H-ZSM-5/MCM-41, tal como se describe en [1].

Los ensayos de actividad catalítica se realizaron en sistemas en batch a temperatura controlada, empleando ~110 mg de catalizador (31,2 mg de H-ZSM-5/MCM-41) manteniendo una agitación continua a 1200 r.p.m. Se trabajó con una relación molar alcohol:éster 1:1, empleando tolueno como solvente de reacción y un 1,25 % de sólidos. Para ello se siguió la metodología previamente reportada [1].

La actividad catalítica se determinó tomando alícuotas de reacción a diferentes tiempos, las que posteriormente fueron analizadas mediante cromatografía gaseosa, en un equipo PERKIN ELMER modelo Clarus 580, equipado con una columna Elite-5 (0,25 µm x 0,25 mm x 30,0 m) y un detector de ionización de llama (FID) operando a 230°C. La identificación de reactivos y productos se realizó mediante cromatografía gaseosa en un equipo marca AGILENT modelo 6890 N, acoplado a un detector selectivo de masas marca AGILENT, modelo 5973.

### Resultados.

Algunas de las principales características de los catalizadores estudiados se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de los catalizadores:  $S_{\text{BET}}$  = superficie BET,  $C_{\text{Bronsted}}$  = concentración de los sitios ácidos de Bronsted,  $C_{\text{Lewis}}$  = concentración de los sitios ácidos de Lewis.

Catalizador	Tipo de red	Si/Al -	$S_{\text{BET}}$ (m <sup>2</sup> /g)	$C_{\text{Bronsted}}$ (mmol/g)	$C_{\text{Lewis}}$ (mmol/g)
H-ZSM-5	MFI	80	410	0,126	0,006
H-Y	FAU	2,5	925	0,128	0,101
H-13X	FAU	n.d.	654	0,194	0,085
H-ZSM-5/MCM-41	SBA	n.d.	507	0,111	0,077

Los resultados de actividad catalítica obtenidos con los diferentes catalizadores se resumen en la Fig. 2.

## Discusión.

La reacción de transesterificación en estudio genera acetato de isoamilo como producto de la sustitución nucleofílica por parte del alcohol isoamílico en la fracción de etenilo del acetato de vinilo. El alcohol vinílico producido, rápidamente tautomeriza a acetaldehído en las condiciones de reacción. Por otro lado, se genera un acetal derivado de la adición de dos moles de alcohol isoamílico sobre un mol de acetaldehído, indicando que el ataque nucleofílico del alcohol reactivo puede atacar tanto a los carbonos electrofílicos del acetato de vinilo como a los del acetaldehído. Se encontraron evidencias suficientes [1] (no presentadas en este trabajo) que la generación del acetal no necesita de la presencia de los sitios ácidos del catalizador.

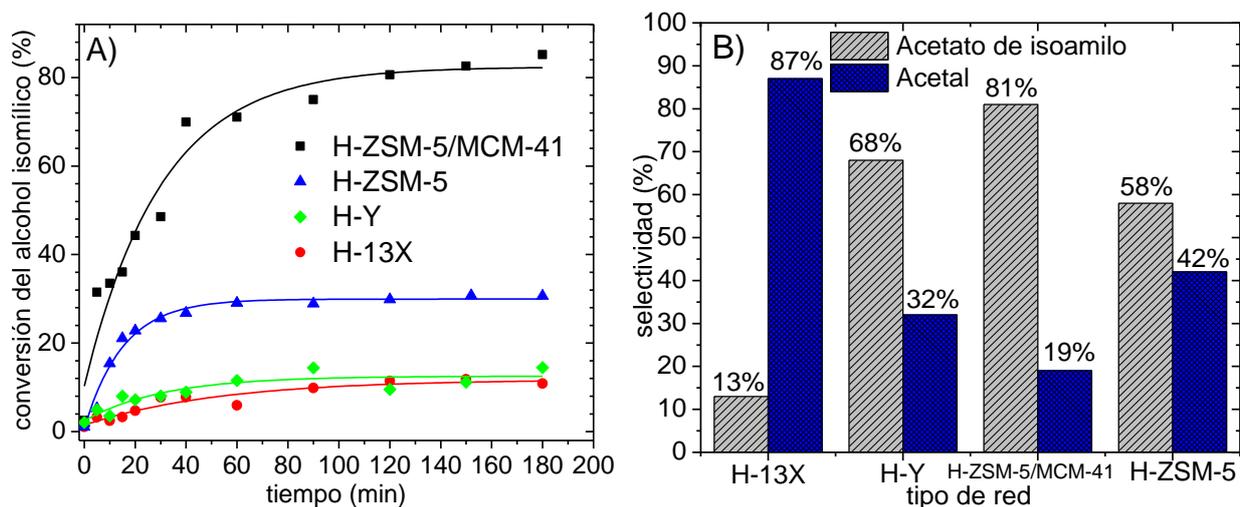


Figura 2. A) Conversión del alcohol isoamílico y B) Selectividad.

Desde el punto de vista estructural, la ZSM-5 es una zeolita cuyo tamaño de poros es intermedio (canales formados por anillos de 10 miembros), mientras que la zeolita 13X y la zeolita Y poseen poros más grandes (cavidades formadas por anillos de 12 miembros). Como se puede apreciar en la tabla 1, las zeolitas microporosas de poros más grandes (zeolitas 13X e Y) presentan mayor superficie específica que la ZSM-5 y entre ellas tres comparten una acidez similar. Sin embargo, si se comparan los valores de conversión obtenidos para la zeolita ZSM-5, se observa que es superior a la de las otras dos zeolitas. Por otro lado, el material micromesoporoso estructurado H-ZSM-5/MCM-41 posee mesoporos primarios de 50 Å y una acidez de Brønsted de 0,111 mmol/g, un poco menor a la de las otras zeolitas. Sin embargo, presenta la mayor conversión.

Todos estos resultados parecen no tener una explicación sencilla, por cuanto las zeolitas microporosas con poros de mayor tamaño (13X y zeolita Y) presentan una menor conversión que la ZSM-5.

Por otro lado, tampoco parece haber una correlación directa entre la densidad de sitios ácidos de Brønsted y la conversión observada, puesto que las zeolitas 13X e Y, a pesar de tener una mayor densidad de sitios ácidos que el material ZSM-5/MCM-41, presentan una escasa conversión.

Posiblemente, el efecto de la densidad de sitios ácidos, en conjunto con el tamaño de los poros de la red, operen de manera tal que se potencien en la zeolita ZSM-5 y el material ZSM-5/MCM-41, favoreciendo la conversión del alcohol isoamílico en acetato de isoamilo, generando un efecto contrapuesto con las zeolitas 13X e Y.

Cuando esto ocurre, la actividad catalítica puede atribuirse a un efecto de confinamiento en la red [2], el cual escapa a los objetivos del presente trabajo. Un efecto de confinamiento es capaz de estabilizar especies reactivas, productos, intermediarios y estados de transición [3] mediante fuerzas de dispersión, gobernando el efecto catalítico y la selectividad. De esta manera, la justificación del comportamiento de la reacción va más allá de poder atribuirse a un único efecto, ya sea por el número y acidez de sitios catalíticos o por el tamaño de los poros. Este resultado es atribuible a las características de la red en su totalidad, la cual a su vez depende de parámetros estructurales más complejos, tales como el radio de curvatura de la superficie interna de los microporos o del comportamiento de la red zeolítica como un solvente sólido, lo que permite la explicación de situaciones que podrían resultar ilógicas o absurdas, tal como el hecho de que una molécula cuyo tamaño es superior a la del poro pueda quedar atrapada en el interior del mismo [4].

Por eso mismo, tampoco resulta sencillo poder explicar la selectividad de los productos teniendo en cuenta únicamente los efectos relacionados a la presencia de mesoporos, la superficie BET o la distribución de sitios ácidos. Se puede observar que la zeolita H-13X, que no evidencia una conversión superior al 15 %, favorece la formación del acetal como producto de reacción en un 87 %, mientras que la zeolita H-Y, con actividad similar, presenta una selectividad del 68 % para acetato de isoamilo. Por su lado, la zeolita H-ZSM-5, presenta una selectividad un poco superior hacia el acetato de isoamilo (58 %), mientras que el material H-ZSM-5/MCM-41 manifestó una selectividad del 81 % para ese producto. El material micromesoporoso podría tener en conjunto, las propiedades adecuadas de acidez y disponibilidad espacial, para que se desarrolle el ataque nucleofílico por parte del alcohol sobre un intermediario tipo zeolita-acetilada. Por lo tanto, estas situaciones permitirían generar acetato de isoamilo con una mayor selectividad. En la Tabla 2 se presentan los valores de TOF para los diversos catalizadores. La diferencia en actividad observada se puede explicar en base a la estabilización del Estado de Transición (ET) o de los intermediarios de reacción. De esta manera, se sabe que las zeolitas que estabilicen en mayor medida al ET, presentarán velocidades de reacción más elevadas.

**Tabla 2.** Turnover frequency calculados a los 7200 segundos de comenzada la reacción.

Catalizador	TOF ( $\times 10^{-4} \text{ seg}^{-1}$ )
H-ZSM-5	8,3
H-Y	2,6
H-13X	1,9
H-ZSM-5/MCM-41	77,8

Según los valores encontrados, se puede decir que la red del material H-ZSM-5/MCM-41 podría estabilizar mejor al ET de la reacción, seguido por la red MFI de la zeolita H-ZSM-5 y finalmente la red FAU de las zeolitas H-13X y H-Y. Esto podría ser consecuencia del mayor espacio disponible en la red MCM-41, lo que facilita el desarrollo de un ET generado mediante el ataque nucleofílico del alcohol sobre el intermediario zeolita-acetilada. Es decir, esta red presenta la acidez adecuada y tamaño de poros apropiados para que se desarrolle la reacción de transesterificación, tal como se explicó anteriormente.

### Conclusiones.

La transesterificación entre acetato de vinilo y alcohol isoamílico catalizada por zeolitas ácidas admiten la generación de acetato de isoamilo. Las características propias de las redes zeolíticas permiten evidenciar diferencias en la actividad catalítica, conversión y selectividad de la reacción, viéndose favorecidas para una red micromesoporosa del tipo H-ZSM-5/MCM-41. La reacción en estudio no puede justificarse de manera directa teniendo en cuenta solamente la acidez de los catalizadores y el tamaño de poros, lo que pone de manifiesto posibles efectos de confinamiento.

### Agradecimientos.

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa) por el apoyo económico recibido bajo los Proyectos N° 2717/0 y 2699/0.

### REFERENCIAS

1. P.F. Corregidor, P.M. Cuesta, D.E. Acosta and H.A. Destéfani, "Composite ZSM-5/MCM-41 material obtained from a green resource and its enhanced catalytic performance in the reaction of vinyl acetate and isoamyl alcohol". *Applied Catalysis A: General*. Vol. 587 (2019), 117262.
2. E.G. Derouane, "Guidelines for Mastering the Properties of Molecular Sieves: Relationship between the Physicochemical Properties of Zeolitic Systems and Their Low Dimensionality", 1990, Springer, p. 225-239.
3. D. Lesthaeghe, V. Van Speybroeck and M. Waroquier, "Theoretical evaluation of zeolite confinement effects on the reactivity of bulky intermediates". *Physical Chemistry Chemical Physics*. Vol. 11 (2009) 5222-5226.
4. Derouane, E.G., "A Molecular View of Heterogeneous Catalysis: Proceedings of the First Francqui Colloquium, 19-20 February 1996", 1998, De Boeck Supérieur.

**VERIFICACIÓN DEL AUMENTO DE TEMPERATURA DE TRABAJO POR  
AGREGADO DE UNA CAPA DE ALÚMINA EN LA CAMISA DE UN MOTOR DE  
COMBUSTIÓN INTERNA 21R**

**José R. González<sup>(1)\*</sup>, Sergio A. Oller Aramayo<sup>(1)</sup>, Juan R. Lezama<sup>(2)</sup> y Sergio H. Oller<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Instituto de Ingeniería Civil y Medio Ambiente - CONICET - Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química - CONICET, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [jgonzalez@ing.unsa.edu.ar](mailto:jgonzalez@ing.unsa.edu.ar)

### Resumen

*Dada la creciente escasez de combustibles fósiles, el impacto ambiental que su uso conlleva y la relevancia de los Motores de Combustión Interna (MCI) tanto en la vida diaria, siendo parte fundamental del transporte urbano como en la industria de la generación eléctrica y el transporte de carga, es que en el presente trabajo se propone una alternativa para aumentar las temperaturas de trabajo dentro de la cámara de combustión un motor Toyota 21R, y con esto un aumento de su rendimiento termodinámico. Para ello se propone agregar una capa de un material cerámico llamado alúmina en la superficie interna de la camisa del motor en cuestión, la cual al contar con capacidades térmicas superiores a la de los materiales usuales que componen las camisas clásicas, disminuiría la transferencia de calor desde los gases de combustión hasta el refrigerante, aprovechando en mayor medida la energía térmica disponible y por ende aumentando su rendimiento térmico. Para determinar el espesor de la capa de cerámica necesaria para lograr el aumento de la temperatura de trabajo, se realizaron cálculos analíticos de los mecanismos de transferencia de calor involucrados, haciendo uso de expresiones empíricas para el cálculo de los coeficientes de película en la convección interna dentro de la cámara y externa en el circuito de refrigeración. Finalmente, para comprobar el resultado, se realizó una simulación numérica empleando el método de elementos finitos, comparando las temperaturas en la pared de la camisa obtenidas analíticamente y mediante la simulación numérica computacional.*

### ABSTRACT

*Due to the growing scarcity of fossil fuels, the environmental impact that its use provokes and the relevance of internal combustion engines as much in diary life, and being a fundamental part of urban transport as in the electrical generation and load transport industry, is that in this paper an alternative is proposed to increase the working temperatures inside the combustion chamber of a Toyota 21R engine and with this an increase on its thermodynamic performance. In order to achieve that, it is proposed to add a layer of a ceramic material called alumina on the inner surface of the engine cover in question, which counts on upper thermal capacities that typical cover, it would reduce heat transfer from the combustion gases to the coolant, making better use of the available thermal energy and therefore increasing its thermal performance.*

*To determine the thickness of the ceramic layer necessary to achieve the increase in working, analytical calculations of the mechanisms were carried out of heat transfer involved, making use of empirical expressions for the calculation of the film coefficients in the internal convection inside the chamber and external in the refrigeration circuit. Finally, to verify the result obtained, a numerical simulation was carried out using the finite element method, comparing the temperatures in the liner wall obtained analytically and by means of computational numerical simulation.*

*Palabras Claves: Motor de Combustión Interna, Transferencia de Calor, Cerámicos, Simulación Numérica.*

## Introducción

En la actualidad, los motores de combustión interna (MCI) son parte fundamental para la vida humana; siendo estos vitales para el 99.8% del transporte global mundial, tanto aeronáutico, transporte pesado de objetos y transporte de pasajeros, como así también en el ámbito de la generación eléctrica, brindando una alternativa para generación eléctrica aislada y un respaldo confiable a lugares donde el abastecimiento de energía eléctrica no deba interrumpirse. Teniendo en cuenta esto, y dada la creciente demanda de los combustibles fósiles y la escasez de los mismos, es que en la actualidad se están estudiando métodos para incrementar el rendimiento de los MCI. Se conoce que los rendimientos térmicos de la mayoría de los mismos rondan valores de entre 25% al 40%, por lo que el resto de la energía química del combustible se desprende y se libera en forma de calor sin ser aprovechado. Para aumentar el rendimiento de los mencionados, bastaría con incrementar la temperatura de operación del ciclo termodinámico que los gobiernan. Sin embargo, existe una limitación drástica para llevar a cabo este método, la cual es el punto de fusión o capacidad térmica del material que compone los elementos de la cámara de combustión; estando compuestas en general por hierro fundido.

En general, las cámaras de combustión están compuestas por materiales como hierro fundido con un acabado superficial de bruñido, cuya rugosidad se encuentra en el orden de los 6  $\mu\text{m}$ . La temperatura que alcanza el interior de la cámara de combustión puede llegar a superar los 2000 K, mientras que las paredes de las camisas alcanzan valores mayores a los 523 K [1]. Estos valores exceden las capacidades térmicas de los materiales, por este motivo se debe emplear un sistema de refrigeración capaz de absorber el calor excedente, a fin de evitar que los componentes estructurales se fundan. Hoy en día, se investiga sobre la aplicación de aleaciones como la de AlSi, las cuales además cuentan con un recubrimiento funcionalmente graduado, mostrando un incremento en la temperatura máxima que pueden soportar; dichos recubrimientos dieron lugar al concepto de “motores adiabáticos”. También existen investigaciones donde se comparan las prestaciones de motores que cuentan con una cámara de combustión de hierro fundido en contraste con motores con un recubrimiento de CrN, el cual los incluye en la categoría antes mencionada de motores adiabáticos [2].

Teniendo en cuenta los estudios mencionados anteriormente en donde se comprueba que un aumento en la temperatura de trabajo implica un aumento directo en el rendimiento de los MCI, y dado el gran consumo de combustibles fósiles por parte de los motores en todo tipo de industrias alrededor del mundo, es que en el presente trabajo se busca brindar una propuesta innovadora respecto al aumento de la temperatura de trabajo dentro de las cámaras de combustión, con el fin de aumentar el rendimiento de estas máquinas térmicas; esto a sabiendas que logrando un pequeño incremento en el rendimiento de los mismos implicaría un enorme ahorro de los recursos escasos del planeta. Para esto, se dispuso a estudiar la transferencia de calor que ocurre desde la cámara de combustión hacia el refrigerante, luego de agregar a la camisa del motor una capa de material cerámico, los cuales cuentan con excelentes cualidades térmicas [3], siendo en este caso escogido el denominado como alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) por sus también excelentes propiedades mercantías. Este cerámico al contar con una capacidad térmica mucho más elevada que el de los materiales empleados en las camisas clásicas, además de bajos coeficientes de conductividad térmica, permitiría que el motor trabaje a mayores temperaturas y con esto disminuiría el calor que necesariamente el fluido refrigerante debe absorber; aumentando así el desempeño termodinámico del motor. Los resultados obtenidos a partir de las expresiones analíticas para los diversos mecanismos de transferencia de calor que se presentan en los MCI, se verán verificados haciendo uso de simulaciones numéricas basadas en el método de los elementos finitos.

## Materiales y Métodos

Para comenzar con el estudio de la transferencia de calor desde la cámara de combustión hasta el fluido refrigerante, se escogió como medio de estudio la geometría simplificada de la cámara de combustión de un motor 21R perteneciente a la cátedra de Motores de Combustión Interna de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ingeniería (Universidad Nacional de Salta). A partir de la geometría de la misma y de los parámetros de funcionamiento típicos del mencionado motor (Tabla 1), se realizó un modelado simplificado de los fenómenos de transferencia de calor que suceden de forma dinámica en el transcurso del funcionamiento del motor.

Parámetros Geométricos			Parámetros de Funcionamiento		
Cilindrada	1972	cm <sup>3</sup>	Temperatura de aire de entrada T1	21	°C
Numero de cilindros	4		Presión absoluta en el colector P1	29	kPa
Relación de compresión	9		Presión atmosférica	73	kPa
Diámetro del pistón	84	mm	Numero de revoluciones	3000	rpm
Carrera	89	mm	Velocidad Circulación Refrigerante	9	m/s
Espesor Camisa	5	mm			

Tabla 1. Parámetros Geométricos y de Funcionamiento - Motor Toyota 21R.

Dentro de la cámara de combustión suceden dos mecanismos mediante los cuales se transfiere calor a la camisa del MCI: la convección provocada por los gases de combustión calientes en movimiento y la radiación provocada por las partículas inertes en suspensión dentro de dichos gases. Dicha camisa se encuentra conformada por 2 capas de materiales, la primera un cerámico ( $Al_2O_3$ ) y la segunda una fundición gris. Gracias a que los mismos cuentan con características térmicas diferentes, la pendiente del perfil de temperatura interno en cada capa, inherente al mecanismo de transferencia de calor por condición, resulta también distinta; siendo la más pronunciada la perteneciente a la fundición por su mayor coeficiente de conducción térmica. Finalmente, en el exterior de la camisa circula un líquido refrigerante, el cual, mediante convección forzada, extrae calor del sistema nivelando su temperatura e impidiendo que los materiales se fundan.

Para establecer el espesor de la capa conformada por alúmina, se tomó como criterio de partida lograr una diferencia superior a  $200^{\circ}C$  entre la temperatura de la alúmina en contacto con los gases de combustión y la temperatura de la camisa convencional hecha con fundición. Esta diferencia de temperatura implicaría que, al aumentar en más de  $200^{\circ}C$  la temperatura de trabajo convencional del motor gracias a la adición de la capa de cerámica, la tasa de transferencia de calor hacia el refrigerante disminuiría y por ende aumentaría el rendimiento. Para realizar el cálculo analítico se emplearon las correlaciones empíricas de Annand [4] y Grimson, para el cálculo de los coeficientes de película, en el interior de la cámara como para el flujo refrigerante, respectivamente. La obtención de las propiedades térmicas, tanto de los gases luego de la combustión como del líquido refrigerante a la temperatura de funcionamiento estacionaria, necesarias para el cálculo de dichas correlaciones empíricas, se realizó mediante una simulación química del proceso de combustión haciendo uso del software de simulación de procesos Aspen Hysys (Figura 1), partiendo de los parámetros de funcionamiento propios del sistema.

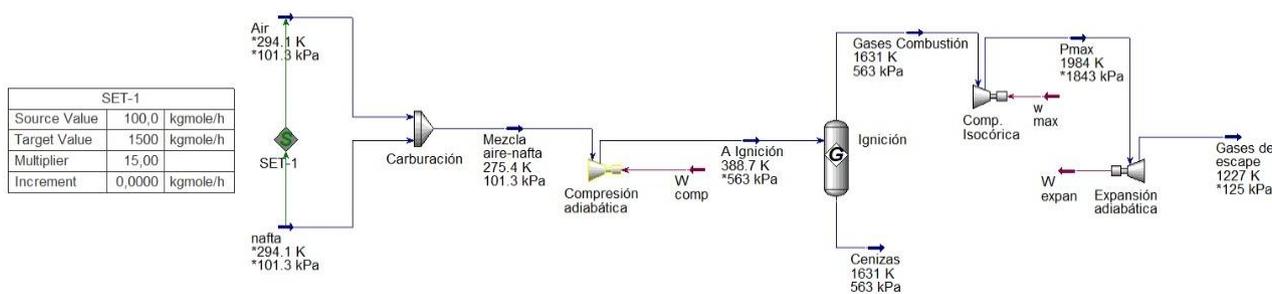


Figura 1. Simulación del proceso de combustión mediante Aspen Hysys.

Para realizar la comprobación de los resultados obtenidos mediante los cálculos analíticos del sistema simplificado, se realizó un estudio mediante CFD (*Computational Fluid Dynamics*), el cual conto con una malla de aproximadamente 700 mil elementos (Figura 2), un paso de tiempo de 0.001s y 2000 iteraciones, establecidas de forma tal que se pueda estudiar el fenómeno en un tiempo total de 2 segundos; el cual resulta suficiente ya que en los motores en general los procesos de compresión, combustión, expansión y escape suceden en un tiempo mucho menor.

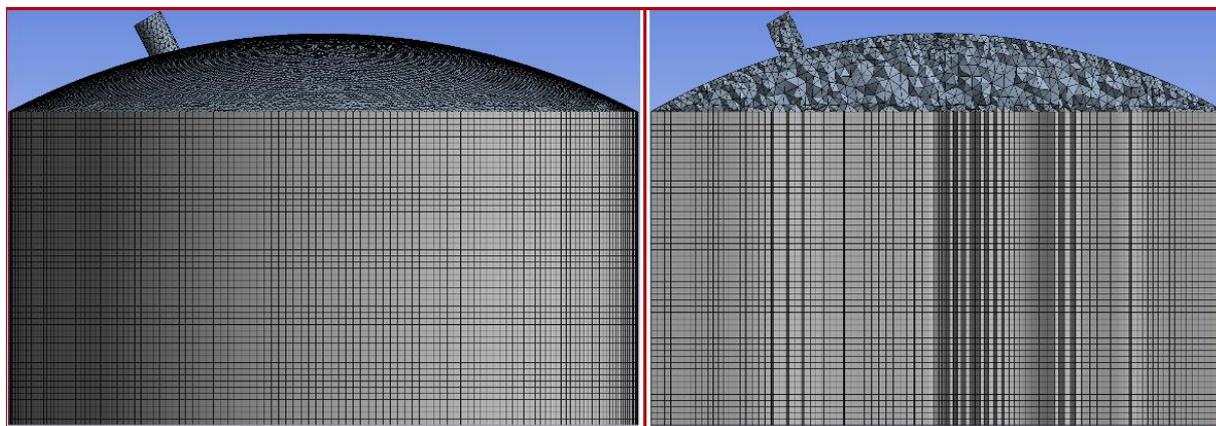


Figura 2. Malla Modelado CFD.

## Resultados

Realizando un cálculo analítico de los fenómeno acoplados de transferencia de calor: Convección y Radiación (en el interior de la cámara)- Conducción (a través de las capas de solidos que conforman la camisa)- Convección (en el circuito refrigerante) y haciendo uso de las correlaciones experimentales para el cálculo de

los coeficientes de película dentro de la cámara del motor y en los conductos de refrigeración como así también de las propiedades térmicas de los gases de combustión obtenidas mediante la simulación del proceso químico, se obtuvo que, para generar un delta térmico de 210 °C entre las paredes internas del cilindro y la unión de los dos materiales empleados en la conformación de la camisa, se necesita de una película de 0.0001 m de espesor de alúmina. Con esto, la camisa del MCI modificada quedaría conformada por una capa interna de 1 mm de  $Al_2O_3$  y una capa externa de 5 mm de espesor de fundición; disminuyendo 660 W el calor transmitido al refrigerante respecto a la condición inicial sin la capa de cerámica en la conformación de la camisa. Estos resultados se ven reflejados y verificados en la simulación numérica de elementos finitos, en donde se puede comprobar que la temperatura media obtenida tanto en la pared interna del cilindro como en la pared externa coinciden con las obtenidas en los cálculos analíticos, siendo estas iguales a 815 K y 546 K, respectivamente (Figura 3).

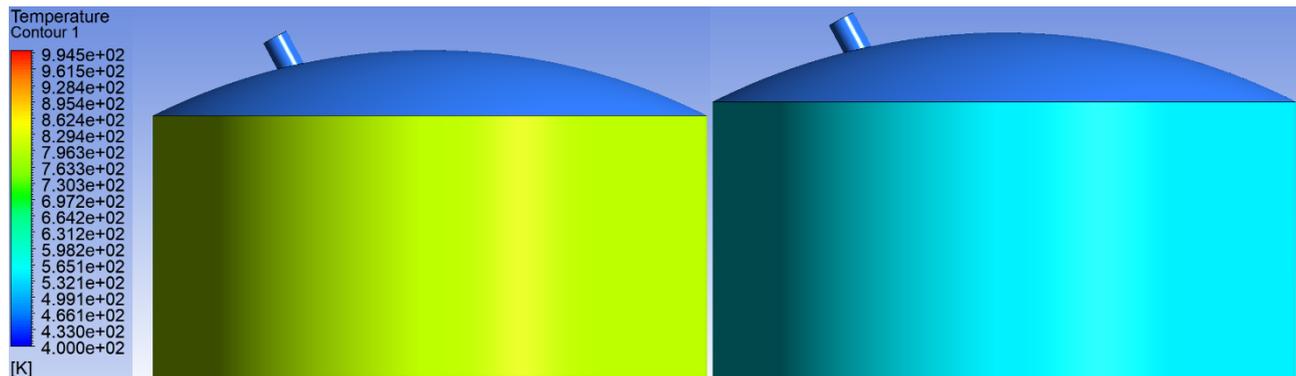


Figura 3. Temperaturas en Camisa: Pared Interna – Alúmina (izquierda) y Pared Externa – Fundición (Derecha).

## Discusión

Si bien los cálculos analíticos realizados se hicieron basados en la suposición de un estado estacionario y sabiendo que, tanto la distribución de temperatura, la de presiones y el intercambio de calor varían en función del ángulo del cigüeñal (ya que al variar este varía también el volumen del cilindro), habiendo alcanzado un cierto tiempo y estando el motor en régimen, se puede tomar como válida la premisa de estado estacionario para la temperatura y el intercambio de calor. Cabe destacar también que, si bien una parte muy importante en el intercambio de calor dentro del MCI se da mediante el flujo de aceite dentro de la culata y el block motor, con los cálculos y análisis realizados en el presente trabajo se quiso demostrar el impacto que tendría agregar una capa de cerámica a la camisa, por lo que él no contemplar y simular todos los demás medios a los que se transfiere calor no resulta preponderante para el mencionado objetivo.

## Conclusiones

En el presente trabajo, mediante el cálculo analítico empleando las muy conocidas expresiones para la obtención de la transferencia de calor por conducción, convección y radiación, se obtuvo un valor para el espesor de la capa de cerámica coherente a las dimensiones convencionales de las camisas pertenecientes a los MCI, cumpliendo con la premisa de disminuir el flujo de calor desde la cámara hacia el refrigerante, aumentando las temperaturas de trabajo internas. Dichos resultados se verificaron mediante una simulación numérica empleando el método de elementos finitos de la geometría simplificada, la cual mostro como los perfiles de temperatura dentro y fuera de la camisa del motor coinciden con los obtenidos analíticamente. Esto nos demuestra que se cumplimentó con los objetivos del presente trabajo y se pudo lograr así un incremento en el rendimiento del motor de combustión analizado.

## REFERENCIAS

1. F. Soto Pau, J. A. Silva, A. M. dos Santos, “Cálculo de la temperatura en el interior de la cámara de combustión en motores de combustión interna”, Revista de Ingeniería Mecánica, 2002, Vol. 5(2), p. 7-15.
2. C. Öner, H. Hazar , M. Nursoy, “Surface properties of CrN coated engine cylinders”, Materials and Design, Vol. 30 (2009), p. 914–920.
3. S. Oller, “Generalidades sobre la modelización numérica de nuevos materiales”, 1998, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE).
4. Annand, W. J. D., “Heat transfer in the cylinders of reciprocating internal combustion engines”, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 1963, Vol. 177, p. 973-990.

## ESTUDIO DE LA CAPACIDAD FERMENTATIVA DE BACTERIAS LÁCTICAS SOBRE GRANOS ANDINOS

Salinas, Cintya<sup>(1)</sup>, Jiménez, María Dolores<sup>(1)</sup>, Lobo, Manuel<sup>(1)</sup> y Sammán, Norma<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina.  
[dolores.jimenez@fi.unju.edu.ar](mailto:dolores.jimenez@fi.unju.edu.ar)

### RESUMEN

La quínoa (*Chenopodium quínoa*) y el amaranto (*Amaranthus*) son fuentes adecuadas de carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales; contienen aminoácidos esenciales, incluyendo azufrados y lisina, fibras, ácidos grasos insaturados y compuestos antioxidantes. Los granos andinos se consideran sustratos adecuados para la fermentación por bacterias lácticas (BAL) ya que son matrices completas. El objetivo del trabajo fue estudiar la fermentación láctica de ambos granos andinos orientada a una posible aplicación en el desarrollo de productos fermentados con características nutricionales mejoradas. Se determinó la composición proximal de los granos mediante métodos oficiales AOAC y se caracterizó el crecimiento de una cepa de bacteria láctica, *Lactobacillus plantarum*, productora de exopolisacáridos en medio MRS y luego en purés formulados con las harinas de los granos andinos. Para el estudio de la fermentación se evaluó acidez total titulable, pH, recuento microbiano. Se formularon purés con distintas proporciones de granos andinos (puros y en relación 50:50), azúcar y pulpa de frutilla, se inocularon con  $10^6$  UFC/g y fueron fermentados a  $36^\circ\text{C}$ . Se determinó viscosidad y características sensoriales de las muestras fermentadas a 0, 4, 10 y 24 h. El recuento de células viables en el puré fermentado aumentó alcanzando valores superiores a  $1,0 \times 10^9$  UFC/g a las 24 h, lo que demostró la adaptación de la cepa al medio. También se observó incremento del contenido de ácido láctico (AL) alcanzando 0,841 g AL/100g muestra en 24 h de fermentación, lo que produjo una disminución del pH desde 4,97 hasta 2,97, por lo que se percibió una fuerte acidez por parte de jueces semientrenados. La viscosidad aumentó significativamente a las 10 h de fermentación. Los resultados obtenidos muestran que la quínoa y el amaranto son excelentes sustratos para la fermentación láctica y podrían ser buenos ingredientes en el desarrollo de productos fermentados con características nutricionales mejoradas.

### ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) and amaranth (*Amaranthus*) are adequate sources of carbohydrates, proteins, lipids, vitamins and minerals; they contain essential amino acids, including sulfur and lysine, fibers, unsaturated fatty acids and antioxidant compounds. Andean grains are considered suitable substrates for lactic acid bacteria (BAL) fermentation since they are complete matrices. The objective of the work was to analyze the lactic fermentation of both Andean grains oriented to a possible application in the development of fermented products with improved nutritional characteristics. The proximal composition of the grains was determined by official AOAC methods and the growth of a strain of lactic bacteria *Lactobacillus plantarum*, producer of exopolysaccharides, was characterized by means of growth curves in MRS medium and then in purees formulated with Andean grain flours. For the study of fermentation, total titratable acidity, pH, and microbial count were evaluated. Purees were formulated with different proportions of Andean grains (pure and in a 50:50 ratio), sugar and strawberry pulp, inoculated with  $10^6$  UFC/g and fermented at  $36^\circ\text{C}$ . Viscosity and sensory characteristics of the fermented samples at 0, 4, 10 and 24 h were determined. The viable cell count in the fermented mash increased, reaching values higher than  $1,0 \times 10^9$  UFC/g at 24 h, which demonstrated the adaptation of the strain to the medium. An increase in the content of lactic acid (AL) was also observed, reaching 0.841 g la/100g sample in 24 h of fermentation, which produced a decrease in pH

from 4.97 to 2.97, for which a strong acidity was perceived by part of the semi-trained judges. The viscosity increased at 10 h of fermentation. The results obtained show that quinoa and amaranth are excellent substrates for lactic fermentation and could be good ingredients in the development of fermented products with improved nutritional characteristics.

Palabras claves: quínoa, amaranto, fermentación láctica.

Keywords: quinoa, amaranth, lactic fermentation.

## Introducción

La quínoa (*Chenopodium quínoa*) y el amaranto (*Amaranthus*) han sido descritos como “los cereales del siglo XXI” por su excelente valor nutricional; son ricos en proteínas (15-22%) de alto valor biológico, lípidos (6%), ácidos grasos  $\omega 3$  y  $\omega 6$  (3-5 y 45-65g/100g lípidos respectivamente), carbohidratos de bajo índice glucémico y fibra dietética (8-12%). También contienen compuestos biofuncionales. La necesidad de diversificar los granos para el consumo humano y las demandas del consumidor con intolerancia al gluten causaron el resurgimiento y valorización de cultivos ancestrales andinos durante las últimas décadas.

El perfil nutricional favorable de los pseudocereales los ha convertido en excelentes sustratos para la producción de alimentos funcionales fermentados, ya que son matrices que permiten el desarrollo de las bacterias ácido-lácticas, nutricionalmente exigentes. El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad de una BAL para fermentar las harinas de quínoa y amaranto para su potencial aplicación en la formulación de productos fermentados de alto valor nutricional.

## Materiales y métodos

### 1 Materiales

Quínoa var. INTA Hornillos y amaranto var. Cica, procedentes del IPAF NOA (INTA Hornillos, Jujuy, Argentina). La quínoa se desaponificó mediante lavados sucesivos. Ambos granos se secaron en estufa de convección forzada a 40°C y se molieron en molinillo de cuchilla para la obtención de harinas. Se las tamizó en mallas 60 y 80 de la escala Tyler, con un rango de 246 y 175 micrones y se envasaron al vacío en bolsas de polietileno. Se trabajó con BAL *Lactobacillus plantarum* productora de exopolisacáridos. Para la elaboración de purés se utilizó: harina de los granos mencionados, agua, azúcar y pulpa de frutilla.

### 2 Composición proximal de harinas

La composición nutricional de las harinas de quínoa y amaranto se determinó con métodos AOAC (2021): Humedad AOAC N° 925.10. Proteína (Kjeldahl) AOAC N° 920.87. Lípidos AOAC N° 963.15. Cenizas AOAC N° 923.03 y Carbohidratos totales por diferencia [100 – (humedad + proteína + lípidos + cenizas)].

### 3 Curva de crecimiento de la cepa de bacteria láctica

Se caracterizó el crecimiento de una cepa de bacteria láctica mediante la elaboración de su curva de crecimiento en medio MRS durante 12 h para determinar el tiempo óptimo de fermentación.

### 4 Desarrollo de sistemas experimentales

Se trabajó con harinas de quínoa y amaranto (puras y mezcla en relación 50:50) y agua variando entre el 5 y 30% p/v. Se mezclaron las harinas con agua y se llevó a cocción en baño maría por 10 min para la obtención del puré. Luego, se estudió el agregado de azúcar de 12 o 15 g por cada 100g de puré, y pulpa de frutilla en dos proporciones 25 y 30 g por 112 g puré. Se inoculó con  $10^6$  UFC/g de *L. plantarum* y se fermentó a 36°C. Para el estudio de la evolución de la fermentación se tomaron muestras a diferentes tiempos (0, 4, 10 y 24 h), y se determinó la acidez total titulable (AOAC 981.12), pH (pHmetro digital UltraBasic), recuento microbiano de BAL (mediante la técnica de diluciones sucesivas, siembra en placa con agar MRS y recuento en placa a las 48h), viscosidad (con viscosímetro rotacional a 22-23°C), y una evaluación sensorial de los distintos purés (otorgando 10 g a cada juez semientrenado para estudiar olor, consistencia y sabor, categorizando a este último como dulzor, acidez, amargor y retrogusto definiéndolo a cada uno como bajo, medio y alto).

## 5 Análisis de datos

Los resultados se expresaron como valor promedio±desviación estándar. Los resultados se analizaron mediante el software XLStat (versión 2009.4.03). Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0,05. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

### Resultados

En la Tabla 1 se muestra la composición proximal de las harinas de quínoa y amaranto. Los valores obtenidos se encuentran en rangos normales, aunque Nascimento y col. (2014) determinaron contenidos menores de proteínas y lípidos, para ambas harinas.

Tabla 1. Composición proximal de materias primas

Nutriente	Quínoa	Amaranto
Proteínas	14,72 ±0,02 <sup>a</sup>	15,20±0,51 <sup>b</sup>
Lípidos	7,13±0,52 <sup>a</sup>	6,52±1,04 <sup>b</sup>
Cenizas	1,87±0,04 <sup>a</sup>	2,89±0,16 <sup>b</sup>
Carbohidratos	76,28	75,24

Expresados en (g/100g bs). Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En la Figura 1 se muestra la curva de crecimiento de la BAL en medio MRS a 36°C. El crecimiento corresponde al segundo repique al 1% de la cepa reactivada, ya que se encontraba criopreservada. La cepa estudiada, *Lactobacillus plantarum*, presentó una curva característica de crecimiento alcanzando una fase estacionaria a las 10 h aproximadamente, con valores superiores a  $10^9$  UFC/mL. Por ello, se considera que 6 h de incubación es el tiempo ideal para fermentar los purés, ubicándose dentro de la fase exponencial.

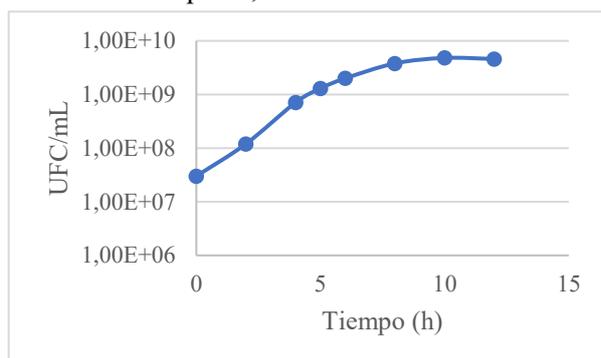


Figura 1. Curva de crecimiento de *Lactobacillus plantarum* en caldo MRS

Respecto a la relación harina/agua frente a la cocción, se observó que las mezclas 30/70% y 20/80% fueron muy espesas y fue imposible trasvasar para su inoculación. Por el contrario, las proporciones 5/95% y 10/90% tuvieron consistencia muy líquida y con separación de fases. La mezcla 15/85%, presentó las mejores características. Por lo que ésta fue la proporción seleccionada para continuar el trabajo. Por otro lado, el puré elaborado con harina de amaranto resultó ser heterogéneo, con separación de fases mientras que el preparado con harina de quínoa tuvo consistencia muy sólida formando un gel resistente. En base a estos resultados, se decidió trabajar con una mezcla de harinas de quínoa:amaranto(50:50), la cual fue homogénea, semisólida y presentó características texturales intermedias comparada con las harinas de un único grano.

Seleccionada la mezcla harinas de quínoa:amaranto (50:50) y agua 15% (p/v) se evaluó la cantidad de azúcar a agregar. En base a resultados sensoriales, se determinó que el agregado de 15 g de azúcar fue percibido como excesivo, quedando grumos sin disolver, lo que provocó retrogusto; el agregado de 12 g de azúcar/100 g de puré resultó ser el más adecuado.

Una vez realizada la cocción del puré elaborado con las proporciones indicadas, se agregó pulpa de frutilla previamente procesada y se autoclavó. Se observó que el preparado con 30 g de frutilla por cada 112 g de puré presentó olor, acidez, amargor y retrogusto altos causando rechazo de los jueces sensoriales. La muestra preparada con 25 g de pulpa de frutilla presentó mejores características y fue aceptada por los jueces.

El puré elaborado con las condiciones seleccionadas (harinas mezcla 50:50, 12 g de azúcar y 25 g de pulpa de frutilla), fue fermentado durante 24 h.

En la Tabla 2 se puede observar un aumento significativo en la producción de ácido láctico a partir de las 10 h de fermentación, acompañado con el descenso del pH, el cual descendió de un valor cercano a 5 hasta 3 a las 24 h de fermentación. El pH inicial fue bajo debido al ácido cítrico aportado por la frutilla.

Tabla 2. Acidez total titulable y pH en función del tiempo de fermentación de quínoa y amaranto

Tiempos (h)	g ácido láctico/100 g de puré	pH
0	0 <sup>c</sup>	4,97±0,03 <sup>a</sup>
4	0,008 <sup>c</sup>	4,95±0,04 <sup>a</sup>
10	0,428 <sup>b</sup>	3,36±0,02 <sup>b</sup>
24	0,841 <sup>a</sup>	2,97±0,04 <sup>c</sup>

En cada columna, distintas letras indican diferencias significativas.

En las primeras 4 h de fermentación no hubo diferencias significativas en el recuento de células viables respecto al inicio del proceso. A partir de las 10 h de fermentación se registró un aumento significativo en el recuento de BAL hasta un valor superior a  $1 \times 10^9$  UFC/g, el cual se mantuvo constante hasta las 24 h, esto coincidió con el crecimiento en MRS, debido a que las bacterias ácido-lácticas alcanzaron la fase estacionaria de crecimiento.

Los jueces sensoriales manifestaron mayor aceptabilidad hasta las 10 h de fermentación; percibieron el olor y sabor a frutilla, el producto no presentó amargor y su consistencia no varió en el tiempo. El dulzor y retrogusto disminuyó durante la fermentación, mientras que la acidez aumentó. A las 24 h, el puré fermentado presentó una fuerte acidez, produciendo rechazo en los jueces. De igual manera, Lorusso y col (2018) registraron que el agregado de azúcar mejora el sabor, produciendo un sabor dulce junto a una baja percepción de olor, acidez y atributos de sabor astringente en un puré fermentado.

Si bien no se consiguió detectar sensorialmente diferencias en la viscosidad del producto fermentado a distintos tiempos, la viscosidad medida en función de revoluciones por minutos para diferentes tiempos de fermentación mostró un incremento de esta propiedad a las 10 h, debido, posiblemente, a la propiedad de las bacterias de producir exopolisacáridos (Carrizo y col., 2017). Sin embargo, a las 24 h de fermentación, se registró una disminución de viscosidad debida, posiblemente, a la disrupción de las redes de almidón gelatinizado y/o de proteínas entrecruzadas por actividad amilolítica de la BAL.

## Conclusiones

Las harinas de quínoa y amaranto resultaron buenos sustratos para la fermentación con una bacteria láctica, debido a sus excelentes características nutritivas.

Los resultados mostraron que la cepa *Lactobacillus plantarum* pudo crecer adecuadamente en el puré de granos andinos alcanzando valores superiores a  $1,0 \times 10^9$  UFC/g a las 24 h; mostrando gran potencial para una posible aplicación en el desarrollo de yogur de quinua y amaranto fermentado. El desarrollo contribuye a la revalorización de los cultivos andinos y agregado de valor de las cadenas productivas regionales.

## Referencias

- AOAC (1995). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. (16th ed.). Arlington, Va, USA.
- Carrizo, S. L., Montes de Oca, C. E., Hébert, M. E., Saavedra, L., Vignolo, G., LeBlanc, J. G., Rollán, G. (2017). Lactic Acid Bacteria from Andean Grain Amaranth: A Source of Vitamins and Functional Value Enzymes. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 289–298.
- Lorusso, A., Coda, R., Montemurro, M., Rizzello, C. (2018). Use of Selected Lactic Acid Bacteria and Quinoa Flour for Manufacturing Novel Yogurt-Like Beverages. *Foods*, 7(4), 51.
- Nascimento, A. C., Mota, C., Coelho, I., Gueifao, S., Santos, M., Matos, A. S., Castanheira, I. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*, 148, 420-426.

## Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el proyecto IaValSe-Food-CYTED (N°119RT0567) y SECTER – Universidad Nacional de Jujuy – CONICET.

## MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DE ANTIMONIATO DE MEGLUMINA POR DERIVATIZACIÓN MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS

Cintia A. Briones Nieva<sup>(1,2)\*</sup>, Mercedes Villegas<sup>(1,2)</sup>, Analía I. Romero<sup>(1,2)</sup>, Santiago N. Campos<sup>(1)</sup>, Alicia G. Cid<sup>(1,2)</sup>, José M. Bermúdez<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI-CONICET-UNSa), Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico (autor de contacto): [brionesncintia@gmail.com](mailto:brionesncintia@gmail.com)

### RESUMEN

El antimonio de meglumina es el fármaco de primera línea utilizado en el tratamiento contra la leishmaniasis. El mismo presenta elevada toxicidad, por lo que las investigaciones están dirigidas al desarrollo de sistemas portadores que reduzcan tales efectos. Para evaluar cualquier innovación, es necesario realizar ensayos de disolución del ingrediente farmacéutico activo (IFA), siendo fundamental su cuantificación. Sin embargo, este IFA no es detectable mediante espectrofotometría UV-VIS, la técnica más utilizada en los laboratorios, y por lo tanto no es factible cuantificarlo a priori. Es por ello, que el objetivo de este trabajo, fue el desarrollo de una técnica de cuantificación de antimonio de meglumina mediante la derivatización con cloruro de fluorenilmetiloxycarboxilo (FMOC-Cl) para lograr su detección mediante espectrofotometría UV-VIS. En el desarrollo de la técnica se evaluaron sistemáticamente las siguientes variables: medio de disolución de antimonio de meglumina, concentración de buffer borato, concentración de FMOC-Cl, tiempo de reacción, tiempo de centrifugado, tipo de solvente de extracción y simple/doble extracción. El método desarrollado permitió la cuantificación del fármaco y la construcción de una curva de calibración, con linealidad en un rango de 0 a 0,6 mg/ml.

### ABSTRACT

Meglumine antimoniate (MA) is an active pharmaceutical ingredient (API) used as a first-line drug in leishmaniasis treatment. Because MA presents high toxicity, research is focused on the development of carrier systems that reduce such effects. To evaluate any innovation, it is necessary to conduct dissolution tests of the active pharmaceutical ingredient (API) for its quantification. However, this API is not detectable by UV-VIS spectrophotometry, the most widely used technique in laboratories, and therefore it is not feasible to quantify it a priori. Therefore, the aim of this work was the development of a meglumine antimoniate quantification technique by derivatization with fluorenylmethylxycarbonyl chloride (FMOC-Cl) to achieve its detection by UV-VIS spectrophotometry. The following variables were systematically evaluated in the technique: meglumine antimoniate dissolution medium, borate buffer concentration, FMOC-Cl concentration, reaction time, centrifugation time, type of extraction solvent and single/double extraction. The developed method allowed the drug quantification and the calibration curve obtained was linear in a range of 0 to 0.6 mg/ml.

*Palabras Clave:* Técnica de cuantificación, Antimonio de meglumina, UV-Vis, derivatización, FMOC-Cl

### INTRODUCCIÓN

La leishmaniasis es la tercera enfermedad de transmisión vectorial a humanos en importancia a nivel mundial por el número de casos y la población de riesgo. Es endémica en 98 países y territorios, con más de 350 millones de personas en riesgo de transmisión [1].

El tratamiento recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) consiste en una dosis diaria de antimonio pentavalente de 20 mg/kg de peso, durante 20 días (para un adulto esto equivale a dos inyecciones intravenosas diarias de antimonio de meglumina). El medicamento de primera elección utilizado para el tratamiento de la leishmaniasis es el Glucantime® (GLU) cuyo principio activo es el antimonio de meglumina, el cual, a pesar de ser efectivo, posee una toxicidad elevada con diversos efectos adversos [2]. Por

este motivo numerosas investigaciones están dirigidas a reducir su toxicidad, principalmente mediante encapsulamiento [3].

Si bien se ha demostrado que estas técnicas logran reducir la citotoxicidad en ensayos de bioactividad, muy pocos ensayos de disolución/liberación *in vitro* han sido publicados. Esto se debe a que las técnicas existentes para la determinación de la concentración del antimonio de meglumina son muy costosas, requiriéndose equipamiento muy sofisticado para su análisis como por ejemplo métodos de separación acoplados a detectores de masas [4]. Aunque estos métodos son los más convenientes para la determinación de antimonio, son poco adecuados para el empleo en ensayos de liberación *in vitro*, por el volumen de muestras manejadas. Esto impide hacer un estudio completo de los perfiles de liberación/disolución de GLU, los cuales son imprescindibles para analizar los mecanismos involucrados en los mismos.

En este contexto, el objetivo del trabajo fue desarrollar una técnica de cuantificación de antimonio de meglumina optimizada mediante la derivatización con FMOC-Cl, utilizando el método espectrofotométrico en la región ultravioleta, la cual es una técnica fácil de realizar y con un costo reducido. s.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Reactivos:** GLUCANTIME® (SANOFI AVENTIS, Francia) gentilmente donado por el Ministerio de Salud Pública de la Provincia de Salta. Tetraborato de sodio como buffer. FMOC-Cl® 97% m/m, (SIGMA ALDRICH, EE.UU) como derivatizante. Acetonitrilo grado HPLC como solvente de FMOC-Cl. Además, como diluyentes de GLU se utilizaron citrato de sodio y solución fisiológica. Como solventes de extracción se emplearon cloruro de metileno CICARELLI®, acetato de etilo BIOPACK® y éter sulfúrico RAUDO®.

**Equipos:** Las muestras fueron analizadas utilizando un espectrofotómetro UV-Vis JENWEY (Reino Unido) y cubetas de cuarzo con camino óptico de 1 cm.

**Reacción de derivatización:** La reacción inicial de derivatización se realizó siguiendo la metodología establecida para la derivatización de alendronato de sodio que fue tomado como referencia. Para ello, se mezclaron 0,5 ml de solución de GLU (0,3 mg/ml) en citrato (30 mg/ml) con 0,5 ml de buffer borato de sodio (20 mg/ml) y 0,5 ml de solución de FMOC-Cl en acetonitrilo (0,5 mg/ml). Se agitó en vortex por 30 s se dejó reaccionar durante 25 min. Cumplido el tiempo de reacción, se realizó una extracción del exceso de FMOC-Cl con 2,5 ml cloruro de metileno, se agitó en vortex por 30 s y se centrifugó por 10 min a 5000 rpm. Finalmente, el sobrenadante acuoso fue analizado en un espectrofotómetro UV-Vis.

**Optimización de la derivatización:** Para optimizar la derivatización de GLU usando FMOC-Cl, se partió de la reacción inicial y a continuación se evaluaron variables significativas en el orden que se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1: Variables de optimización para derivatización de GLU con FMOC-Cl

VARIABLE	VALORES
Medio de disolución de GLU	citrato – solución fisiológica
Concentración de buffer borato (mg/ml)	2 – 20 – 40
Concentración de FMOC-Cl (mg/ml)	0,25 – 0,35 – 0,5
Tiempo de reacción (min)	25 – 60 – 75
Tiempo de centrifugado (min)	5 – 10 – 20
Solvente de extracción	cloruro de metileno – éter sulfúrico – acetato de etilo
Doble extracción	No – Si

En primer lugar, se evaluó el medio de disolución de GLU teniendo en cuenta que el medio en el que se realizan los ensayos de liberación *in vitro* es solución fisiológica. Luego se ensayó la concentración de buffer borato para determinar la concentración óptima, esta fase es de fundamental importancia ya que es necesario proporcionar un medio básico para que la reacción se pueda llevar a cabo efectivamente. A continuación, se evaluó la concentración de FMOC-Cl dado que la relación estequiométrica entre el analito y el reactivo de derivatización afecta la formación de productos derivatizados, por lo que es importante colocar el reactivo en exceso. Si bien la estequiometría en este caso no es exactamente conocida, se parte suponiendo que la reacción se lleva a cabo mol a mol, por lo que la concentración de FMOC-Cl mínima necesaria para reaccionar con GLU 0,3 mg/ml es de 0,21 mg/ml entonces se ensayaron concentraciones de FMOC-Cl superiores a la mencionada. También se varió el tiempo de reacción para determinar si se alcanza la máxima conversión en el tiempo establecido. Por otro lado, se evaluó el tiempo de centrifugado que permite el máximo contacto entre fases mejorando la extracción de FMOC-Cl sin reaccionar. Se probaron los 3 solventes de extracción

mencionados en la Tabla 1, buscando optimizar la extracción, disminuir costos y evitar el uso de solventes muy tóxicos. Finalmente se ensayó una doble extracción, con el solvente orgánico elegido en la fase anterior, con volúmenes inferiores de modo de aumentar el coeficiente de partición y favorecer la extracción del FMOC-Cl excedente.

**Curva de calibración de GLU:** Se realizó una curva de calibración de GLU cubriendo concentraciones de 0 a 0,6 mg/ml llevando a cabo la reacción de derivatización con los parámetros optimizados y realizando las lecturas en espectrofotómetro UV-Vis a 266 nm. Los datos obtenidos en la construcción de la curva de calibración fueron analizados para obtener la ecuación mediante método de mínimos cuadrados y la verificación de linealidad fue confirmada por el coeficiente de correlación ( $R^2$ )

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comportamiento espectral en la derivatización

Al evaluar los resultados, se encuentra que el FMOC-Cl tiene dos regiones de alta absorbancia (206 y 266 nm) (Figura 1). Sin embargo, luego de la extracción se observa que el pico de absorbancia en 266 nm disminuye. Por otro lado, la molécula de GLU no absorbe en el rango ultravioleta. Por lo tanto, la absorbancia para GLU sin derivatizar en el medio de reacción fue prácticamente nula en la longitud de onda 266 nm (Figura 1). Estos resultados indican que los componentes del medio de reacción no influyen en la absorción y confirman la necesidad de derivatizar el GLU para aumentar la sensibilidad de las técnicas analíticas tales como Espectroscopia UV-Vis o HPLC. Cuando se analizó el GLU derivatizado con FMOC-Cl, se observó un espectro de absorción con un perfil similar al obtenido para FMOC-Cl, por lo tanto, durante la extracción con el solvente orgánico, solamente el exceso de FMOC-Cl que no reaccionó se elimina. Este análisis confirma que FMOC-Cl reacciona con la molécula de GLU.

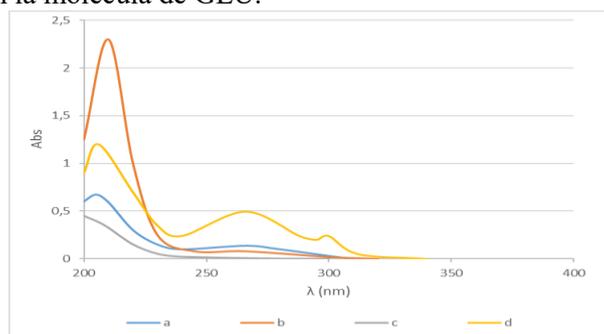


Figura 1: Barrido espectral de: medio de reacción antes (a) y después (b) de realizar la extracción de FMOC-Cl no reaccionante con cloruro de metileno, GLU en fisio (c) y GLU en medio de reacción luego de realizar la extracción (d)

### Optimización de derivatización

Analizando los espectros de ambos diluyentes de GLU ensayados, se observa que tanto el citrato como la solución fisiológica dieron espectros similares a 266 nm, lo que implica que no tienen influencia en la reacción de derivatización. Se escogió continuar con solución fisiológica ya que es el medio de liberación con el que se trabajará en los ensayos *in vitro*. Por otro lado, se observó una variación lineal decreciente de la absorbancia con las concentraciones de borato. Sin embargo, a concentraciones más bajas (2 mg/ml), la reacción ocurre con fluctuaciones en los resultados presentando un error estadístico mayor que para las otras dos concentraciones. Se seleccionó la solución de borato de 20 mg/ml para las pruebas posteriores.

En cuanto a la concentración de FMOC-Cl, no existió una relación lineal entre el aumento de concentración del derivatizante con la absorbancia. Se escogió una concentración de FMOC-Cl de 0,25 mg/ml dado que a da valores medios de absorbancia a 266 nm respecto a las otras dos concentraciones, además para una concentración de 0,5 mg/ml podría no haberse extraído todo el FMOC-Cl que había en exceso.

Los resultados de la variación del tiempo de reacción, mostraron que este parámetro no origina un cambio apreciable. Reacciones de 45 min dan valores similares a las de 25 min, pero la desviación estándar es muy superior. A mayores tiempos de centrifugado, disminuye la lectura de absorbancia lo que indicaría una mejor separación de fases. Los perfiles a los 10 y 20 min son muy similares, pero la desviación estándar al tiempo más bajo es muy superior a la de los 20 min, por lo que se seleccionó este último para asegurar un método de separación eficiente.

En relación a los solventes de extracción: cloruro de metileno, éter sulfúrico y acetato de etilo, se observó que la lectura de absorbancia del cloruro de metileno presentó un error estadístico mayor comparada con los otros dos solventes. Por otro lado, el éter sulfúrico es un solvente muy volátil por lo que se desistió continuar trabajando con él, optando por trabajar con acetato de etilo que presentó valores de absorbancia comparativos

y error estadístico aceptable. Cuando se realizó la doble extracción se pudo observar que a 266 nm la absorbancia disminuyó a la mitad comparado con la lectura realizada para una única extracción, por esto se puede afirmar que la doble extracción es la opción más conveniente.

### Curva de calibración

Luego de haber realizado la optimización de derivatización se procede a realizar la curva de calibración teniendo en cuenta los parámetros optimizados. Para ello se dejó reaccionar 0,5 ml de GLU en solución fisiológica en concentraciones entre 0 y 0,6 mg/ml con 0,5 ml de solución de borato 20 mg/ml y 0,5 ml de solución de FMOCl en acetonitrilo 0,25 mg/ml. Se agitó vigorosamente por 30 s y se dejó reaccionar durante 25 min. La reacción se detuvo haciendo una doble extracción con 1 ml de acetato de etilo y centrifugando durante 20 min a 5000 rpm cada vez. Luego se extrajo la fase acuosa (precipitado) y se midió la absorbancia a 266 nm.

Las curvas realizadas en diferentes fechas fueron determinadas por el método de los mínimos cuadrados, con coeficiente de correlación ( $R^2$ ) superior a 0,999 en todos los casos. Se obtuvieron valores de pendientes entre  $1.016 \pm 0.0240$  y  $1,858 \pm 0,143$  y ordenadas al origen cercanas a 0 (Figura 2). Se observa que, si bien el GLU se puede detectar por el espectrofotómetro UV-Vis, la técnica no tiene una robustez adecuada. Por este motivo se continuará optimizando la técnica de cuantificación y se contrastará con una más sofisticada como lo es la técnica de HPLC, para mejorar la robustez del método.

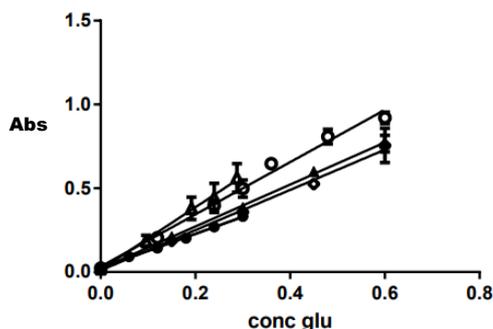


Figura 2: Curvas de calibración de GLU realizadas en diferentes días.

### CONCLUSIONES

En este trabajo se desarrolló un nuevo método analítico para la cuantificación de antimonio de meglumina derivatizado con FMOCl, lográndose la detección mediante espectrofotometría UV-VIS. Esto permitiría su cuantificación en ensayos de liberación *in vitro* a partir de matrices farmacéuticas, dentro del rango de concentraciones estudiado (0 a 0,6 mg/ml). Esta técnica puede ser utilizada con buena precisión para el análisis cuantitativo del antimonio de meglumina presente en formulaciones farmacéuticas, ya que no existiría interferencia de excipientes. Se demostró la linealidad de las curvas de calibración, lo que indica que los resultados obtenidos son directamente proporcionales a la concentración de analito en la muestra, dentro del rango de concentraciones especificado. Sin embargo, se debe mejorar la robustez del método ya que el mismo puede resultar afectado por cambios menores del sistema analítico.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra. Emilce Tapia, de Dirección General de Coordinación Epidemiológica del Ministerio de Salud de la Provincia de Salta por la donación de las ampollas de Glucantime®. Este trabajo fue posible gracias al financiamiento de los subsidios otorgados a través de la ANPCyT, proyectos PICT-4571-2017, PICT-0256-2019; al Consejo de investigaciones de la UNSa (CIUNSa) Proy A 2522. Agradecemos por su asesoramiento al Bioq. Oscar Quattrocchi.

### REFERENCIAS

1. OPS/OMS, W. "Información general: Leishmaniasis [Online]". Available: [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=9417&Itemid=40250&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=9417&Itemid=40250&lang=es), 2017.
2. Arend, R. G. "Leishmaniasis cutánea (Revisión Bibliográfica)". *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica LXVI*, (2009).
3. Lima, D. D. S., Gullon, B., Cardelle-Cobas, et al. "Chitosan-based silver nanoparticles: A study of the antibacterial, antileishmanial and cytotoxic effects". *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*, vol. 32, (2016), 397-410.
4. Cidu, R., Biddau, R. & Dore, E.. "Determination of traces of Sb(III) using ASV in Sb-rich water samples affected by mining". *Analytica Chimica Acta*, Vol. 854, (2015), p. 34-39.

## COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS DE CÁLCULO PARA UNA DESTILACIÓN BINARIA

Villanueva, Bárbara M.<sup>(1)\*</sup>, Pistán, H. Darío<sup>(1)</sup>, Zamora, Silvia E.<sup>(1)</sup>, Martínez, Julieta<sup>(2)</sup>, Copa, Beatriz<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería - CIUNSA - Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería. CIUNSA - Universidad Nacional de Salta. INIQUI - CONICET, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico: [bvillanueva@ing.unsa.edu.ar](mailto:bvillanueva@ing.unsa.edu.ar)

### RESUMEN

*En este trabajo se proponen alternativas de cálculo para el diseño de una columna de destilación binaria, a través de dos métodos no rigurosos. Se aplica, en primer lugar, el método gráfico sobre el diagrama de equilibrio x-y, llamado método de McCabe Thiele, que permite la determinación del número de etapas de la sección de rectificación, de agotamiento, el plato de alimentación, los flujos y composiciones de cada etapa. La principal hipótesis de este método es la similitud de los calores latentes molares de vaporización y condensación de los componentes liviano y pesado; también se desprecian los calores de mezcla. Estas suposiciones implican la constancia de los caudales molares de líquido y vapor en toda la sección de rectificación y de agotamiento, excepto en las zonas de alimentación o extracción de corrientes laterales. El cálculo se realiza entonces con los balances de materia y la relación de equilibrio correspondiente. Sin embargo, estas condiciones se satisfacen raramente en la práctica real en la destilación, aunque proporcionan un buen punto de partida en el diseño de la torre.*

*En segundo término, para sistemas más cercanos a la situación real, donde no es posible despreciar los efectos térmicos, los cálculos se resuelven con el método de Ruhemann Ponchon y Savarit. También se trata de un método gráfico simplificado, pero sobre un diagrama entalpía composición (H-x-y). La base del diseño son los balances de materia y energía y la relación de equilibrio.*

*El aporte que se presenta en esta ocasión es la resolución gráfica-analítica de ambos métodos, a través de planillas de cálculo en Excel y el software MATHCAD, herramientas utilizadas en las cátedras Operaciones Industriales (de Ingeniería Industrial) y Operaciones y Procesos (de Ingeniería Química).*

### ABSTRACT

*In this work, calculation alternatives are proposed for the design of a binary distillation column, through two non-rigorous methods. In the first place, the graphical method is applied on the x-y equilibrium diagram, called the McCabe Thiele method, which allows the determination of the number of stages of the rectification section, exhaustion, the feeding plate, the flows and compositions of each stage. The main hypothesis of this method is the similarity of the molar latent heats of vaporization and condensation of the light and heavy components; Heats of mixing are also neglected. These assumptions imply the constancy of the liquid and vapor molar flow rates throughout the rectification and stripping section, except in the side stream feed or draw zones. The calculation is then performed with the material balances and the corresponding equilibrium relation. However, these conditions are rarely satisfied in actual distillation practice, although they provide a good starting point in tower design.*

*Secondly, for systems closer to the real situation, where it is not possible to neglect the thermal effects, the calculations are solved with the Ruhemann Ponchon and Savarit method. It is also a simplified graphical method, but on an enthalpy composition diagram (H-x-y). The basis of the design are the material and energy balances and the equilibrium relationship.*

*The contribution presented on this occasion is the graphical-analytical resolution of both methods, through spreadsheets in Excel and the MATHCAD software, tools used in the Industrial Operations (Industrial Engineering) and Operations and Processes (Industrial Engineering) chairs. Chemistry).*

Palabras clave: Destilación Binaria, Método de Mc Cabe Thiele, Método Ponchon y Savarit.

## Introducción

La operación unitaria, llamada destilación binaria, consiste en la separación de una mezcla líquida basada en la diferencia de volatilidades de los compuestos mezclados, en donde el compuesto con menor punto de ebullición se separa del elemento con mayor punto de ebullición, mediante evaporación [1] [2]. Si los calores latentes de vaporización y condensación de la binaria son similares, se aplica el método gráfico sobre el diagrama de equilibrio x-y, llamado método de Mc Cabe Thiele, que permite la determinación del número de etapas de la sección de rectificación, de agotamiento, el plato de alimentación, los flujos y composiciones de cada etapa. En cambio, para sistemas más cercanos a la situación real, donde no es posible desprestigiar los efectos térmicos, los cálculos se resuelven con el método de Ruhemann Ponchon y Savarit [3]. También se trata de un método gráfico simplificado, pero sobre un diagrama entalpía composición (H-x-y). La base del diseño son los balances de materia y energía y la relación de equilibrio. En este trabajo se realiza la resolución gráfica-analítica de ambos métodos, a través de planillas de cálculo en Excel y el software Mathcad.

## Materiales y Métodos

Se desarrollaron los métodos de Mc Cabe Thiele y el de Ruhemann Ponchon y Savarit, resueltos empleando los programas Mathcad y Excel. A continuación, se desarrollan los balances utilizados para ambos métodos, así como la ecuación de equilibrio en función de la volatilidad relativa propia de la mezcla binaria. En Tabla 1 se comparan los pasos de cálculos a seguir por ambas metodologías.

Tabla 1. Comparación de los métodos de Mc Cabe Thiele y de Ruhemann Ponchon y Savarit

Pasos a seguir para el cálculo	Método Mc Cabe Thiele	Ruheman Ponchon y Savarit
Paso 0: Registrar la información requerida: Flujos, Composiciones, Volatilidad relativa [1], Relación de reflujo operativa respecto de la mínima [2]	Curva de equilibrio xy	Curvas de entalpías para vapor y líquido
Paso 1: Trazar curva de equilibrio y curva auxiliar	Curva de equilibrio y en función de x	Curva de equilibrio de entalpías en función de xy
Paso 2: Balances	Balances de materia global y del componente más liviano	Balances de materia global y del componente más liviano Balances de energía
Paso3: Graficar puntos notables de la destilación	$x_D; x_F, x_B,$	$x_D; x_F, x_B, H_D; h_F, h_B,$
Paso 4: Calcular los platos mínimos. Si $\alpha$ es constante puede aplicarse la ecuación de Fenske [3]	Gráficamente: etapas entre línea auxiliar y curva de equilibrio	Gráficamente: etapas entre ambas curvas de entalpía y verticales
Paso 5 Línea de operación de alimentación (LOF). Según el estado de agregación de la alimentación, q, línea recta que parte de	LOF [4]. pasa por $x_F$	LOF: [5] pasa por $x_F, h_F$ Con el balance global de energía de la torre, la ubicación de F está en la recta que pasa por los polos
Paso 6: Punto Pinch y $R_{Dmin}$ o $H_{Dmin}$ Intersección entre equilibrio y LOF.	Se obtiene $R_{Dmin}$	Se obtiene $H_{Dmin}$
Paso 7 : Determinar $R_{Dop}$	$R_{Dop} = n * R_{Dmin}$	$H'_{Dop} = n * H'_{Dmin}$
Paso 8 : Determinar la línea de operación de enriquecimiento LOE	LOE [6]	LOE [7]. Pasan por $H'_D, x_D$

Paso 9 : Determinar la Línea de Operación de Agotamiento LOA y el punto o la recta que divide la torre en dos zonas	LOA [8]. El punto N(xy) donde se cruzan LOE, LOF y LOA, separa la torre entre enriquecimiento y agotamiento.	LOA [9]. Pasan por H <sub>B</sub> , x <sub>B</sub> La recta BFD separa la torre en dos zonas.
Paso 10: Determinar y graficar platos de la torre. Repetir el procedimiento correspondiente hasta que la concentración x obtenida sea menor o igual que x <sub>B</sub>	Se requiere la ecuación inversa de Ec.1, las LOE o LOA, según la zona de la torre que corresponda (limitadas por N)	Se requiere la ecuación inversa de Ec.1, los polos H <sub>D0</sub> y H <sub>B</sub> y las LOE y LOA para cada plato
Paso 11: Estimar Número de platos reales según la Eficacia: Eficacia Global [10] o Eficacia de Murphree [11].		

A continuación, se listan las ecuaciones mencionadas en Tabla 1.

Ecuación de equilibrio en función de la volatilidad relativa (modelo general)

$$y = \frac{a x}{1+(a-1)x} + b x(1-x) \quad [1]$$

los valores de  $a$  y de  $b$  dependerán de la mezcla a tratar, dichos datos están tabulados en [4]. Si la volatilidad relativa se mantiene constante,  $\alpha = a$  y  $b=0$ , siendo  $\alpha$  la volatilidad relativa de la mezcla binaria.

Relación de reflujo  $n$ :

$$n = \frac{R_{Dop}}{R_{Dmin}} = \frac{\text{Relación de reflujo operativo}}{\text{Relación de reflujo mínimo}} \quad [2]$$

Ecuación de Fenske para número de platos mínimos a volatilidad constante ( $\alpha$  ó  $a$ )

$$N_m = \frac{\log(x_D(1-x_B)/x_B(1-x_D))}{\log \alpha} \quad [3]$$

- Línea de operación de alimentación (LOF)

Método de McCabe Thiele

$$y = x \frac{q}{(q-1)} - x_f \frac{1}{(q-1)} \quad [4]$$

Método de Ruhemann Ponchon y Savarit

$$F h_F = D H'_D + B H'_B \quad [5]$$

- Línea de operación de enriquecimiento (LOE)

Método de McCabe Thiele

$$y = \frac{R_d}{(R_d+1)} x + \frac{R_d}{(R_d+1)} x_D \quad [6]$$

Método de Ruhemann Ponchon y Savarit (LOE)

$$V_n H_n^v - L_{n-1} h_{n-1}^l = D H'_D \quad [7]$$

- Línea de operación de agotamiento (LOA)

Método de McCabe Thiele

$$y_m = x_{m+1} \frac{L'}{V'} - x_B \frac{B}{V'} \quad [8]$$

Método de Ruhemann Ponchon y Savarit (LOA)

$$L_{m-1} h_{m-1}^l - V_m H_m^v = B H'_B \quad [9]$$

Eficacia Global

$$\eta = \frac{\text{Número de platos teóricos}}{\text{Número de platos reales}} \quad [10]$$

Eficacia de Murphree

$$\eta = \frac{y_n - y_{n+1}}{y_n^* - y_{n+1}} \quad [11]$$

## Resultados

Se aplicó la metodología usando los softwares mencionados en el caso de estudio de una mezcla de metanol-etanol. Cuyos valores de  $a$  y  $b$  según Doherty (2001) son 2,6 y 0, respectivamente.

Los resultados gráficos se presentan en las Figuras 1, 2 y 3.

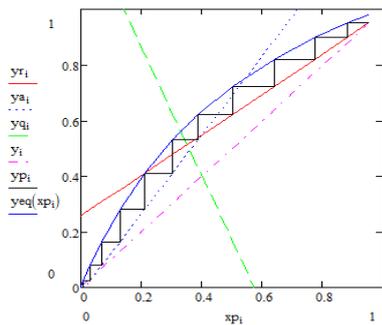


Figura 1: Resolución de Método McCabe Thiele mediante Mathcad.

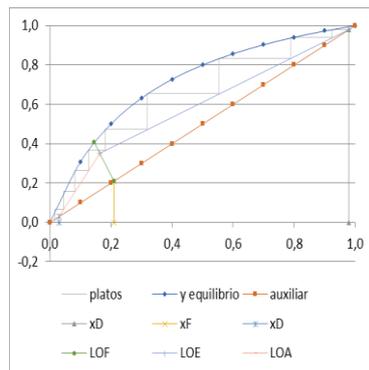


Figura 2: Resolución de Método McCabe Thiele mediante Excel.

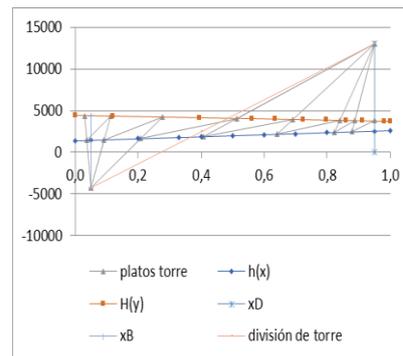


Figura 3: Resolución de Método Ponchon Savarit mediante Excel.

También es importante indicar en este punto que fue necesario, para hacer el cálculo en forma automática de los platos o etapas, resolver la ecuación inversa de la ecuación [1]. Esta ecuación inversa es sencilla cuando la volatilidad relativa es constante, pero requiere de una resolución analítica, en los casos en que la volatilidad relativa es variable. Para ello, se hizo uso de su resolución a través de Maple.

### Discusión

Puede verse que ambos métodos son útiles para la conceptualización de la destilación, arrojando resultados similares y permitiendo hacer una estimación de las dimensiones de la torre de destilación. Por otro lado, los softwares utilizados facilitan el cálculo y permiten al estudiante realizar casos de estudio y simulaciones para distintos sistemas. Variando las condiciones térmicas de la alimentación o variar condiciones de reflujo desde las extremas, reflujo mínimo y reflujo total, a diferentes condiciones de operación.

### Conclusiones

Se pueden utilizar estos métodos, simples, para el desarrollo de problemas, complementar con simuladores y hacer estudios de diseño y solucionar fallas.

La resolución analítica ofrece una alternativa de diseño preliminar y permiten analizar el efecto de las diferentes variables en el cálculo de los platos de una torre de destilación.

Se presentan como una alternativa inicial para luego aplicar otros métodos más rigurosos.

### REFERENCIAS

1. Geankoplis, "Procesos de transporte y principios de procesos de separación". México: CECSA. 2006
2. J. M Coulson y J. F.; Richardson, "Chemical Engineering"; Reverte 1981
3. E.J. Henley y J. D. Seader, "Operaciones de separación por etapas de equilibrio en ingeniería química", Editorial Reverté, S. A. 2000
4. Doherty Malone, "Conceptual Design Of Distillation Systems", Mc Graw Hill, 2001

**XV JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA  
29 Y 30 DE SEPTIEMBRE DE 2022**



**José I. Aguirre Carol<sup>(1)</sup>, Lucas M. Machín Ferrero<sup>(1,2)\*</sup>, Francisco E. Sánchez Collado<sup>(1)</sup>,  
Norma L. Robles<sup>(1,3)</sup> y Graciela Prieto<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> *Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán (FACET UNT). Av. Independencia 1800, Tucumán, Argentina.*

<sup>(2)</sup> *CCT CONICET NOA SUR. Centro Científico Tecnológico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Crisóstomo Álvarez 722, Tucumán, Argentina.*

<sup>(3)</sup> *Instituto de Química del Noroeste Argentino (INQUINOA CONICET UNT). Ayacucho 471, Tucumán, Argentina*

*\*[lmachinferrero@herrera.unt.edu.ar](mailto:lmachinferrero@herrera.unt.edu.ar)*

## **RESUMEN**

*El modelado matemático es la descripción de un sistema bajo estudio mediante ecuaciones matemáticas. En el área de los procesos químicos es importante capturar las características esenciales del sistema e integrar holísticamente los fenómenos que en este sucedan para poder diseñar y predecir las condiciones resultantes, de interés para la operación industrial. En el presente trabajo se propone diseñar un código mediante un lenguaje de programación de código abierto y orientado a objetos (Python) que soporte la carga de los cálculos requeridos. En la metodología se prioriza el planteo del problema y el desarrollo de los modelos que representen los procesos que ocurran en la realidad. Se selecciona como caso de estudio, la sección de isomerización de xilenos de la industria petroquímica y se propone el uso del modelo con dos fines o enfoques: i) diseñar: el diseño del reactor químico catalítico de isomerización y sus equipos auxiliares ii) predecir: la simulación de diversas situaciones a las que pueda someterse el modelo para analizar cómo éstas afectan al sistema. Se presentan algunos de los resultados posibles de obtener como lo es el diagrama de flujo y cada una de sus corrientes caracterizadas, y los perfiles de composición, presión y temperatura a lo largo de la longitud del reactor. Se concluye que la programación en código abierto permite el modelado y simulación de sistemas industriales complejos sin incurrir en grandes costos computacionales y siendo de gran utilidad como herramienta en el área de Ingeniería Química y para la actividad Industrial.*

## **ABSTRACT**

*Mathematical modeling is the description of a system under study using mathematical equations. In the area of chemical processes, it is important to consider the essential characteristics of the system and holistically integrate the phenomena that occur in it in order to design and predict the resulting conditions of interest to industrial operations. In the present work, it is proposed to design a code through an open source and object-oriented programming language (Python) that supports the required calculations. In the methodology, the approach of the problem and the development of the models that represent the processes that occur in reality are prioritized. The xylene isomerization section of the petrochemical industry is selected as a case study, and the use of the model is proposed for two approaches: i) design: the design of the chemical catalytic isomerization reactor and its auxiliary equipment ii) predict: the simulation of various situations to which the model can be subjected to analyze how they affect the system. Some of the possible results to obtain are presented, such as the flowsheet and each of its streams characterized, and the composition, pressure and temperature profiles along the length of the reactor. It is concluded that open-source programming allows the modeling and simulation of complex industrial systems without incurring large computational costs and represent a very useful tool in the areas of Chemical Engineering and Industry.*

## PALABRAS CLAVE

*Modelado de procesos químicos; Python; industria petroquímica; isomerización de xilenos, Ingeniería Química.*

## Introducción

El modelado matemático es la descripción de un sistema bajo estudio mediante ecuaciones matemáticas. En el área de los procesos químicos es importante capturar las características esenciales del sistema para diseñar, predecir, y analizar las condiciones de operación adecuadas [1]. El desarrollo un modelo matemático necesita leyes generales y relaciones constitutivas. Las primeras, son ecuaciones de conservación de materia, cantidad de movimiento y energía, mientras que las constitutivas son relaciones empíricas que dependen fuertemente del fenómeno en cuestión como lo son las expresiones cinéticas y velocidades de reacción. En la actualidad, modelar procesos químicos a escala industrial es posible gracias a los avances del conocimiento en el área de la Ingeniería Química que resulta en el planteo de un conjunto de ecuaciones que representen, definan, relacionen e integren holísticamente los fenómenos fisicoquímicos que están sucediendo en el sistema bajo estudio.

Un modelo matemático holístico que represente los principales fenómenos no debe dejar de dar resultados útiles y de forma ágil y rápida. En este aspecto, la carga de la matemática numérica puede suponer una limitación a este enfoque. En el presente trabajo se propone escribir un código mediante un lenguaje de programación orientado a objetos (Python) que soporte la carga de los cálculos. En la metodología se prioriza el planteo del problema y el desarrollo de los modelos que representen los procesos en la realidad. Se plantea como caso de estudio, la sección de isomerización de xilenos de la industria petroquímica y se resuelve el modelo con dos enfoques: i) diseñar: el diseño del reactor químico catalítico de la sección mencionada y sus equipos auxiliares ii) predecir: la simulación de diversas situaciones a las que pueda someterse el modelo para analizar cómo afecta a sección mencionada.

## Materiales y Métodos.

El sistema bajo estudio de este trabajo es la sección de isomerización de xilenos de la industria petroquímica cuyo propósito es el enriquecimiento de p-xileno de la corriente de entrada por medio del proceso *Octafining*. Se considera el esquema actual de esta sección en la industria petroquímica Argentina compuesto por: un reactor catalítico (R-101), un sistema de separación flash (F-101), dos unidades de compresión (C-101 y C-102), una bomba (B-101), dos intercambiadores de calor (I-101 y I-102), un bifurcador (S-101), dos mezcladores (M-101 y M-102) y un horno (H-101). (ver Fig. 1) Por cuestiones de espacio, no se pueden detallar todos los modelos utilizados para representar cada equipo y el comportamiento de la mezcla en cada uno de ellos. Se enlistan a continuación los aspectos más importantes incluidos en el modelado:

- Sistema multi-reacción (14 reacciones químicas y 17 componentes en la mezcla) con sus expresiones cinéticas y de equilibrio químico teniendo en cuenta el uso de un catalizador comercial y actualmente utilizado en la industria [2].
- Comportamiento PVT (presión-volumen-temperatura) de la mezcla real en los distintos equipos mediante uso del modelo de *Soave Redlich Kwong* y cálculos de relación de equilibrio gas-liquido mediante enfoque *phi-phi* [3].
- Fenómenos de transporte, coeficientes de transferencia y propiedades de mezcla: Cálculo del coeficiente de difusión en pastillas de catalizador, cálculo de coeficiente global de transferencia de calor del reactor, cálculo de la viscosidad de las mezclas, cálculo de la conductividad térmica de las mezclas, cálculo la conductividad térmica efectiva para pastillas de catalizador, cálculo de los coeficientes peliculares de transferencia de materia y calor para pastillas de catalizador [4].
- Modelo del reactor químico PBR (*packed bed reactor*) y cálculo de sus parámetros de diseño.
- Modelo de cada equipo auxiliar previamente mencionado.

Respecto a la programación, se crean librerías de Python para cada equipo que luego serán articuladas en una librería principal en donde el usuario establece los parámetros del modelo (inputs del modelo) y recibe como resultados los valores de las variables (outputs del modelo). El problema se resuelve mediante diversas iteraciones y de forma secuencial siguiendo el camino que sigue la corriente en el esquema industrial. El código de Python está disponible en una carpeta de Google Drive y puede accederse libremente a éste a través de código QR de la Fig. 2.

Para las situaciones analizadas se cuenta con datos de planta medidos en la sección de isomerización de xilenos en una empresa de la industria petroquímica Argentina.

## Resultados

En la Fig. 1 se muestran algunos de los resultados obtenidos al correr el código. En la Fig. 1-A puede observarse el diagrama de flujo con la información relevante de cada corriente para las condiciones de operación propuestas (outputs del modelo) mientras que en la Fig. 1-B pueden observarse los perfiles de composiciones, presión y temperatura a lo largo de la longitud del reactor. Con respecto a los resultados del diseño mencionado, se obtuvo un volumen de  $3,86 \text{ m}^3$ . Éste consiste en un reactor multi-tubular conformado por cincuenta tubos de 22 cm de diámetro y 214 cm de altura. El aumento porcentual del flujo molar de *p*-xileno a la salida del reactor respecto a la inicial calculado es del 80,16%; la relación entre su composición respecto a las condiciones de equilibrio es del 96,93%.

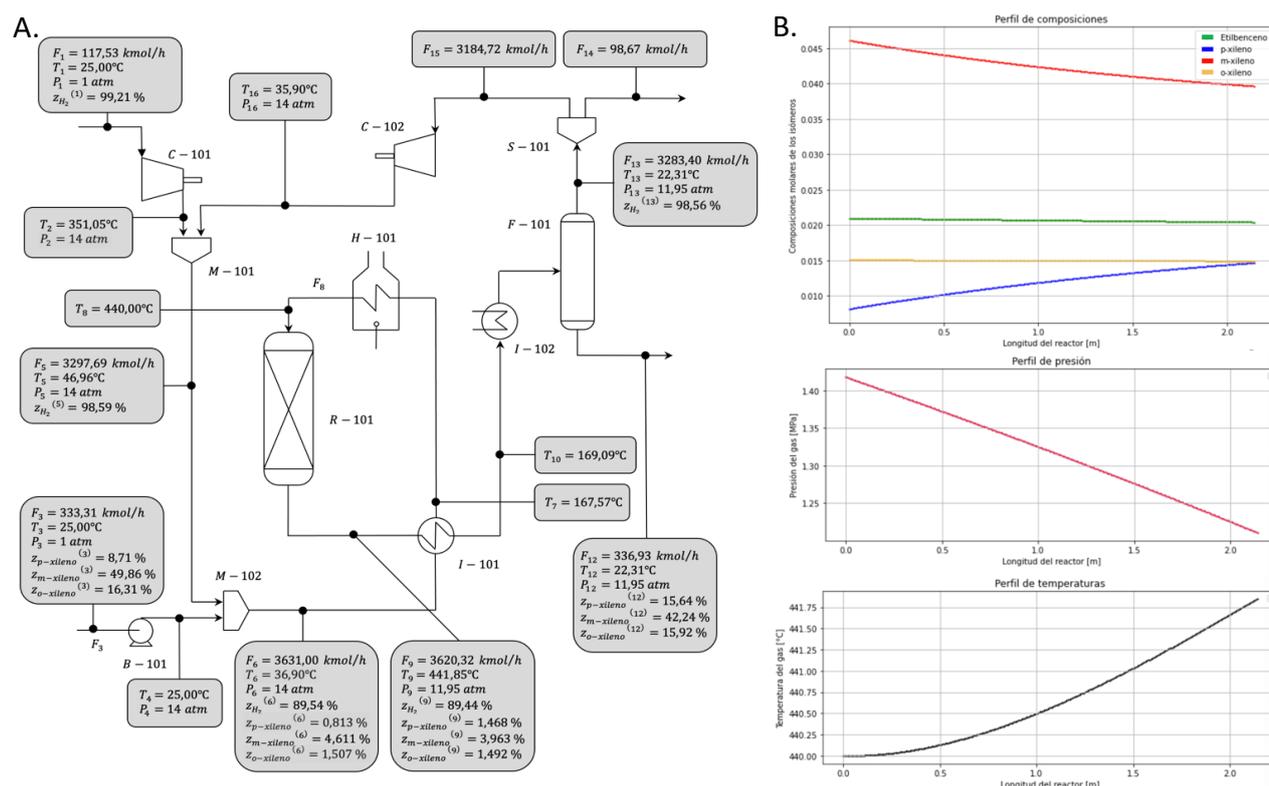


Fig. 1. Resultados obtenidos mediante el modelado propuesto. A) Flowsheet del proceso con las corrientes de entrada y salida de cada equipo caracterizadas. B) perfiles de composiciones, presión y temperatura a lo largo del reactor.

## Discusión y Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados que arroja el modelo, este tipo de programación puede ser utilizada con intenciones de diseñar el reactor químico y sus equipos auxiliares; para ello el usuario debe conocer las condiciones de la corriente de entrada a la sección y las especificaciones de la

corriente de salida de la misma. Por otro lado, si se cuenta con información de los equipos se puede simular la respuesta del sistema ante cambios en los parámetros de entrada del modelo (basados en situaciones probables en la realidad) a las que pueda someterse el modelo para analizar cómo afecta a las especificaciones de la corriente de salida.

La principal conclusión de este trabajo es que la programación en código abierto permite el modelado y simulación de sistemas industriales complejos sin incurrir en grandes costos computacionales y siendo de gran utilidad como herramienta en el área de Ingeniería Química y para la Industria.



Fig. 2. QR para acceder al código escrito en Python.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Tucumán y a su Secretaría Ciencia, Arte e Innovación Tecnológica (a través del proyecto PIUNT26/E-633).

## REFERENCIAS

1. M. Chidambaram, “Mathematical Modelling and Simulation in Chemical Engineering”; 2018. Cambridge University Press.
2. A. Cisneros Martinez, “Simulación de un reactor catalítico para la isomerización”, tesis profesional para obtener el título de ingeniero químico industrial, 1991, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química, México D.F.
3. J. Gmehling, M. Kleiber, B. Kolbe, y J. Rarey, Jürgen, “Chemical Thermodynamics for Process Simulation”; 2019, segunda edición, Wiley-VCH, Alemania.
4. R.H. Perry y D. W. Green, “Perry’s chemical engineers’ handbook”; 1999, séptima edición, editorial McGraw-Hill.

**PERCEPCIONES Y PERSPECTIVAS DE LOS ALUMNOS ACERCA DEL APRENDIZAJE DURANTE LA PANDEMIA. EL CASO DE LA CARRERA ANALISTA PROGRAMADOR UNIVERSITARIO EN LA EXTENSIÓN ÁULICA DE LA CIUDAD DE LA QUIACA.**

**González, Soledad Carolina <sup>(1)\*</sup>, Castillo, Cesar Alejandro <sup>(2)</sup> y Tejerina, Mario Alberto <sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Cátedra de Base de Datos I y Base de Datos II, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca N° 10, San Salvador de Jujuy, Argentina

<sup>(2)</sup> Cátedra de Redes I y Redes II, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca N° 10, San Salvador de Jujuy, Argentina  
E-mail: scgonzalez@fi.unju.edu.ar

**RESUMEN**

*La crisis sanitaria ha dejado al descubierto aún más las brechas digitales existentes en cuanto al acceso a la tecnología, a internet, a dispositivos móviles, entre otros; y ha dejado en evidencia las dificultades encontradas de los estudiantes en la zona andina de la ciudad de La Quiaca donde actualmente se desarrolla el dictado de la Extensión Áulica de la Facultad de Ingeniería (UNJu). Como consecuencia de la pandemia ocasionada por el COVID-19, las instituciones de educación superior enfrentan un cambio de paradigma educativo pasando de la presencialidad a la educación virtual, tendiente a quedarse en las universidades.*

*Los cambios producidos en el cursado 2020-2021 han tenido impacto en la manera habitual de asistir a clases produciendo la adaptación a modalidades online por medio de intervenciones sincrónicas y asincrónicas con diversas herramientas tales como Google Meet, Zoom, WhatsApp, entre otros.*

*En el presente trabajo se propuso determinar las percepciones y perspectivas de los alumnos acerca del cursado de las asignaturas de la Carrera Analista Programador Universitario, en el cambio de modalidad presencial a virtual durante el periodo 2020 y 2021. Para el estudio se diseñó e implementó una encuesta para relevar las evidencias de los actores involucrados en el proceso de pasar de un cursado presencial a un aprendizaje virtual lo que permite dilucidar los aspectos que influyeron con más énfasis en sus trayectorias académicas.*

*De los resultados obtenidos se pueden mencionar que la percepción de los alumnos es favorable frente a la educación virtual, aunque se encuentran dificultades de conectividad relacionadas con la zona.*

**ABSTRACT**

*The health crisis has further exposed the existing digital gaps in terms of access to technology, the internet, mobile devices, among others; and has revealed the difficulties encountered by students in the andean area of the city of La Quiaca where the dictation of the áulica extension of the faculty of engineering (UNJu) is currently taking place. as a consequence of the pandemic caused by covid-19, higher education institutions face a change in the educational paradigm, moving from face-to-face to virtual education, tending to stay in universities.*

*The changes produced in the 2020-2021 academic year have had an impact on the usual way of attending classes, producing the adaptation to online modalities through synchronous and asynchronous interventions with various tools such as Google Meet, Zoom, WhatsApp, among others.*

*In the present work, it was proposed to determine the perceptions and perspectives of the students about the study of the subjects of the University Programmer Analyst Career, in the change from face-to-face to virtual modality during the period 2020 and 2021. For the study, a survey to reveal the evidence of the actors*

*involved in the process of moving from a face-to-face course to virtual learning, which allows elucidating the aspects that most strongly influenced their academic trajectories.*

*From the results obtained, it can be mentioned that the perception of the students is favorable to virtual education, although there are connectivity difficulties related to the area.*

**Palabras Claves:** *Aprendizaje, Virtualidad, Percepción, Analista Programador Universitario, COVID-19*

## **Introducción**

La educación superior a mediados de marzo del 2020 ha tenido que adoptar medidas tendientes a garantizar el dictado de las clases en las universidades, producto de la pandemia originada por el COVID-19; lo cual ha producido un mayor uso de la tecnología. Es así, como los alumnos universitarios han tenido que adaptarse al cambio de paradigma de lo presencial hacia lo virtual continuando su cursado mediante la interacción con plataformas de aprendizaje en línea al principio y a posterior actualmente adoptando un modelo híbrido.

Tal como lo expresan García, Corell, Abella & Grande (2020): “en el ámbito universitario la transformación urgente de las clases presenciales a un formato online se ha llevado a cabo de una forma que se puede calificar como aceptable en términos generales, si bien las medidas tomadas se han ajustado a la urgencia y no a una planificación pensada a priori para impartir una asignatura con una metodología completamente online”.

En estudios realizados con respecto a la percepción de los docentes y estudiantes frente a la educación en línea en el marco del COVID-19 por Paidá et al., (2020) manifiestan que debido a la presencia de la pandemia, los docentes han transformado sus rutinas diarias y los resultados indican que al enfrentarse a un entorno de teletrabajo, la percepción de agrado depende de las condiciones en las que se realicen sus clases virtuales, con qué medios cuentan y las metodologías pedagógicas a desarrollar (Ramírez et al. 2020).

Este trabajo intenta aproximarnos a la mirada de los alumnos acerca del cursado de la Carrera Analista Programador Universitario en la Extensión Áulica de la ciudad de La Quiaca, en el cual se conocerán las percepciones en general respecto a experiencias, dificultades y condiciones que han tenido durante el proceso de aprendizaje en la virtualidad en el año 2020 y primer cuatrimestre 2021. El estudio es de nivel exploratorio-descriptivo y tiene como objetivo abordar las percepciones y perspectivas de los estudiantes de la ciudad de La Quiaca - Departamento Yavi. El estudio de caso presenta una muestra de 40 estudiantes que actualmente cursan la carrera antes mencionada. Los primeros 3 egresados culminaron sus estudios en el Primer Cuatrimestre 2021.

## **Desarrollo**

La apertura de la Carrera de pregrado Analista Programador Universitario en la Extensión Áulica de la ciudad de La Quiaca inició el 17 de septiembre del 2018 con una duración de 3 años y cursado presencial. La implementación de la carrera mencionada se realizó con el objetivo de generar igualdad de oportunidades e inclusión para los jóvenes provenientes de las zonas más alejadas de la capital de la provincia de Jujuy lo que posibilitó el acceso a los estudiantes de la zona a estudios universitarios en base a las realidades sociales y productivas de la región.

A partir de este proyecto se logró la presencia física y virtual de la Universidad Nacional de Jujuy en el territorio, incorporando unidades de gestión administrativa locales, para evitar el desarraigo de los jóvenes que egresan del nivel secundario y asegurar la formación de recursos humanos profesionales requeridos por el desarrollo estratégico; desarrollar y promover acciones conjuntas con organismos provinciales, municipales y actores sociales locales para ejecutar ofertas educativas y de servicios acordes a los requerimientos territoriales y que tengan por finalidad solucionar la problemática de formación de técnicos en el área informática en las zonas geográficas que no forman parte principalmente de la capital y ramal de la provincia.

## **Metodología**

La implementación de la encuesta fue mediante modalidad electrónica, a través de la plataforma Google Forms. Consta de 20 preguntas que indagan sobre aspectos relativos a las experiencias, equipamiento tecnológico, opiniones de cursada, abandono de materias, entre otros durante el cursado de una asignatura.

Los estudiantes dan respuesta a un cuestionario con ítems de preguntas cerradas que marcan el grado de acuerdo según lo planteado.

## **Población y muestra**

La población estuvo compuesta por los estudiantes de la Carrera Analista Programador Universitario perteneciente a la Extensión Áulica La Quiaca de la Facultad de Ingeniería con un tamaño de 60 alumnos en total hasta el 2021. La muestra está conformada por estudiantes de primer, segundo y tercer año, de los

cuales 40 estudiantes respondieron la encuesta. Dicha elección se sustenta en la representatividad de quienes se encuentran cursando las asignaturas y quienes se aproximan a la meta final de la carrera.

El cuestionario quedó conformado con 20 ítems, incluyendo las siguientes variables demográficas: año de cursado, género, edad y lugar de procedencia.

### Dimensiones de la Encuesta

La consideración de las distintas dimensiones en la que se divide los ítems del cuestionario se muestra en la Tabla 1:

Variable	Dimensiones e indicadores	Preguntas
Sociodemográfico	Edad	1-4
	Género	
	Zona (lugar donde vive)	
	Etapa de cursado de la Carrera	
Percepciones en torno al acceso a dispositivos y lugar de estudio	Trabajo y Hogar	5 a 7
	Trabajo	
	Permanencia en el Hogar	
	Espacio de estudio	
Percepciones en cuanto a la conectividad	Dispositivos tecnológicos	8-12
	Acceso a internet y conectividad	
	Conectividad en el hogar	
	Tipo de conexión	
	Dispositivos que posee	
Percepciones en cuanto a la modalidad en línea	Horas que estudia con el dispositivo	13 - 15
	Clases virtuales y Plataforma (Ventajas y dificultades en el cursado virtual)	
	Ventajas en el cursado virtual	
	Experiencia en el cursado en Modalidad virtual	
Materias cursadas en el cuatrimestre	Dificultades en el cursado virtual	16 -17
	Abandono de materias	
	Motivos de abandono	
Preferencias	Cantidad de materias según cuatrimestre	18 -20
	Educación virtual y Preferencias en el futuro	
	Experiencia en el cursado	
	Preferencia para continuar con el cursado virtual	

Tabla 1: Estructura del cuestionario aplicado a estudiantes de pregrado de la Carrera Analista Programador Universitario

### Resultados de la Encuesta

En las primeras preguntas fueron con el propósito de conocer el rango de edad de los estudiantes que respondieron la encuesta, edad de entre 19 y 44 años, con una media de 25,75 años y moda de 22 años.

Se puede observar en la Fig, 1, el total de estudiantes de la carrera en la ciudad de La Quiaca. El 50 % de los estudiantes corresponde a jóvenes de 19 a 23 años.

En cuanto al género, el género masculino participó en un 62,5 %, seguido del femenino con el 37,5 %. Por otro lado, el 85 % de la población estudiantil vive en la zona urbana en la ciudad de La Quiaca. Mientras que el 15% en otra localidad y zonas cercanas. Con relación al tramo de cursado de la carrera (etapa de cursado de la carrera) el 42,5 % se encuentra en tercer y último año de la carrera; 25% Ingresó en el primer cuatrimestre de este año y se encuentra cursando el primer año; 17,5 % se encuentra cursando el segundo año; 15 % cursa el primer año pero no ingresó en 2021.

Por otra parte, el 75 % de los estudiantes señaló que además de estudiar, trabaja. No se indagó sobre aspectos referidos a tipo de trabajo, aportes jubilatorios, obra social y otros. El 75 % de los y las estudiantes no tuvo la necesidad de trasladarse de lugar de residencia habitual para continuar el cursado de la carrera pero hubo un 25 % que sí lo hizo. A su vez el 75 % cuenta con un ambiente adecuado para desarrollar las tareas concernientes a sus estudios universitarios.

Con respecto a la conectividad en el hogar el 63,4 % manifestó que posee conexión a internet mientras que el 26.8% manifiesta tener internet por medio de datos móviles. Considerando una buena conexión de acceso a internet.

Para cumplir con las actividades de la Facultad el 61% hace uso de internet desde su domicilio considerando que un 17,1 % utiliza datos de los dispositivos móviles y en otros casos el acceso a internet es por medio del

servicio de un vecino o se traslada a algún lugar de público para conectarse debido que no tiene una buena señal de internet.

Entre los dispositivos que poseen para las clases virtuales el 70,7% tienen notebook, el 12,2% hace uso del teléfono celular y un 17,1% tiene una computadora de escritorio.

En cuanto a la modalidad en línea, los y las estudiantes califican a las clases en línea (sincrónicas, videoconferencias, otras) como a las clases grabadas (de encuentros sincrónicas) como buenas para realizar el cursado de asignaturas. Entre las dificultades detectadas del cursado virtual surgen las relacionadas con la falta de acompañamiento de los docentes para la realización de las actividades con el 27,8 %, con un 20% los alumnos manifiestan no tener dificultades y en otros porcentajes menores se reparten entre los ítems leer y estudiar en la pantalla, la dificultad de reunirse para estudiar con compañeros en forma presencial, dificultad para organizar el tiempo y la falta de computadora (notebook, pc de escritorio, etc.).

En referencia a las ventajas del cursado virtual el 31,7% manifiesta que le permite organizar sus tiempos, el 22% menciona que le permite ahorrar dinero por los viajes y fotocopias, así como también no encuentra ventaja alguna; en otros caso por debajo del 9.8 % se encuentran señalados los indicadores tales como poder cursar más asignaturas, vincularse más con los docentes, tener más tiempo para estudiar y es que el cursado virtual es más fácil.

Acerca de las asignaturas en cuanto al cursado en los respectivos cuatrimestres; los alumnos manifiestan que durante el segundo del 2020 y primer cuatrimestre 2021 pudieron llevar un cursado normal de las materias.

En cuanto a la pregunta referida a algún motivo para abandonar el cursado de alguna de la asignatura manifiesta preferir el cursado presencial en 37,1% en entre otros ítems que dividen el porcentaje tales como adaptarse a la cursada, no gustarle el acompañamiento docente, y otras situaciones específicas.

Por ultimo entre las preferencias de los y las estudiantes respecto a continuar con el cursado virtual el 26,8% se encuentra en total acuerdo, el 26,8% le da lo mismo, el 24,4% en desacuerdo y el 17,1% en acuerdo, en otros casos muy en desacuerdo.

Para valorar su propio cursado expresan el 41,5 % que fue una experiencia buena, el 36,6% regular, el 17,1% excelente y en menor porcentaje mala o muy mala.

## **Conclusiones**

La percepción de los estudiantes acerca del desarrollo de clases virtuales de la carrera Analista Programador Universitario en la Extensión Áulica de La Quiaca es favorable, a pesar del problema de la baja calidad de conectividad a internet que presenta la zona y que en algunos momentos dificulta el cursado de las asignaturas.

Los alumnos se vieron obligados a cambiar sus hábitos de estudio drásticamente, al inicio con la incertidumbre generalizada sobre la continuidad o no de los cursados y luego, con el transcurrir de los meses, adaptándose dentro de los límites que impuso el aislamiento a las clases, exámenes y encuentros virtuales.

Debido a los drásticos e inminentes cambios de modalidad presencial a virtual, han surgido muchas improvisaciones metodológicas por gran parte del cuerpo docente que con el correr de los días se han ido mejorando, pero aún queda ese desafío de seguir fortaleciendo los espacios de formación.

Sin lugar a dudas, la pandemia por el COVID-19 dejó expuestas aún más las desigualdades sociales existentes entre los estudiantes, tales como la falta de acceso al equipamiento informático y/o conectividad a internet, falta de espacio de estudio en el hogar, problemas de salud causados o relacionados con el COVID-19.

Este trabajo nos permite ver los múltiples desafíos que se presentan para un futuro inmediato y que como institución debemos ocuparnos.

## **REFERENCIAS**

1. Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe, IESALC en su más reciente trabajo titulado COVID-19 y educación superior. De los efectos inmediatos al día después. Disponible en: <https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/05/COVID-19-ES-130520.pdf>
2. F. J. García-Peñalvo, A. Corell, V. Abella-García, M. Grande. La evaluación online en la educación superior en tiempos de la COVID-19.(2020) Education in the Knowledge Society (EKS), 21, 26. <https://doi.org/10.14201/eks.23086>
3. M.I. Paidá, D. Herrera, A.Z. Salazar, J.C. Álvarez, J. C. E. (2020). Educación y Covid-19: Percepciones docentes para enfrentar la pandemia. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 5(1), 310-331.
4. I. Ramírez, C. Jaliri, B. Méndez Roca y I. Orlandini Percepciones universitarias sobre la educación virtual.(2020) Red de docentes IB, 3 (1), 1-6.

## SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS POSTESADAS DE BLOQUES DE HORMIGÓN

Alvaro I. Ruiz\*, Liz G. Nallim y Sergio H. Oller

ICMASa, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Avda Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\*Correo Electrónico: [ismaelair25@gmail.com.ar](mailto:ismaelair25@gmail.com.ar)

### RESUMEN

Las vigas postesadas, conformadas por bloques de hormigón, constituyen elementos estructurales de creciente aplicación en la construcción, ya que representan una alternativa a las tradicionales vigas de hormigón armado, tanto por sus condiciones de fabricación como por las ventajas de comportamiento debido a sus mejores prestaciones. En este trabajo se desarrolla un modelo numérico que permiten analizar el comportamiento estructural de vigas postesadas de bloques de hormigón sometidas a cargas cuasi-estáticas. Para este estudio, el modelo desarrollado utiliza la teoría de mezcla serie-paralelo, como gestora de los modelos constitutivos de los componentes: bloques de hormigón y acero tesado. Para el hormigón se utiliza un modelo de daño continuo isótropo, mientras que para el material acero, un modelo de plasticidad clásica con una variable de endurecimiento plástico. El tesado del acero en el compuesto es introducido como una deformación impuesta en el material, mientras que la carga externa es introducida como un desplazamiento impuesto. La estimación de la carga última a partir del modelo desarrollado resulta satisfactoria para la viga experimental analizada.

### ABSTRACT

Post-tensioned beams, made up of concrete blocks, constitute structural elements of increasing application in construction, since they represent an alternative to traditional reinforced concrete beams, both due to their manufacturing conditions and due to the advantages of behavior due to their better features. In this work, a numerical model is developed to analyze the structural behavior of post-tensioned concrete block beams subjected to quasi-static loads. For this study, the developed model uses the series-parallel mixing theory as manager of the constitutive models of the components: concrete blocks and stressed steel. For concrete, an isotropic continuous damage model is used, while for the steel material, a classical plasticity model with a plastic hardening variable. The stressing of the steel in the composite is introduced as an imposed strain on the material, while the external load is introduced as an imposed displacement. The estimation of the ultimate load from the developed model is satisfactory for the experimental beam analyzed.

*Palabras Claves:* Mampostería postesada, elementos finitos

### Introducción

La mampostería se utiliza para la construcción de una variedad de estructuras tales como viviendas, comercios, oficinas y naves industriales, torres, arcos, puentes-viaductos, etc. Las principales ventajas para su empleo, desde la antigüedad hasta ahora son, en general, la disponibilidad de materia prima, su fácil y económica construcción, su belleza natural y su durabilidad.

En la actualidad, la industria de la construcción se enfrenta a la creciente demanda de nuevos procesos de industrialización de los diversos sistemas constructivos, que permitan reducir el consumo de materiales y mejorar la eficiencia de los mencionados procesos constructivos. La prefabricación y el postesado son técnicas que aumentan la productividad en la construcción tanto en edificios como en obras de infraestructura, con la finalidad de reducir los costos de construcción y optimizar el tiempo de ejecución de manera razonable.

El postesado es una técnica que, mediante la inclusión de un esfuerzo inicial de compresión en los bloques, permite reducir las demandas de esfuerzos de tracción al interior del elemento estructural y mejorar su comportamiento estructural. De esta manera, la mampostería postesada se muestra como una técnica promisoriosa para ser implementada como tipología estructural en la construcción de obras de infraestructura

La mayoría de los sistemas de mampostería postesada propuestos, emplean Grouting, de manera tal que existe adherencia entre el acero activo y la mampostería. [1] proponen eliminar este elemento y emplear un sistema de mampostería pos-tesada con tendones de acero de alta resistencia no vinculados, con este sistema se logra una reducción de las pérdidas y un menor impacto ambiental debido a la ausencia de grouting.

Estos sistemas de refuerzo activo, en combinaciones con variados tipos de mampuesto se traducen en sistemas de muros, vigas y losas que no podrían ser examinados exhaustivamente sólo a través de métodos experimentales. En este sentido el empleo de métodos numéricos, en particular la modelización con elementos finitos es aceptada y se encuentra muy difundida en diversos estándares de diseño.

Existen antecedentes del modelado de mampostería postesada con elementos finitos que pueden representar el comportamiento del material compuesto, pero la malla de elementos finitos es fuertemente dependiente de la trayectoria de los tendones de acero, ya que ellos conectan pares de nodos de los elementos finitos.

Barbu et al. (2019) proponen una técnica para el modelado del hormigón pretensado. Esta técnica requiere una malla de elementos finitos, sin ningún tipo de restricción en cuanto a su forma, y una descripción lineal del refuerzo activo. El hormigón es modelado como un material compuesto cuyo comportamiento es descrito con la teoría de mezcla serie-paralelo (S/P RoM), la tensión de pretensado efectiva es aplicada como una deformación inicial impuesta únicamente en el material acero usado para modelar el refuerzo activo. Por medio de la S/P RoM se alcanza el equilibrio en cada punto de integración entre el acero del refuerzo activo y el hormigón; a continuación el tensor de deformación del acero es actualizado con la contribución del material hormigón. Finalmente, el campo de desplazamientos es actualizado hasta que se logra la convergencia global de las fuerzas. La metodología es válida tanto para tendones de acero rectos como curvilíneos.

La técnica escogida para realizar las modelaciones numéricas y simular el tesado del refuerzo activo en las estructuras de mampostería postesada estudiadas en esta investigación es una adaptación de esta última propuesta.

## Materiales y Métodos

Teniendo en cuenta lo enunciado hasta el momento, se propone utilizar la teoría de mezclas generalizadas serie-paralelo (macro-modelo) para la simulación de la mampostería postesada.

Esta propuesta se implementa a través de un modelo en elementos finitos mediante el software PLCd.[3]

Para ello se utilizó una geometría que simula el ensayo a flexión en 4 puntos sobre vigas de mampostería postesada. Para discretizar la geometría del modelo se empleó 8978 elementos finitos hexaédricos.

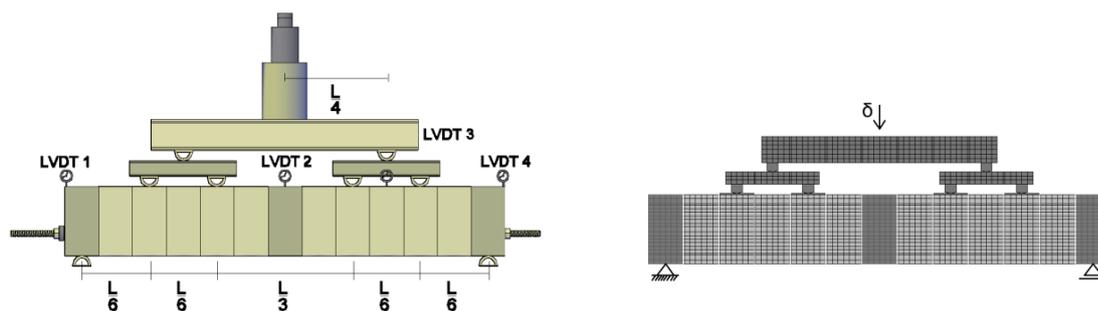


Figura 1. Montaje del ensayo experimental. Instrumentación. [4]. Geometría del modelo. Condiciones de contorno.

Cada uno de los distintos materiales componentes se modela considerando una ley constitutiva adecuada a su comportamiento. Un modelo de daño continuo isótropo para la mampostería y un modelo de plasticidad para el refuerzo activo.

En la Tabla 1 se muestran valores de algunos parámetros geométricos y mecánicos del ensayo experimental, que se tuvieron en cuenta durante el modelado numérico.

Tabla 1. Propiedades de la viga experimental evaluada

Viga	$f'_b$ (MPa)	$T_i$ (kN)	$L$ (m)	$e_{mid}$ (mm)	$L/d$
B-02	10	40.39	2.60	80	8.73

## Resultados

En la siguiente figura 2, se muestran los resultados del modelo numérico y cómo éste aproxima la respuesta estructural observada en las experiencias de laboratorio. Los resultados son expresados en termino de carga – deflexión. La deflexión es medida en un nodo inferior y central del bloque desviador.

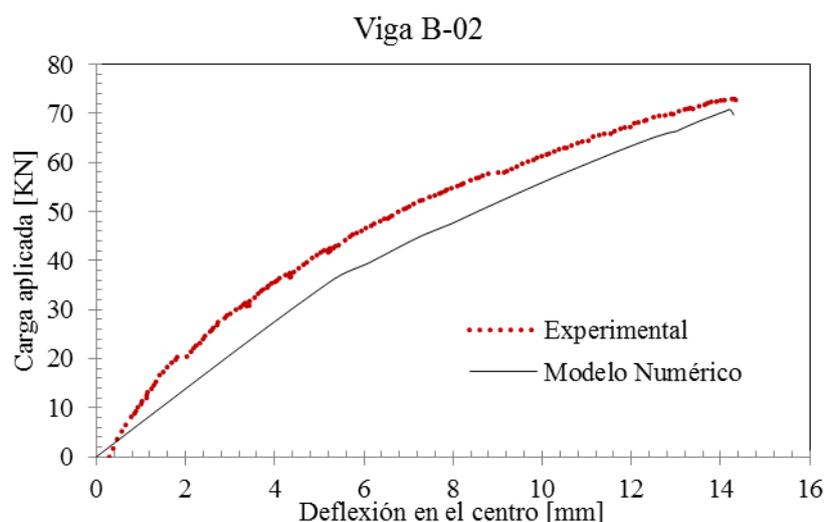


Figura 2. Respuesta carga vs deflexión. Viga B-02. Modelo experimental y numérico.

En la Tabla 2, se observan valores de fuerza de tesado inicial en la barra de acero ( $T_i$ ) y el valor de la fuerza en la barra cuando la viga está sometida a la carga ultima ( $T_u$ ). Se incluyen también los valores de la carga ultima sobre la viga ( $P_u$ ) y el desplazamiento máximo medido a la mitad de la luz para dicha carga ultima ( $\delta_{mid,u}$ ).

Tabla 2. Resultados globales de las viga seleccionada.

Viga	$T_i$ (kN)	$P_u$ (kN)	$\delta_{mid,u}$ (mm)	$T_u$ (kN)
Experimental B-02	40.37	72.96	14.07	99.98
Numérico	38.75	70.42	14.3	93.75

## Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una herramienta numérica que combina el empleo de formulaciones muy potentes para materiales compuestos anisótropos. A través de la implementación computacional y el modelado con el método de los elementos finitos es posible realizar el análisis del comportamiento de estructuras de mampostería postesadas con refuerzo no adherido, en el rango elástico e inelástico.

En concreto:

- El modelo numérico permite aproximar con cierta precisión el comportamiento, tanto en el rango elástico como en el inelástico, de las vigas ensayadas experimentalmente, descrito a través de la curva carga-deflexión.

- Con respecto a la zona elástica, se observa que la respuesta numérica aproxima la rigidez inicial con una precisión no tan buena. Esta imprecisión puede estar asociada también a incertidumbres en las mediciones experimentales, en las propiedades de los materiales y en el proceso de fabricación.
- La predicción de la carga última y la deflexión correspondiente a la misma resultan muy buenas. En el caso de la carga última la discrepancia es menor al 3.6%. En cuanto a la deflexión máxima la diferencia entre el resultado experimental y el numérico no supera el 2%.
- Con respecto al incremento de la fuerza en la barra de tesado relacionada con la deflexión en el centro de la viga, el modelo numérico aproxima de buena manera la evolución de la fuerza de tesado a lo largo del proceso de carga.

Las conclusiones anteriores pueden inferir que la herramienta numérica presentada es capaz de simular el efecto del postesado en vigas de mampostería postesada.

### **Agradecimientos**

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación titulado “Desarrollo de modelos numéricos para el análisis de estructuras de mampostería postensada” liderado y financiado por la Universidad Nacional de Salta (Argentina) y la Universidad de Medellín (Colombia).

### **REFERENCIAS**

1. H. G. Bonett, R.L.; Urrego, "Post-tensioned concrete brick masonry without mortar joint". The 14th World conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, 2008.
2. L. G. Barbu, A. Cornejo, X. Martínez, S. Oller, y A. H. Barbat, "Methodology for the analysis of post-tensioned structures using a constitutive serial-parallel rule of mixtures: Large scale non-linear analysis", *Compos. Struct.*, 2019.
3. S. Oller *et al.*, "Breve Manual del PLCd v 16.02". Barcelona, España, 2018.
4. J. M. García, "Comportamiento a flexión de elementos de albañilería postensada sin relleno de grouting". Santiago de Chile, Chile, p. 221, 2019.



# XV

## Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA

Libro de actas de resúmenes ampliados de trabajos aceptados en las Jornadas multidisciplinares, realizadas en la ciudad de Salta, los días 29 y 30 de septiembre de 2022. Organizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, integrante del CODINOA.



**UNSa**  
Editorial Universitaria

ISBN 978-987-633-588-1



9 789876 133588 1