

INVESTIGACION EN FACULTADES DE INGENIERIA DEL NOA



XIV

JORNADAS DE
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA
DE FACULTADES
DE INGENIERÍA
DEL NOA

S. M. DE TUCUMÁN
5 y 6 DE SEPTIEMBRE 2019



Revista N° 5. Año 2019.
ISSN: 1853-6662



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología
Av. Independencia 1800, (4000) Tucumán

Revista: Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA Número 5.

Trabajos sometidos a referato

<http://codinoa.facet.unt.edu.ar/index.php/revista-numero-5/>

ISSN: 1853-6662



Autoridades

Decano

Dr. Ing. Miguel Ángel Cabrera

Vicedecano

Mg. Ing. Eduardo Martel

Secretario Académico

Dr. Ing. Nicolás Nieva

Secretario de Gestión y Extensión

Ing. Carlos Ernesto Grande

Secretario de Asuntos Administrativos

Ing. Carlos Andrés Ivan

Secretario de Bienestar Estudiantil

Sr. Fabián Ayarde

Directora del Departamento de Posgrado

Dra. Ing. Sonia Mariel Vrech

Director del Departamento de Ciencia y Técnica

Dr. Ing. Eduardo Roberto Manzano

Directora General Académica

Ing. Silvia Susana Herrera

Director General Administrativo

Sr. Alejandro Pérez Filgueira

Editor

Manzano, Eduardo Roberto

Comité organizador

Departamento de Ciencia y Técnica de la FACET

Albarracín, Leonardo

Araujo, Paula

Formigli, Carlos

Herrera, Myriam

Manfredi, Paola

Manzano, Eduardo

Mele, Fernando

Palazzi, Silvia

Roig, María Eugenia

Santillán, Javier

Torres, Esteban

Villafuerte, Manuel

Colaboradores

Arancibia, Victoria

De Nobrega, Marcelo

Díaz, Fanny

Diseño web

Juan Pepe FACET-UNT

Federico Soria UNSE

Compaginación

Marcelo De Nobrega DLLyV-UNT – ILAV CONICET

Comité Científico Evaluador

Aceñolaza, Pablo	UNER FCA - CONICET
Adriana, Niz	UNCA
Albarracin, Patricia Maria	UNT
Albarracin, Leonardo	UNT
Alonso, María Silvia	UNJu
Alvarez, Alejandro Raúl	UNT
Anaya, Hugo Daniel	UNT
Araujo, Paula Z.	UNT
Arias, Mirta Magdalena	UNT
Assaf, Leonardo	UNT
Ayrault, Gilles	UNSE
Barnes, Norma	UNT
Barraza, José	UNT
Bellomo, Facundo Javier	UNSa
Benac, María José	UNSE
Bravo, Alvaro Javier	UNT
Cabana, Roxana Del Carmen	UNJu
Cabello, Alberto José	UNT
Cabrera, Miguel A.	UNT
Cañas, Martha Susana	UNCA
Cesca, Mario Rodolfo	UNT
Cheeín de Auat, Nori Esther	UNSE
Coronel, Eve Liz	UNSE
David, Renee Noelia	UNSE
Degano, Claudia	UNSE
Farfan, Fernando Daniel	UNT
Ferrao, Hilda Noemí	UNT
Ferrari, Ricardo René	UNT
Ferreya, Arturo Lorenzo	UNCa
Formigli Rodriguez, Carlos M.	UNT
Galiano, José Eduardo	UNSE
Galizzi, Fernando Angel	UNSE
Galván, Lucrecia Del Carmen	UNSE
Ganim, María de Las Mercedes	UNT

Georgieff, Sergio M.	UNT-CONICET
Giannini, María Isabel	UNT
Giunta, Sandra Adriana	UNJu
Godoy, Carlos Eduardo	UNSE
Gómez, Sofía Gabriela	UNCA
González, Mariela	UNT
Herrera, Myriam Cristina	UNT
Herrera, Carlos Gabriel	UNCA
Ibañez, Lucía Marina	UNT-Fundación Miguel Lillo
Ingaramo, Alejandra Patricia	UNT
Irahola Ferreira, Jaime Alfonzo	UNJu
Ise, Juan Eduardo	UNT
Issolio, Luis	UNT-CONICET
Jacinto, Abel Carlos	UNT
Lopez, Gloria del Valle	UNCA
Luccioni, Griselda Maria	UNT
Madregal, Sergio Omar	UNJu
Mainardi Grellet, Lidia Victoria	UNT
Manfredi, Adriana Paola	UNT
Martel, José Eduardo	UNT
Mele, Fernando Daniel	UNT-CONICET
Meloni, Diego Ariel	UNSE
Mishima, Horacio Tacashi	UNSE
Molina, María Graciela	UNT
Nieto, María Marcela	UNSE
Nieva, Enrique Nicolás	UNT
O'Donell, Beatriz Maria	UNT
Ochoa, Maria Del Carmen	FAyA-UNSE
Olivera, Juan Manuel	UNT
Ortiz, Erlinda Del Valle	UNCA
Palazzi, Silvia	UNT
Panico, Adriana Fatima	UNT
Pasté José Francisco	UNSE
Paz Zanini, Verónica Irene	UNSE
Perez, Carlos Alejandro	UTN-FRR
Pérez, Gustavo Ariel	UNT

Perotti, Nora I.	UNT
Pollora, Genaro Cesar	UNT
Roig, María Eugenia	UNT
Santapaola, Julia Eleonora	UNJu
Santillán, Javier Enrique	UNT
Sarmiento, Miguel	UNSE
Scandaliaris, Jorge	UNT
Schiava, Ricardo	UNSE
Rigali, Silvina Luján	UNSE
Tiedemann, Jose Luis	UNSE y UNSa
Torres, Andrea Carolina	UNT-CONICET
Torres Auad, Lía Fabiana	UNT
Valdeon, Daniel Horacio	UNT
Vilches, Fatima Edith	UNCA
Villafuerte, Manuel José	UNT
Vituro, Carmen Inés	UNJu
Zossi, Marta María	UNT-CONICET

Prologo

Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA es una revista generada a partir de los trabajos completos presentados en las Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. 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. Desde el año 2005 y en forma ininterrumpida, estas Jornadas de carácter multidisciplinario, han tenido lugar permitiendo la convergencia de áreas del conocimiento relacionadas con ingeniería, ciencias exactas y tecnología, en un mismo foro académico regional de profesionales, docentes, investigadores, estudiantes de grado y postgrado.

En 2019 se realizaron las **XIV Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA** el 5 y 6 de Septiembre en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán de la ciudad de San Miguel de Tucumán.

Los resúmenes de los trabajos enviados a las Jornadas pasaron por un proceso de evaluación y selección de 183 pares evaluadores especializados en cada una de las áreas temáticas. Como resultado fue editado un libro de resúmenes con registro ISBN 978-987-754-203-5. El mismo puede ser descargado del portal del evento <http://codinoa.facet.unt.edu.ar/index.php/libro-de-resumenes/>.

Con posterioridad los autores fueron invitados a presentar sus trabajos completos en la Revista Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA los cuales pasaron nuevamente por un proceso de doble referato. Para la Revista Número 5 fueron aprobados 52 trabajos completos y participaron 90 evaluadores de distintas especialidades. La revista puede ser descargada del portal <http://codinoa.facet.unt.edu.ar/index.php/revista-numero-5/>.

Los integrantes del Departamento de Ciencia y Técnica y las Autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNT agradecemos a los autores de trabajos de la presente revista, a los Miembros del Comité Evaluador por su ardua y desinteresada tarea, a los colegas de Ciencia y Técnica del CODINOA y a todos aquellos que colaboraron directa e indirectamente en esta realización.

Dr. Ing. Eduardo R. Manzano
**Director de Ciencia y Técnica de la
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología
Universidad Nacional de Tucumán**

Indice

Un problema de cuádricas: Propuesta de resolución con apoyo del Geogebra.....	10
Desarrollo del conocimiento procedimental en lecto-comprensión en inglés a través de los cuestionarios y foros de Moodle	16
Comprensión del concepto de derivada de una función en un punto en alumnos de primer año de Ingeniería.....	22
La competencia resolución de problemas:una experiencia en primer año de Ingeniería	29
Evaluación de la calidad proteica de harinas de legumbres con software MixProtLUNA. Aplicación en panes reducidos en sodio.....	38
Género académico y comprensión lectora en inglés en la FACET	45
Taller para docentes del área matemática con el uso de TIC orientado a la formación por competencias: una experiencia.....	53
El enfoque por competencias y la evaluación en el laboratorio de física.....	62
Proceso de obtención de fertilizante potásico a partir de vinaza	71
Evaluación de componentes bioactivos de paltas en la región NOA	79
Rendimiento y calidad de distintas soluciones para la reconstrucción de modelos tridimensionales	85
Rendimiento comparativo de un secador solar contrastando el uso de chimenea con extractor eólico y extractor tipo H.....	89
Diagnóstico del concepto de factorización de polinomios en alumnos ingresantes a la carrera de Licenciatura en Geología	96
Modelación numérica de pavimentos de asfaltos.....	102
San Pedro de Colalao: la vinculación de la ciudad con sus ríos.....	110
Aportes del Proyecto Nexos 1 para la articulación educativa en matemática entre el nivel medio y el universitario en Tucumán.....	118
Refuerzo de estructuras de hormigón con hormigón de altas prestaciones reforzado con fibras (HAPRF)	123
Ajuste osmótico en plántulas de <i>Coursetia hassleri</i> en respuesta a estrés salino	131
Análisis de las ideas y procesos químicos aportados por Stanislao Cannizzaro para el desarrollo de la ciencia química.....	136
El estudio de los minerales en la Historia de la Química: Georgius Agricola	142
Coeficiente de performance de un secadero solar directo de circulación natural	149
Modelación numérica de la falla del hormigón reforzado con fibras de acero (HRFA)	156
Evaluación del Riesgo Auditivo en Salas de Atención Odontológica	164
Actividad antirradicalaria de <i>Flaveria bidentis</i> (L) Kuntze y su relación con el contenido polifenólico	171

Rendimiento comparativo de una columna de carbonatación cuando la refrigeración se hace en uno o dos platos adyacentes	176
Análisis de encogimiento de rodajas de zanahoria durante procesos de secado aplicando visión artificial	183
Utilización del rastrojo de algodón para la confección de tableros de partículas.....	189
Detección y monitoreo de zonas anegadas por medio de imágenes de VANT utilizando Redes Neuronales Artificiales.....	194
Ingreso y competencias en lectoescritura científica, acciones de articulación.....	200
Diseño de acciones para el uso de reinforcement learning en la obtención de precodificadores híbridos para massive MIMO.....	206
Calidad del recurso hídrico del departamento Santa Rosa explotado para consumo humano, Catamarca, Argentina.....	213
Parámetros de producción de dos instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red en el valle central de Catamarca.....	220
La integración de contenidos mediante el aprendizaje basado en tareas en la clase de Lectocomprensión en Inglés en la FACET	226
Inhibición de lipoxigenasa por compuestos fenólicos naturales y sintéticos. Métodos gráficos y modelos de regresión.....	231
Reducción de Cr(VI) de efluentes contaminados a Cr(III) catalizada por microorganismos electrogénicos/electrotróficos.....	239
Interdisciplinariedad de Cátedras en el Área Básica	247
Enseñanza centrada en el estudiante: una experiencia en el área de Ingeniería Clínica	253
Respuesta a una perturbación escalón en la composición de las corrientes de entrada de una columna de absorción de amoníaco	263
Contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 mediante el alumbrado público eficiente.....	268
Parámetros fisicoquímicos durante compostaje de residuos frutihortícolas (Banco de Alimentos) y madurez del compost.....	277
Respuestas fisiológicas de <i>Pterogine nitens Tul</i> al herbicida glifosato.....	285
Enfoque multidisciplinar para la investigación en el campo disciplinar Interacción Persona Computador.....	290
Interacción de lazos de control de composición en la destilación PSD de la mezcla acetonitrilo-agua	299
Aplicación de métodos geofísicos para la determinación del espesor de los depósitos aluviales en la quebrada del río Pomán	305
Rendimientos de colectores Heat Pipes de placa plana combinados en serie y en paralelo, para el calentamiento de aire.....	312
Implementación de entornos virtuales de aprendizaje en escuelas experimentales de la UNT: desafíos y logros.....	319

Eficiencia de <i>Eisenia foetida</i> como bioacumulador de Fe, Cu, Zn y Se	329
Los cuestionarios de Moodle como herramienta en el proceso de aprendizaje de alumnos de Análisis Matemático I	335
Procedimiento para la reconstrucción 3D basado en fotografías	343
Síntesis y detección de la señal de recepción de un radar OTH.....	351
Análisis de las competencias matemáticas de los alumnos ingresantes de la FAyA- UNSE....	360
Talleres de Capacitación: La FI-UNSa y la formación por competencias	366

Un problema de cuádricas: Propuesta de resolución con apoyo del Geogebra

Alurralde, Florencia M.¹; Hurtado, Julia M.¹

(1) Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta.

florencialurralde@gmail.com; julia_mhurtado@yahoo.com.ar

RESUMEN: En el marco del Proyecto de Investigación N° 2527 del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, como docentes de Álgebra Lineal y Geometría Analítica (ALGA), de las carreras de Ingeniería, se intenta contribuir a la adquisición de la competencia básica de resolución de problemas. En la asignatura, se estudian conceptos cuya representación gráfica en el espacio se complica para el estudiante que ingresa a las carreras de ingeniería, por lo que, en este trabajo, se presenta una propuesta para la resolución de problemas con Superficies cuádricas. Se utiliza como apoyo el software Geogebra porque es libre y está disponible en múltiples plataformas, además por su flexibilidad para realizar cálculos de manera sencilla (de forma similar al trabajo con papel y lápiz) y porque permite una visualización adecuada en la vista gráfica 3D, posibilitando la exploración dinámica frente a la variación de elementos. "El uso de Geogebra puede proporcionar un entorno para la exploración activa de estructuras matemáticas a través de múltiples representaciones, o para mostrar a los estudiantes algunos aspectos de las matemáticas que no son posibles con la pluma y el papel", Orozco Rodríguez (2017). El 95% de los estudiantes consideró muy útil la metodología empleada.

ABSTRACT: Within the framework of the Research Project N° 2527, of the Research Council of the National University of Salta, as teachers of Linear Algebra and Analytical Geometry (ALGA) of the Engineering careers, we try to contribute to the acquisition of the competence for basic problems solving. In the course, concepts whose graphic representation in the space is complicated for the student to understand and thus, in this work, a proposal for the resolution of problems with quadric surfaces is presented. Geogebra software is used as a support tool because it is free and available on multiple platforms, as well as its flexibility to perform calculations easily (similar to working with paper and pencil) and because it allows an adequate visualization in the 3D graphic view, enabling dynamic exploration against the variation of elements. "The use of Geogebra can provide an environment for active exploration of mathematical structures through multiple representations, or to show students some aspects of mathematics that are not possible with pen and paper," Orozco Rodríguez (2017). 95% of the students considered the methodology used very useful.

Palabras claves: Competencias-Cuádricas-Geogebra

Keywords: Competences-Quadrics-Geogebra

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática abordada

Los ingresantes universitarios, en general, tienen un nivel insuficiente en las competencias de ingreso, acordadas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, CONFEDI (2018). En Salta "en Matemática el 26,8 % de los estudiantes alcanzan niveles de desempeño Satisfactorio/Avanzado, y el 43,8 % de los

estudiantes se encuentra por debajo del nivel básico" según los resultados de las pruebas Aprender (2017). Esta situación se presenta también en las carreras de Ingeniería de la UNSa. Surge entonces la necesidad de hacer algún aporte como docentes de primer año, a través de cambios en las estrategias de enseñanza en la asignatura ALGA. Las habilidades intelectuales que poseen los alumnos son potenciadas por los recursos tecnológicos, ya que activan diferentes estrategias y operaciones cognitivas. Con el uso

de las TIC, además de explorar, los estudiantes pueden descubrir distintas formas de resolver un mismo problema y validar los procedimientos y resultados obtenidos, lo que podría facilitar la construcción del conocimiento, actuando además como una herramienta motivadora en el aprendizaje. La elección del software Geogebra se basa en su fácil manejo y amplia aplicación, además de tratarse de un software libre. De la experiencia como docentes de álgebra se observa que la enseñanza y el aprendizaje de la geometría, presentan dificultades en relación a la resolución de problemas, ya que visualizar figuras geométricas, lograr conceptualizar e incorporar propiedades para justificar respuestas, es una tarea que por lo general ha sido reemplazada por tareas puramente algebraicas y aritméticas. No sólo el uso de fórmulas es importante para resolver situaciones problemáticas, sino también representar y razonar de manera adecuada. Sánchez Rosal (2012) recomienda una paulatina incorporación de los recursos tecnológicos como complemento de la enseñanza tradicional en el ámbito universitario y pone énfasis en la importancia de los procesos de visualización, que permite la asimilación de conceptos abstractos en base de imágenes o representaciones que las TIC proporcionan.

1.2 Objetivo

Facilitar el proceso de visualización de los estudiantes de primer año de las carreras de ingeniería, en la resolución de problemas de superficies cuádricas, con el apoyo del software Geogebra, con el fin de aportar a un aprendizaje significativo del tema.

2 PROPUESTA PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

2.1 Metodología y materiales

Se realizó un Aula Taller, con una comisión de 36 estudiantes que cursaron la asignatura en el primer cuatrimestre de 2019, sobre el tema "Superficies Cuádricas". Se utilizó el software Geogebra versión 5.0 como herramienta integradora y se solicitó a los alumnos que trajeran sus netbook o sus celulares con el software que incluye la vista 3D instalado. El Aula Taller se llevó a cabo en horario extra clase de la asignatura (3 hs.), se comenzó con un

breve repaso de las ecuaciones normales de las superficies cuádricas.

A continuación se entregó una guía de actividades cuyo objetivo fue resolver problemas sobre superficies cuádricas, de manera analítica y gráfica (con Geogebra), enunciados desde el punto de vista ingenieril. El docente con la ayuda del proyector, guió a los estudiantes con las dudas que surgían en el desarrollo de los problemas y antes de finalizar la clase se hizo una puesta en común de los resultados obtenidos por los alumnos, que fueron grabados en pendrive y luego proyectados, para ser analizados y discutidos en forma grupal. Finalmente se realizó una encuesta anónima a todos los participantes del taller. A continuación se presenta a modo de ejemplo, la resolución de un problema de la guía de actividades, realizada en forma analítica y gráfica con Geogebra.

2.2 Enunciado de un Problema de Cuádricas

Se requiere diseñar un recipiente especial para una planta industrial, para lo cual se solicita encontrar la ecuación del lugar geométrico de los puntos del espacio tales que la distancia al piso (plano XY), sea el triple de la distancia al punto (1,2,3), ya que allí se ubicará el ingreso del ducto que alimentará al mencionado recipiente. Una vez hallada la ecuación, identifique y grafique la superficie que representa.

2.3 Resolución Analítica del Problema

En primer lugar se indican los datos disponibles en el problema, mediante la simbología usada en clase:

$$\text{Puntos del espacio: } X = (x, y, z) \quad (1)$$

$$\text{Punto dado: } P = (1,2,3) \quad (2)$$

$$\text{Plano XY: } \pi_{XY}: Z = 0 \quad (3)$$

Se plantea la igualdad de distancias que requiere el diseño en el enunciado:

$$d_{X,\pi_{xy}} = 3 d_{X,P} \quad (4)$$

$$|Z| = 3\sqrt{(x-1)^2 + (y-2)^2 + (z-3)^2} \quad (5)$$

Se trabaja algebraicamente esta expresión:

$$z^2 = 9(x-1)^2 + 9(y-2)^2 + 9(z-3)^2 \quad (6)$$

$$0 = 9(x - 1)^2 + 9(y - 2)^2 + 9z^2 - 54z + 81 - z^2 \quad (7)$$

$$0 = 9(x - 1)^2 + 9(y - 2)^2 + 8z^2 + 54z + 81 \quad (8)$$

Agrupando los términos con z:

$$0 = 9(x - 1)^2 + 9(y - 2)^2 + 8\left(z^2 - \frac{27}{4}z\right) + 81 \quad (9)$$

Completando cuadrados en z:

$$0 = 9(x - 1)^2 + 9(y - 2)^2 + 8\left(z - \frac{27}{8}\right)^2 - \frac{81}{8} \quad (10)$$

$$9(x - 1)^2 + 9(y - 2)^2 + 8\left(z - \frac{27}{8}\right)^2 = \frac{81}{8} \quad (11)$$

Se obtiene finalmente la ecuación del lugar geométrico de la forma:

$$\frac{(x-1)^2}{\frac{81}{9 \cdot 8}} + \frac{(y-2)^2}{\frac{81}{9 \cdot 8}} + \frac{\left(z - \frac{27}{8}\right)^2}{\frac{81}{8^2}} = 1 \quad (12)$$

Se procede a identificar la superficie cuádrica obtenida, resultando ser la ecuación normal del Elipsoide con centro en $\left(1, 2, \frac{27}{8}\right)$:

$$\frac{(x-1)^2}{\frac{9}{8}} + \frac{(y-2)^2}{\frac{9}{8}} + \frac{\left(z - \frac{27}{8}\right)^2}{\frac{81}{64}} = 1 \quad (13)$$

Así, una vez que se dispone de la ecuación de la superficie cuádrica, se realizan dos planteos diferentes para realizar su gráfica con apoyo del Geogebra, como se describe a continuación.

2.4 Gráfica de la superficie cuádrica mediante trazas

Para efectuar la gráfica del elipsoide mediante trazas, se deben realizar las intersecciones entre la superficie obtenida en la ecuación (13) y los distintos planos coordenados. Esto se hace de manera rápida y sencilla haciendo uso del software Geogebra. Para ello se introducen las ecuaciones del elipsoide y de los planos coordenados, luego mediante los comandos apropiados se obtienen las distintas trazas (elipses), que permitirán representar la superficie cuádrica. Esto se muestra en la Fig.1.

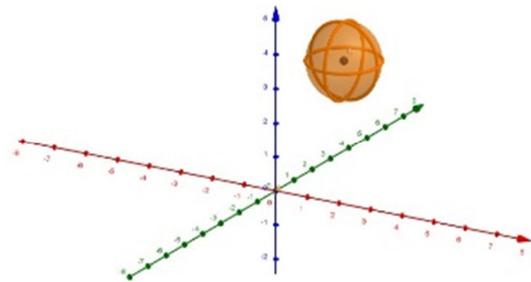


Figura 1: Vista gráfica de las trazas obtenidas con el software Geogebra.

2.5 Gráfica de la superficie cuádrica como lugar geométrico

Otra manera de resolver el problema, es trabajando con el concepto de lugar geométrico, siguiendo los pasos que se detallan en las figuras que se muestran a continuación:

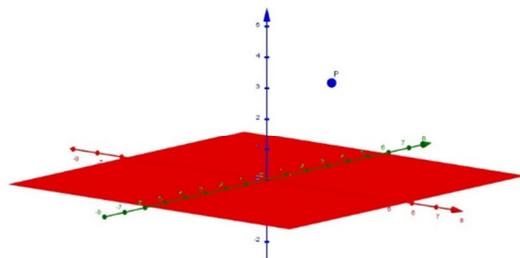


Figura 2: Primer paso, se ingresan el punto dado en el enunciado y el plano a trabajar.

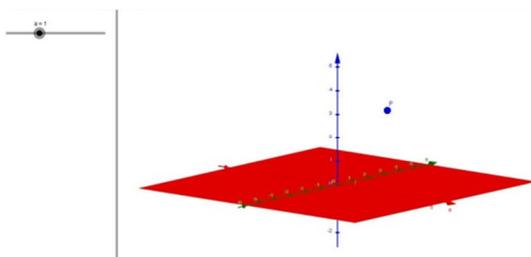


Figura 3: Segundo paso, se ingresa un deslizador en la Vista Gráfica del software para poder trabajar con el concepto de lugar geométrico.

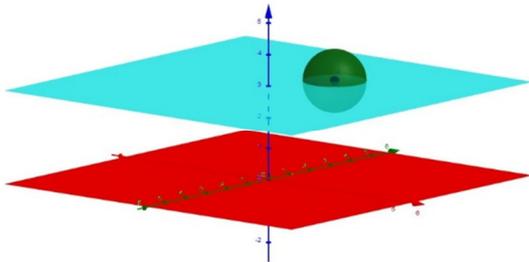


Figura 4: Tercer paso, se ingresa una esfera con centro en el punto P y radio “a”, y luego un plano paralelo al dado a una distancia “3a” del original. De esta manera se cumple con la condición de lugar geométrico planteado.

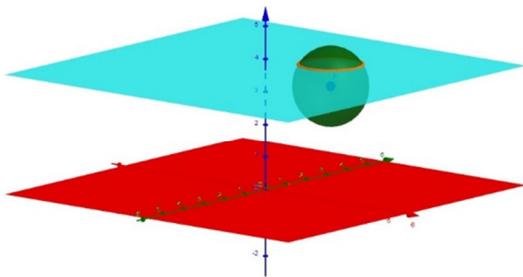


Figura 5: Cuarto paso, la intersección entre el plano celeste y la esfera verde son los puntos del lugar geométrico que se están buscando. Se muestran las circunferencias obtenidas para dos valores distintos en el deslizador “a”.

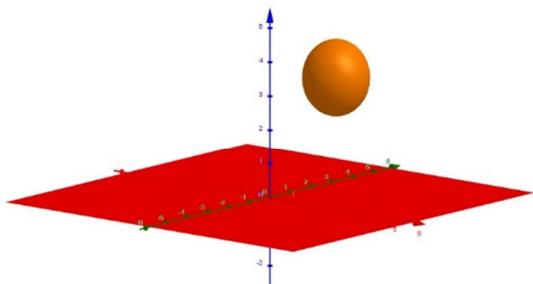


Figura 6: Último paso, se muestra el lugar geométrico obtenido a partir de su ecuación, es un elipsoide y el punto P queda dentro del mismo (es el foco de las elipses que se obtienen en las trazas).

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA ENCUESTA FINAL

Finalmente se realizó una encuesta anónima acerca del conocimiento que tienen los estudiantes sobre el software Geogebra, el uso que suelen darle, lo positivo, negativo e interesante del Aula Taller, solicitando además, sugerencias a los jóvenes. Los resultados obtenidos se muestran en las Fig. 7, 8, 9 y 10.



Figura 7: Resultados encuesta final



Figura 8: Resultados encuesta final



Figura 9: Resultados encuesta final



Figura 10: Resultados encuesta final

Se puede observar que de los 36 alumnos encuestados que participaron del taller, el 90% ya conocía el soft, además el 57% lo usaba regularmente para sus estudios, pero de manera muy superficial, mayormente para visualizar funciones en la cátedra de análisis matemático. El 86% de los encuestados asistió al taller teniendo los conocimientos previos sobre el tema superficies cuádricas, razón por la cual para ellos resultó mucho más beneficioso que para el 14% restante que no había estudiado el tema. La totalidad de los asistentes al taller manifestaron que el uso del Geogebra para resolver problemas de superficies cuádricas les permitió facilitar la comprensión del tema, ya que pudieron visualizar claramente las distintas situaciones problemáticas, por lo que el taller les resultó de mucha utilidad, incluso para el pequeño porcentaje que no conocía el soft, ya que su

dificultad consistió en no saber usar los comandos del soft.

Entre los aspectos positivos sobre el Aula-Taller, los estudiantes manifestaron que:

- El uso del Geogebra les permitió visualizar el tema desde diferentes ángulos, lo que es imposible de hacer en el desarrollo con lápiz y papel.
- La clase es más ágil y divertida.
- Se pueden verificar fácilmente todos los resultados de los ejercicios del trabajo práctico.
- Se pueden plantear distintas maneras de resolver un problema.

Entre los aspectos negativos sobre el Aula-Taller, se mencionaron:

- El tiempo destinado al taller resultó escaso, para poder jugar un poco más con las distintas variaciones que se podían plantear.
- Algunos alumnos no pudieron aprovechar al máximo el taller debido al desconocimiento del manejo del soft.
- Se debería haber dado antes otro taller para que todos aprendieran a usar los comandos del Geogebra.

Sugerencias planteadas por los estudiantes:

- Deberían dictarse clases o talleres de Geogebra para aprender a aprovecharlo al máximo dado su enorme potencial.
- Se sugirió incluir el uso de Geogebra en las clases prácticas para la realización de los trabajos prácticos, de manera de facilitar la comprensión de los temas estudiados.
- Se planteó la conveniencia de incorporar el uso de Geogebra en otros cursos de las carreras de ingeniería, como ser Análisis Matemático o el Curso de Ingreso.
- Se solicitó la publicación de un apunte instructivo sobre Geogebra, con comandos y actividades prácticas explicadas con ejemplos.

4 CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el 10% de los asistentes desconocía el software, éstos manifestaron que debido a la falta de manejo con fluidez del Geogebra perdieron mucho tiempo con relación a los compañeros, motivo por el cual se propondrá dictar un curso de manejo básico del soft Geogebra antes del inicio del cursado. Quedó

claro que la mayoría de los estudiantes se incentivaron con la realización del Aula-Taller y expresaron interés en seguir con otra clase del tema para ver más ejemplos, por lo que se tendrá en cuenta dedicar un tiempo mayor a este tipo de clases adicionales.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta y la opinión de los estudiantes, se podría decir que se cumplió en parte con el objetivo planteado, en cuanto a la mejor visualización de las superficies cuádricas, integrando el álgebra lineal con la geometría analítica, lo que consideramos como un pequeño aporte al aprendizaje significativo del tema.

Se seguirá trabajando con esta metodología, intentando incorporar el Geogebra en las horas de clases usuales, en todos los temas de la asignatura.

5 REFERENCIAS

- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. CONFEDI. (2018). Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina.
https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-
- Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf*. 20.03.1019
- Orozco Rodriguez, C. (2017). Objetos de Aprendizaje con eXeLearning y GeoGebra para la definición y representación geométrica de operaciones con vectores y sus aplicaciones (tesis doctoral).
<https://repositorio.grial.eu/handle/grial/772>. 15.07.2018
- Sánchez Rosal, A.. Incorporación de las TIC en el aprendizaje de las matemáticas en el sector universitario. *Revista de Educación Matemática, Unión Matemática Argentina*, 27(3), 23-28, 2012.
- Secretaría de Evaluación Educativa. Ministerio de Educación. Presidencia de la Nación. (2017). Aprender. Informe de Resultados. Salta. 5° año Secundaria.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_salta_secundaria_2017_0.pdf. 28.03.2019

Desarrollo del conocimiento procedimental en lecto-comprensión en inglés a través de los cuestionarios y foros de Moodle

Amaduro, Inés.¹; Company, Susana María.¹ y Jiménez, Ana María.¹

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

inesamad@yahoo.com.ar; susana_company@yahoo.com.ar; jimenezana43@hotmail.com

RESUMEN: Adquirir una lengua extranjera es una habilidad cognitiva compleja que, como tal, puede mejorarse. Partiendo de la diferencia entre conocimiento declarativo (adquirido por exposición y controlado) y conocimiento procedimental (adquirido por la práctica y que permite llegar a una fase de automatización), en el curso semi-presencial de lecto-comprensión en inglés, nivel dos, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, promovemos el desarrollo de estrategias lectoras que faciliten el paso del conocimiento declarativo al procedimental. Se espera que los estudiantes puedan emplear de manera automática y natural las reglas que inicialmente formaron parte del conocimiento formal del sistema de la lengua. Este estudio siguió la metodología de investigación-acción, que implica diagnosticar un problema inicial—la detección de dificultades léxico-gramaticales y discursivas en la lecto-comprensión—y desarrollar soluciones para resolverlo. Se diseñaron materiales didácticos de análisis lingüístico, y de lectura extensiva en Cuestionarios y Foros de Moodle para propiciar el desarrollo de estrategias lectoras y la repetida exposición a determinados exponentes lingüísticos. En este trabajo, ampliaremos el marco teórico de la investigación, su aplicación con fines pedagógicos en la práctica de lectura en inglés, los resultados obtenidos tras la mediación didáctica, y su triangulación con los de la fase inicial.

ABSTRACT: Foreign language acquisition is a complex skill and, as such, it can be improved. Considering the difference between declarative knowledge (controlled and acquired through exposition) and procedural knowledge (acquired through practice, and that enables us to reach an automation phase), in the English reading comprehension course, level two, blended-learning modality, imparted at the School of Engineering at the National University in Salta, we aim at fostering the development of reading strategies that facilitate the path from declarative to procedural knowledge so that our students are able to apply the rules of language—once systematically learned—naturally and automatically while reading. This study follows the action-research methodology, which implies a problem diagnosis (the learners' grammatical, lexical and discourse difficulties in reading comprehension) and the development of practical solutions to address it. Didactic materials for the treatment of such difficulties and extensive reading materials were designed in Moodle Questionnaires and Forums to promote reading strategies development and the repeated exposure to certain linguistic exponents. In this presentation, we will deal with the theoretical background of our research and its application for pedagogical purposes. The results collected after the pedagogical intervention will be compared and contrasted with those of the diagnosis stage.

Palabras claves: (conocimiento declarativo – conocimiento procedimental – lecto-comprensión – Moodle)

Keywords: (declarative knowledge – procedural knowledge – reading-comprehension – Moodle)

1 INTRODUCCIÓN

1.1 *La competencia lectora en lengua extranjera de los estudiantes de Ingeniería*

Siguiendo los lineamientos curriculares para las carreras de Ingeniería (Libro Rojo, CONFEDI

[Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina]) los cursos de lengua extranjera deben facilitar el desarrollo de las competencias de comprensión por parte de los alumnos—preferentemente en inglés. Por su parte, en la Declaración de ASIBEI (Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de

la Ingeniería) de Viña del Mar, sobre las Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano, en el inciso 7.b.6. se establece que estos profesionales sean capaces de comprender textos técnicos en idioma inglés.

1.2 *Los cursos de Inglés en la Facultad de Ingeniería de la UNSa*

En línea con los considerandos introducidos en el apartado 1.1, los cursos de Inglés en la Facultad de Ingeniería de la UNSa tienen por objetivo la lecto-comprensión de textos académico-científicos (escritos en la lengua meta). Esto significa que los alumnos no hacen una mera traducción de la información leída, sino que deben interpretar su valor comunicativo. Debido al bajo nivel de competencia lingüística en la lengua extranjera (L2) de los estudiantes que cursan el primer nivel de Inglés, se deben desarrollar temas léxico-gramaticales y discursivos derivados de los textos seleccionados para el desarrollo de la habilidad lectora. Pero paulatinamente, y especialmente durante el cursado del segundo nivel de Inglés, esperamos que nuestros alumnos puedan desarrollar estrategias de lecto-comprensión a fin de realizar una lectura fluida habiendo superado muchas de las dificultades propiamente lingüísticas que obstaculizaban su acceso a la interpretación del texto en las primeras etapas de su formación en L2 en los cursos de Inglés I. Para alcanzar esta meta, los miembros del Proyecto de Investigación CIUNSA N° 2.306 “La lecto-comprensión en inglés en la universidad: estrategias para la reconstrucción del significado del texto académico-científico a nivel micro y macro-estructural” (2017-2220) estamos trabajando en el diseño de materiales que mejoren la lectura de aquellos estudiantes que necesitan traducir el texto palabra por palabra pero no pueden acceder a la comprensión de su significado global.

1.3 *Objetivos de este trabajo*

Para el presente estudio, partimos de la premisa de que la eficacia en la lectura en lengua extranjera se alcanza cuando el lector puede emplear de manera automática y natural las reglas que inicialmente formaron parte de su conocimiento formal del sistema de la lengua. A partir de este enunciado, hemos trabajado en la

didactización de materiales de estudio que permitan a nuestros alumnos lograr el paso del conocimiento declarativo al conocimiento procedimental en lo que concierne a sus saberes lingüísticos de la L2. En este trabajo se darán a conocer la metodología seguida en la presente investigación, una breve introducción al marco teórico que la sustenta, y las observaciones y resultados sobre la implementación de actividades de lectura intensiva y extensiva en alumnos del curso de lecto-comprensión en Inglés II de modalidad semi-presencial, cuyos materiales están disponibles en la plataforma de aprendizaje virtual Moodle. Esta propuesta didáctica mediada por TIC procura que los estudiantes adquieran fluidez en la lecto-comprensión en lengua extranjera inglés (LEI).

2 METODOLOGÍA

2.1 *El modelo de investigación-acción*

Este estudio siguió la metodología de investigación-acción, que implica diagnosticar un problema inicial y desarrollar soluciones para resolverlo. Está orientada hacia el cambio y se considera adecuada para el campo de la enseñanza de lenguas. Kemmis y McTaggart (1988) sostienen que esta forma de investigación es llevada a cabo por los docentes de una clase y tiene por objetivo producir un cambio; de esta manera, se construye desde y para la práctica.

Si bien este modelo es a veces descripto como controversial si se lo compara con los paradigmas tradicionales de investigación; Patton (1990) considera que su formato permite “resolver problemas específicos dentro de un programa, organización o comunidad”. Por su parte, Hadley (1997) señala que en el ámbito de la educación, los problemas objeto de estudio derivan de situaciones específicas que atañen a una clase. Por lo tanto, este paradigma ha alcanzado una amplia adhesión entre investigadores que estudian dificultades en el proceso de aprendizaje-enseñanza de las lenguas, y que buscan soluciones y mejoras medibles y comprobables en las áreas de análisis. A partir de la identificación de un problema, la recolección de datos, y la formulación de una hipótesis, se crea un plan de trabajo a poner en práctica, para luego ser evaluado, a fin de determinar si ofrece una respuesta positiva a la dificultad detectada. En

este modelo, la creación de una teoría, tal como Widdowson (1993) la define en sentido amplio, consiste en la formulación de ideas y creencias explícitas y sistemáticas, que derivan de la reflexión estructurada de todas las fases del proceso de la investigación.

Acorde con los principios del modelo de investigación-acción, a través de métodos introspectivos y empíricos de recolección de datos, primeramente se detectaron las dificultades de un grupo de estudiantes; y a partir de su análisis, se diseñaron instrumentos que corrijan la situación inicial dado que, como afirma Nunan (1992), “la investigación-acción tiene como meta cambiar cosas y llevar a una mejora”.

2.2 Fases de la investigación

De observaciones percibidas informalmente a lo largo de la trayectoria docente en el área de la enseñanza de inglés con fines específicos, en particular, la comprensión lectora, las docentes de este equipo de trabajo sabemos de las dificultades de un número de alumnos en la lecto-comprensión de textos académicos en inglés. A fin de recolectar formalmente datos sobre la/s causa/s y, en caso de ser varias, cuáles y en qué grado afectan la lecto-comprensión, en la fase inicial se implementaron métodos cuantitativos y cualitativos de indagatoria. Su análisis sirvió de guía para la elaboración del material de intervención a fin de mejorar la habilidad de la lectura en los estudiantes meta.

Simultáneamente, se realizó un relevamiento de bibliografía actualizada en relación con estrategias de lectura y de aprendizaje de una lengua extranjera, el desarrollo de las destrezas lingüísticas en la teoría cognitiva de Anderson, y la optimización en el uso de los recursos de la plataforma Moodle.

En base a marcos teóricos arriba mencionados y de los datos recolectados a través de cuestionarios, entrevistas y evaluaciones de diagnóstico se procedió al diseño de materiales.

Estos materiales fueron subidos a la plataforma educativa Moodle a fin de proveer a los alumnos del curso de Inglés II de modalidad semi-presencial con práctica de lectura intensiva y extensiva.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Teorías lingüísticas del aprendizaje de una lengua extranjera

Desde el cognitivismo, se considera la adquisición de una lengua extranjera como una habilidad cognitiva compleja, la cual puede ser mejorada a través de la práctica de estrategias. Al respecto O'Malley & Chamot (1995) señalan que la práctica de estrategias “es efectiva para mejorar el rendimiento de los estudiantes en una amplia gama de tareas de lecto-comprensión y de resolución de tareas”. La literatura acerca de las estrategias de aprendizaje aplicables a la adquisición de una lengua extranjera surge como una necesidad de identificar cuáles son las características de los estudiantes exitosos. En este sentido, Naiman et al. (1996) identificaron técnicas o métodos empleados por estudiantes de una lengua extranjera en relación con cada una de las macro-habilidades. En lo referente a la lectura, ellos sugieren leer cualquier cosa (revistas, diarios, artículos profesionales, historietas) y todos los días; leer algo que sea de un tema familiar para el lector y de su interés; tratar de no interrumpir la lectura buscando palabras en el diccionario, y dejar subrayadas aquellas palabras cuyo significado no pueden inferir del contexto. Siguiendo a Anderson (1995), esta práctica sostenida de la lectura facilitaría el pasaje del conocimiento declarativo al conocimiento procedimental.

En su teoría, Anderson distingue dos tipos de conocimiento: a) el conocimiento declarativo— que es lo que sabemos acerca de algo—al cual describe como información estática en la memoria; y b) el conocimiento procedimental— que es el conocimiento de cómo hacer las cosas— al que lo considera como información dinámica en nuestra memoria.

En los cursos de lecto-comprensión en la universidad, el conocimiento declarativo es el que corresponde a la definición de palabras y a la enunciación de las reglas gramaticales o normas discursivas. Este tipo de conocimiento puede ser expresado lingüísticamente o “declarado”, en otras palabras, el contenido del conocimiento declarativo puede ser verbalizado. Por su parte, el conocimiento procedimental, es definido por O'Malley & Chamot (1995) como la “habilidad de entender y generar lengua, o aplicar nuestro

conocimiento de las reglas para resolver un problema”. A diferencia del conocimiento declarativo, o información fáctica—que puede adquirirse relativamente rápido en términos de tiempo (por ejemplo, el aprendizaje de una regla gramatical o el significado de una palabra)—el conocimiento procedimental es adquirido gradualmente y requiere de numerosas instancias de práctica. Es decir, es a través de la práctica regular y sostenida en el tiempo que el conocimiento declarativo se vuelve conocimiento procedimental. Las reglas aprendidas pasan al punto de ejecución automática a través del uso continuo. Por ejemplo, la adición del sufijo flexivo -er a un adjetivo, genera un adjetivo con valor de comparativo. Esta regla, que inicialmente forma parte del conocimiento declarativo del estudiante principiante de lengua extranjera inglés, a través de la práctica de la lectura en donde la exposición del alumno a tal exponente lingüístico (adjetivo + -er) es sostenida y repetida, se convierte en conocimiento procedimental, y el lector inmediatamente reconoce tal forma como un comparativo sin recurrir a la enunciación (declaración) de la regla. Dicho de otro modo, el conocimiento declarativo está unido a la regla, mientras que el conocimiento procedimental es de empleo automático. Desde esta perspectiva cognitivista, nuestro interés como docentes de cursos de lecto-comprensión en inglés es ayudar al estudiante a transitar ese pasaje.

Anderson (1995) reconoce tres fases en la adquisición de habilidades: a) la etapa cognitiva, b) la etapa asociativa, y c) la etapa autónoma. La etapa cognitiva constituye el camino de acceso a una lengua extranjera para la mayoría de los alumnos ya que el acceso a una L2 (segunda lengua/lengua extranjera) tiene lugar a través de una actividad consciente por parte del estudiante, quien aprende reglas gramaticales y memoriza vocabulario. Pero este conocimiento declarativo es inadecuado para el desempeño fluido y eficaz en la L2. En este sentido, es importante destacar que si bien los estudiantes de nuestros cursos aprenden reglas morfo-sintácticas, no les requerimos su memorización, sino que las presentamos desde el punto de vista de su valor funcional en el discurso. En la etapa asociativa se refuerza la aplicación de las reglas a situaciones comunicativas reales, y el alumno de la L2 es capaz de monitorear sus propios errores. Simultáneamente, reduce el número de

incorrecciones, pero aún recurre a los enunciados de las reglas en determinadas ocasiones. Finalmente, en la etapa autónoma, el esfuerzo consciente en el uso de la L2 disminuye notablemente. El alumno ha desarrollado la habilidad de usar la L2 con fines comunicativos. En el caso específico de la habilidad lectora, el lector comprende el texto casi sin necesidad de recurrir a un diccionario o tener que recordar reglas gramaticales como, por ejemplo, el ordenamiento de las palabras en una frase nominal, para acceder a su significado. A fin de facilitar la llegada de nuestros estudiantes de Inglés II de modalidad semi-presencial a este estadio, incluimos en la plataforma Moodle actividades que demandan la atención consciente de los estudiantes a una problemática gramatical o semántica (lectura intensiva), y tareas que requieren del procesamiento de la información de diferentes niveles de demanda cognitiva. Pero con el propósito de que los alumnos puedan aproximarse a la etapa autónoma, también incorporamos oportunidades de práctica de lectura extensiva, tal que retomando las técnicas o métodos descritos por Naiman et al. (1996) arriba enunciados, los estudiantes tengan algo para leer todos los días, y de un tema familiar.

3.2 *Los recursos Cuestionario y Foros de Moodle*

Si bien Moodle es una plataforma educativa de amplia circulación a la fecha, nos parece importante hacer una breve mención a los recursos más empleados para nuestros propósitos.

Una de las ventajas del recurso Cuestionario es que las preguntas o actividades que se formulan a los estudiantes son auto-evaluables, lo cual permite una retroalimentación inmediata. De este modo, en el caso de cometer errores, el alumno puede volver sobre ellos y reflexionar sobre su aprendizaje—lo que conlleva al desarrollo de la metacognición. Asimismo, la variedad de formatos de formulación de preguntas (arrastrar y soltar, descripción, ensayo, emparejamiento, respuestas incrustadas, opción múltiple, respuesta corta, numérica, verdadero/falso...etc.) brinda flexibilidad para el planteo de las actividades.

Por su parte, el Foro permite una comunicación asíncrona entre los miembros. En nuestros cursos, los foros son principalmente utilizados para que los alumnos hagan comentarios post-lectura de los

textos presentados, o compartan enlaces y opiniones sobre temas relacionados al t3pico de la lectura.

4 RESULTADOS

4.1 *La lectura intensiva y extensiva en la plataforma Moodle*

Cada unidad de trabajo en la plataforma Moodle consta de un texto aut3ntico para la pr3ctica de lectura de textos en ingl3s. Los textos fueron seleccionados teniendo en cuenta:

- la inclusi3n de una variedad de g3neros acad3micos: manuales especializados, art3culos de divulgaci3n, art3culos de difusi3n cient3fica;
- su complejidad l3xico-gramatical creciente,
- sus temas (vinculados con las 3reas de las Ingenier3as).

Para cada texto se incluyen:

- un ap3ndice l3xico gramatical en el que se describen aspectos morfo-sint3cticos y sem3nticos del ingl3s,
- y actividades de compresi3n que atienden aspectos micro-estructurales y macro-estructurales. Estas actividades est3n desarrolladas en los Cuestionarios de Moodle tal que los alumnos reciban un feedback inmediato a trav3s de la retroalimentaci3n dada por la plataforma para cada pregunta. Por su parte, en los Foros los estudiantes puedan construir colaborativamente sus conocimientos al interactuar con sus pares. Las actividades planteadas en los Foros son las que instan a los estudiantes a seguir leyendo m3s all3 los textos de estudio presentados. En ellas, se incluyen enlaces a sitios en ingl3s de inter3s general, y relacionados con sus 3reas disciplinares.

4.2 *El impacto de los materiales en la habilidad lectora de los estudiantes meta*

Para comprobar la eficacia de los materiales de estudio didactizados en Moodle, se triangul3ron los resultados obtenidos en las pruebas de diagn3stico con los de las pruebas de competencia lectora de la etapa final del curso. A

comienzos del curso, el promedio de velocidad lectora de los estudiantes era de 350 a 400 palabras en 2 horas, incluyendo el tiempo de resoluci3n de tareas con la ayuda de un diccionario biling3e. En cuanto a la eficacia en la resoluci3n de tareas, su promedio result3 ser de 69/100. Al final de las diecisiete semanas de instrucci3n, fueron capaces de leer textos que superaban las 600 palabras, y el promedio de rendimiento alcanzado fue de 78/100. Cabe destacar que si bien hubo desgranamiento de alumnos durante el cuatrimestre, los resultados finales fueron triangulados con los diagn3sticos de los mismos estudiantes que comenzaron y finalizaron el curso.

5 CONCLUSIONES

Este estudio examin3 la eficacia de una intervenci3n did3ctica de materiales para la mejora de la habilidad lectora en ingl3s en estudiantes de Ingenier3a con bajo nivel de competencia ling3ística inicial en la L2. Por un lado, las actividades de lectura intensiva desarrolladas en los Cuestionarios de la plataforma educativa Moodle, permitieron a los estudiantes afianzar sus conocimientos acerca del sistema de la lengua, poniendo foco en la resoluci3n de problemas ling3ísticos a nivel micro-estructural: aspectos sem3nticos y gramaticales, y su incidencia en el significado local. Por otra parte, otras actividades planteadas en los Cuestionarios permitieron a los alumnos la pr3ctica de estrategias cognitivas de diferente grado de complejidad que les facilitaron el acceso al significado del texto a nivel macro-estructural, atendiendo a la compresi3n de los temas presentados y su relaci3n con sus saberes disciplinares previos. Finalmente, a trav3s de la pr3ctica de lectura extensiva planteada en los Foros, se favoreci3 el pasaje del conocimiento declarativo al procedimental (en lo concerniente a aspectos formales del sistema de la lengua, por ejemplo, conocimiento de l3xico y de reglas gramaticales). As3, la eficacia y la velocidad lectora incrementaron en los estudiantes del curso de lecto-compresi3n de Ingl3s II, de modalidad semi-presencial de la Facultad de ingenier3a de la UNSa.

6 REFERENCIAS

- Anderson, J. R., *Cognitive psychology and its implications* (4th ed.), Freeman and Company. New York, EE.UU. 1995.
- Hadley, G., Action Research: Something for Everyone, *Classroom Teachers and Classroom Research*, 87-98, 1997.
- Kemmis, S. and R. McTaggart, *Cómo planificar la investigación-acción*, Laertes. Barcelona, España. 1988.
- Naiman, N. et al. *The Good Language Learner*, Multilingual Matters Ltd. Philadelphia, EE.UU. 1996.
- Nunan, D., *Research methods in language learning*, Cambridge University Press. Cambridge, UK. 1992.
- O'Malley, J. M. and A. U. Chamot, *Learning Strategies in Second Language Acquisition*, Cambridge University Press. Cambridge, UK. 1995.
- Patton, M.Q., *Qualitative evaluation and research methods* (2nd ed.), Sage Publications. California, EE.UU. 1990.
- Widdowson, H., Innovation in Teacher Development, *Annual Review of Applied Linguistics*, 260-275. 1993.

7 AGRADECIMIENTOS

Los docentes de la Cátedra de Inglés de la Facultad de Ingeniería de la UNSa agradecemos el asesoramiento brindado por el personal del Centro de Cómputos en relación con el funcionamiento de la versión de Moodle 3.3 y posteriormente 3.7, lo que nos permitió la migración de actividades de una versión anterior y desactualizada, a la vigente.

Comprensión del concepto de derivada de una función en un punto en alumnos de primer año de Ingeniería

Argüello, Mónica Adriana ¹; Herrera, Carlos G. ²

(1) Depto. de Formación Básica, Facultad de Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca. monicaarguello11@hotmail.com

(2) Depto. de Formación Básica, Facultad de Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca. cgherrera@tecno.unca.edu.ar

RESUMEN: La enseñanza del Calculo Diferencial en el nivel superior se enfrenta a un problema generalizado: los estudiantes escasamente comprenden sus ideas básicas, especialmente las relacionadas con la derivada. Se observan cantidades significativas de estudiantes que logran un dominio aceptable de los procedimientos algebraicos para calcular límites y derivadas, pero difícilmente comprenden el significado de estos conceptos. El objetivo de este trabajo es analizar los niveles de comprensión del concepto de derivada de una función, de acuerdo a la teoría APOE. Para ello es necesario desarrollar una descomposición genética del concepto en estudio, es decir un análisis de las construcciones mentales que el sujeto hace, conforme aprende el concepto matemático, en términos de lo que es observable. Se realizó un análisis con estudiantes de primer año de Ingeniería utilizando como instrumentos de recolección de datos un cuestionario consistente en una serie de ejercicios relacionados con el tema derivada, realizándose un análisis cualitativo de las producciones de los estudiantes. Los resultados más importantes muestran dificultades en encapsular el concepto de derivada de acuerdo a los niveles de comprensión definidos en esta teoría.

ABSTRACT: The teaching of Differential Calculus at the higher level faces a generalized problem: students scarcely understand their basic ideas, especially those related to the derivative. There are significant numbers of students who achieve an acceptable mastery of algebraic procedures to calculate limits and derivatives, but they hardly understand the meaning of these concepts. The objective of this paper is to analyze the levels of comprehension of the concept of derivative of a function, according to the APOE theory. For this it is necessary to develop a genetic decomposition of the concept under study, that is, an analysis of the mental constructions that the subject makes, as he learns the mathematical concept, in terms of what is observable. An analysis was made with first-year students of Engineering using as a data collection instrument a questionnaire consisting of a series of exercises related to the derived topic, making a qualitative analysis of the student's productions. The most important results show difficulties in encapsulating the concept of derivative according to the levels of comprehension defined in this theory.

Palabras Claves: Derivada, Comprensión, APOE

Keywords: Derivate, Comprehension, APOS

1 INTRODUCCIÓN

El proceso de enseñanza y aprendizaje del Calculo Diferencial en el nivel superior se enfrenta a un problema generalizado ya que los estudiantes presentan dificultades en la comprensión de sus ideas básicas, especialmente las relacionadas con el concepto de derivada de una función en un punto. Las evidencias mostradas en investigaciones y nuestra experiencia en la Cátedra de Análisis Matemático

I correspondiente a las Carreras de Ingenierías de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCA reflejan que, al terminar de cursar la asignatura, en general, los estudiantes logran un

dominio aceptable de los algoritmos algebraicos para calcular límites y derivadas, observándose dificultades de orden conceptual. Incluso no logran reconocer las ideas asociadas al concepto de derivada en la resolución de problemas relacionados con la rapidez de la variación de la

posición respecto del tiempo, a pesar de que en problemas de este tipo se encuentra la esencia de este concepto.

En este sentido diversas investigaciones confirman las dificultades en la comprensión del concepto en estudiantes ingresantes al nivel universitario. (Vega Urquieta, Carrillo Andrade y Soto Andrade, 2014) analizan el aprendizaje del concepto de derivada según el modelo APOE y resultados salientes muestran que, si el concepto de derivada en un punto no es comprendido a nivel de Acción, los estudiantes tienen dificultades para extenderlo y transitar a un nivel superior de comprensión e interpretar el concepto geoméricamente. En el mismo sentido (Amaya, Rojas y Ballen, 2009), detectan la tendencia a reducir el concepto de derivada a las operaciones algebraicas en desmedro de lo conceptual. Berry y Nyman (2003) confirman que al comienzo de la actividad los estudiantes demuestran una visión simbólica algebraica del cálculo y les resulta difícil establecer conexiones entre las gráficas de una función derivada y la función misma. Estos trabajos tienen en común el diagnóstico, en diferentes contextos de las dificultades en la comprensión de la derivada, como un concepto matemático más que una serie de secuencias algebraicas.

La Cátedra de Análisis Matemático I pertenece al Ciclo Básico de las Carreras de Ingenierías en Informática, Agrimensura, Electrónica y Minas de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, tiene una carga horaria semanal de 6 horas Teóricas – Prácticas. Los contenidos mínimos de la materia son: Números reales. Funciones reales de una variable real. Límite de funciones reales. Continuidad. Derivación. Comportamiento de las funciones y de sus gráficas, valores extremos y aproximaciones. Derivación numérica. La diferencial y la antidiferencial. Técnicas de integración. La integral definida. Aplicación de la integral definida. Integración numérica. Formas indeterminadas. Integrales impropias y fórmula de Taylor. Sucesiones y series numéricas reales. Series de potencias.

En función de lo analizado precedentemente se planteó como objetivo de la investigación analizar, en alumnos de primer año de ingeniería, los niveles de comprensión del concepto de derivada de una función en un punto, de acuerdo a la teoría APOE.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Teoría APOE

Esta investigación está fundamentada en la teoría APOE (Acción, Proceso, Objeto, Esquema) Dubinsky & McDonald (1991). El proceso de investigación, en esta teoría, conlleva el realizar un modelo cognitivo mediante el cual un estudiante puede construir un concepto matemático, llamado descomposición genética. Esta consiste en una hipótesis, sobre una descripción detallada de las construcciones que los estudiantes pueden hacer para aprender un concepto. La descomposición genética se pone a prueba con los estudiantes y los datos que se obtienen, se pueden emplear para refinarla, a fin de dar cuenta de mejor manera de las construcciones de los estudiantes al aprender dicho concepto (Dubinsky & McDonald, 1991), y también se puede utilizar como una guía, en el diseño de material didáctico.

En ese sentido, el conocimiento matemático de un individuo, es su tendencia a responder a las situaciones problemáticas, reflexionando sobre ellas y construyendo o reconstruyendo acciones, procesos y objetos matemáticos y organizarlos en esquemas, a fin de manejar las situaciones (Dubinsky, 1996). Se mencionan las estructuras mentales denominadas: acción, proceso, objeto y esquema, que constituyen la parte primordial de esta teoría.

Una acción consiste en una transformación de un objeto, que es percibida por el individuo como externa, y se realiza como una reacción a sugerencias que proporcionan detalles de los pasos por seguir (Asiala, M., Brown, A., DeVries, D. J., Dubinsky, E., Mathews, D., & Thomas, K, 1996). Cabe recalcar que la construcción de acciones viene a ser crucial al inicio de la construcción de un concepto.

Cuando una acción, o una serie de acciones se repiten y el individuo reflexiona sobre ellas, se puede interiorizar en un proceso (Asiala et al, 1996). Así, el individuo puede pensar en un concepto en términos generales y no precisa de hacer cálculos explícitos. Este sujeto, también es capaz de incorporar estas acciones a su conocimiento, y decide llevarlas a cabo por su propia cuenta, sin necesidad de indicaciones externas.

Cuando un individuo reflexiona sobre las operaciones aplicadas a un proceso como un todo,

realiza las transformaciones, ya sean acciones o procesos, que pueden actuar sobre él y puede construir de hecho esas transformaciones, entonces, ha logrado encapsular este proceso en un objeto (Asiala et al., 1996).

Con respecto al logro del último nivel, denominado esquema, se puede decir que un esquema para un concepto en matemática, es una colección coherente de acciones, procesos y objetos y otros esquemas relacionados entre sí, consciente o inconscientemente en la mente de un individuo, que se pueden utilizar en una situación problemática, que tiene relación con ese concepto matemático (Trigueros, 2005).

Los autores consideran que el desarrollo de un esquema es un proceso dinámico y cambiante. Piaget y García (1982) proponen que el crecimiento conceptual está determinado por un mecanismo seguro y este envuelve tres niveles o etapas, que denominaron triada. Afirman, que la naturaleza de esta triada es funcional, no estructural, y lo que les interesa describir son los aspectos psico- dinámicos generales. Los niveles definidos en la triada, los cuales ocurren en un orden fijo son: intra, inter y trans, a continuación detallamos cada uno de ellos:

Nivel Intra: plantea que en este nivel los eventos particulares u objetos son analizados en términos de sus propiedades las explicaciones en este nivel son locales y particulares. Un objeto en el nivel intra no puede ser reconocido por el estudiante como debería ser y su forma es similar a la de una generalización simple.

Nivel Inter: Los estudiantes usan, comparan y reflexionan sobre ideas que ellos tienen asiladas y esto les lleva a construir relaciones y transformaciones Baker, B., Cooley, L. Y Trigueros, 2000). En este nivel los estudiantes pueden establecer relaciones y pueden deducir de una operación inicial, una vez la tienen comprendida, otras operaciones que están implicadas o que pueden coordinarse con operaciones similares.

Nivel trans: El estudiante reflexiona sobre estas coordinaciones y relaciones desarrollando nuevas estructuras. A través de la síntesis de las transformaciones en el nivel inter, el estudiante construye y tiene conciencia de que el esquema está completo, y puede percibir nuevas propiedades globales que eran inaccesibles en otros niveles anteriores (Baker et al, 2000).

2.2 Descomposición Genética

Esta teoría propone la búsqueda de la reflexión por parte de los individuos a la hora de aprender y comprender los conceptos matemáticos más que la memorización acrítica de técnicas y algoritmos independientemente del grado de sofisticación que tengan estos, Badillo (2003).

La descomposición genética según Badillo (2003), es el eje de la aplicación de la Teoría APOE en estudios sobre la comprensión de objetos matemáticos porque permite estructurar el concepto matemático, orienta la organización del contenido a enseñar y el diseño de actividades y tareas que contribuyan a la construcción de las estructuras que se busca que los estudiantes desarrollen. Además es el punto de partida para la construcción de unidades didácticas.

Asiala et al (1996), plantea que la descomposición genética de un concepto matemático es un conjunto estructurado de constructos mentales, los cuales pueden describir cómo el concepto puede ser desarrollado en la mente del individuo.

Badillo y Azcarate (2002) señalan que la descomposición genética introduce al profesor en una reflexión epistemológica y didáctica del concepto, que permite, cuestionar y mejorar la comprensión que tiene del concepto, usar y organizar dicho conocimiento en la estructuración de la enseñanza del mismo, orientar el aprendizaje de los estudiantes hacia los procesos de construcción y reconstrucción de los conceptos matemáticos que espera que sus estudiantes desarrollen.

Azcárate y Camacho (2003) sugieren que para la elaboración de una propuesta de una descomposición genética determinada, se considera que la comprensión de un concepto matemático comienza con la manipulación de objetos físicos o mentales, previamente construidos, para formar acciones; entonces las acciones se interiorizan para formar procesos, los cuales se encapsulan para formar objetos. A su vez los objetos pueden ser desencapsulados hacia los procesos a partir de los cuales fueron formados. Finalmente las acciones, procesos y objetos pueden ser organizados en esquemas. Las construcciones son las Acciones, los Procesos, los Objetos y los Esquemas, mientras que los mecanismos para hacer esas construcciones son las siguientes: interiorización, coordinaciones, reversiones, encapsulaciones y des-

encapsulaciones. En definitiva, con los conceptos de acción, proceso, objeto, esquema y los mecanismos de construcción se describe lo que se denomina la descomposición genética de un concepto.

En el estudio que se muestra, la descomposición genética será un pilar fundamental puesto que permitirá hacer un análisis teórico del objeto matemático, y activará la reflexión por parte de los docentes en función de mejorar y orientar su actuación en las aulas de clases desde el punto de vista cognitivo y didáctico.

Son los investigadores quienes proponen, basados en su experiencia en el aula, una descomposición genética del concepto por estudiar; posteriormente, a través de la propia investigación, dicha descomposición se refina de modo que dé cuenta de mejor manera de lo que se observa que hacen los estudiantes cuando trabajan con ese concepto. Es importante aclarar que no puede hablarse dentro de esta teoría de la descomposición genética de un concepto, pues ésta depende de la formulación que ha hecho el investigador. Pueden coexistir varias descomposiciones genéticas de un mismo concepto. Lo que es importante es que cualquier descomposición genética de un concepto sea un instrumento que dé cuenta del comportamiento observable del sujeto. Trigueros (2005)

2.3 Propuesta Inicial de Descomposición Genética

En la investigación se toman como referencia las descomposiciones de Badillo (2003), Asiala et al. (1997) que sugieren que hay dos trayectorias que se relacionan entre sí, gráfica y analítica, a partir de las cuales se construye el concepto de derivada.

1 a) *Acción* de trazar la recta secante a una curva que pasa por dos puntos P Y Q.

1 b) *Acción* de obtener analíticamente la pendiente de la recta secante que pasa por dos puntos.

2 a) *Interiorización* de la acción 1 a) en un proceso, de trazar la recta secante a una curva que pasa por dos puntos P y Q, que se convierte en recta tangente cuando Q se aproxima a P.

2 b) *Interiorización* de la acción 1 b) en un proceso, obteniendo analíticamente la pendiente de la recta tangente a través del cálculo del límite del cociente incremental.

3) *Coordinación* de los procesos 2 a) y 2b) para obtener la derivada de una función en un punto.

4) *Encapsulado* de 3) en un objeto para interpretar la derivada de una función en punto como la pendiente de la recta tangente en dicho punto.

5) Interpretación gráfica del objeto $f'(x)$

6) Interpretación gráfica de la derivada como función

7) Coordinar varias interpretaciones de la función derivada.

3 METODOLOGÍA

El estudio está enmarcado en uno de tipo cuantitativo - cualitativo. Se seleccionó como muestra a 30 alumnos de Primer Año de Ingeniería de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCA, cuya selección se realizó teniendo en cuenta la asistencia a las clases de Trabajos Prácticos de los alumnos con porcentaje de asistencia mayor al 80 %. La metodología de recolección y análisis de la información se desarrolla a través de un instrumento con cinco actividades, referidas al concepto de pendiente de la recta tangente, derivabilidad, el concepto de velocidad y aceleración; y aplicación de las reglas de derivación, o sea referido al concepto de derivada de una función en un punto. Se aplicó el instrumento de recolección de datos durante el cursado de la asignatura Análisis Matemático I.

A continuación se presenta el Instrumento con las actividades propuestas:

Actividad 1: Encuentre la ecuación de la recta tangente a la curva en $x=1$, usando la definición. Grafique la función y la recta tangente.

$$f(x) = x^2 - 6x + 8$$

El objetivo de la actividad 1 es analizar si coordinan analítica y gráficamente la definición de pendiente de la recta tangente en un punto.

Actividad 2: Observe la siguiente gráfica, determine los valores de x donde f no es derivable, justifique su respuesta. Figura 1.

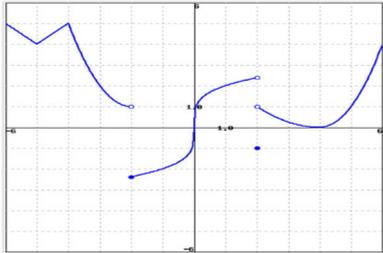


Figura 1: Corresponde a la Actividad 2 del instrumento de recolección de datos

El objetivo de la actividad 2 es analizar si el alumno reconoce cuando una función no es derivable en un punto y lo justifica conceptualmente, especialmente como un límite de acuerdo al apartado 2b de la descomposición genética propuesta.

Actividad 3: La ecuación de movimiento de una partícula está dada por: $s(t) = 3t^3 - 18t^2 + 27t$ donde s está en metros y t en segundos. Encontrar la velocidad en el instante $t=2$ s y la aceleración en $t=4$ s.

El objetivo de la actividad 3 es reconocer si aplican el concepto de primera y segunda derivada relacionando el mismo con la definición de velocidad y aceleración, una aplicación del concepto a situaciones no matemáticas.

Actividad 4: Encontrar la derivada de la siguiente función: $f(x) = \frac{1-\sec x}{\tan x}$

Actividad 5: Obtener la derivada de la siguiente función aplicando Regla de la Cadena.

$$f(x) = \sqrt{\frac{x^2+2}{x^2-2}}$$

El objetivo de las actividades 4 y 5 es analizar si los alumnos manejan algebraicamente las reglas de derivación.

4 RESULTADOS

En base a las actividades propuestas se obtienen los siguientes resultados los cuales se muestran en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1: Frecuencias de respuestas a las actividades del Instrumento de Recolección de Datos

CATEGORIA DE RESPUESTAS	ACTIVIDAD				
	A1	A2	A3	A4	A5
CORRECTO	17	13	19	16	12
PARC. CORRECTO	8	13	6	-	-
INCORRECTO	2	4	4	2	3
NO RESPONDE	3	0	1	12	15
TOTAL	30	30	30	30	30

Resultados sobre concepto de pendiente de la recta tangente (A1): Determinan correctamente diecisiete alumnos. Resuelven en forma parcialmente correcta ocho alumnos, los cuales encuentran la pendiente de la recta tangente y su ecuación pero la gráfica es incorrecta; y en otros casos determinan correctamente la pendiente de la recta tangente pero no obtienen la ecuación de la recta, ya que no advierten que dado el valor de $x = a$ pueden encontrar $f(a)$ para determinar la ecuación de la recta. No aplican correctamente el concepto de pendiente de la recta tangente dos alumnos. Tres alumnos no responden.

Resultados sobre Derivabilidad (A2): Resuelven correctamente la situación planteada trece alumnos. Resuelven en forma parcialmente correcta trece alumnos, los cuales identifican los puntos donde no es derivable la función pero no justifican correctamente, y en otros casos no reconocen todos los puntos donde la función no es derivable. (Por ejemplo no advierten que la función no es derivable en $x = 0$)

Resultados sobre velocidad y aceleración (A3): Resuelven correctamente la situación diecinueve alumnos. Seis alumnos encuentran la función velocidad y aceleración correctamente pero cometen errores de cálculo al reemplazar por el valor de t . No obtiene correctamente cuatro alumnos mientras que un alumno no responde.

Resultados sobre aplicación reglas de derivación (A4): Dieciséis alumnos resuelven correctamente la situación, mientras que dos no aplican correctamente las reglas de derivación, y doce alumnos no responden.

Resultados sobre aplicación regla de la cadena (A5): Doce alumnos aplican correctamente la regla de la cadena, mientras que tres no lo hacen correctamente y quince no responden.

De acuerdo a los rasgos característicos del nivel intra definidos por Amaya, Rojas y Ballen (2009) se obtienen los siguientes resultados:

Correspondiente al esquema algebraico de la derivada: cuatro alumnos resuelven correctamente la actividad 1 al encontrar la pendiente de la recta tangente aplicando la definición, pero no obtienen la ecuación de la recta tangente, ya que no advierten que dado el valor de $x = a$ pueden encontrar $f(a)$ para determinar la ecuación de la recta. Con respecto al esquema gráfico de la derivada: de los alumnos que resuelven parcialmente correcto el ejercicio 1, cuatro de ellos determinan correctamente la pendiente de la recta tangente utilizando la definición y obtienen la ecuación de la recta tangente, pero tienen dificultades en la obtención de la gráfica de la función.

De acuerdo a los rasgos característicos del nivel inter definidos por Amaya et. al (2009) se obtienen los siguientes resultados:

Correspondientes al esquema algebraico de la derivada: se observa que diecisiete de los alumnos coordinan la parte analítica con la gráfica, ya que obtienen correctamente la pendiente de la recta tangente aplicando la definición y determinan su ecuación y la gráfica de la función.

Como el análisis realizado se basa en un estudio preliminar, sobre el concepto de derivada y pendiente de la recta tangente. El nivel trans, será posible analizar cuando se desarrolló la Unidad correspondiente a comportamiento de funciones y sus gráficas, donde los alumnos podrán complementar el concepto de derivada con el estudio de máximos y mínimos de funciones, utilizando el criterio de la primera y segunda derivada.

Se observan algunas dificultades en diez alumnos, con respecto al esquema algebraico, ya que analíticamente no determinan correctamente la pendiente de la recta tangente o su ecuación y en otros casos con respeto al esquema gráfico, tienen problemas para obtener la gráfica de la función y la recta tangente en el punto dado. De estos diez alumnos solo dos alumnos presentaron dificultades tanto analíticamente como gráficamente.

5 CONCLUSIONES

Con respecto al concepto de pendiente de la recta tangente se observa que la mayoría de los alumnos coordinan la parte analítica con la gráfica, ya que obtienen correctamente la pendiente de la recta tangente aplicando la

definición y determinan su ecuación y la gráfica de la función.

En relación al concepto de derivabilidad de una función en un punto, de los resultados se observa que en general los alumnos interpretan gráficamente y logran justificar correctamente porque una función no es derivable en determinados valores de x , aunque un grupo de alumnos reconoce los puntos donde una función no es derivable, pero no saben justificar la respuesta y otros no advierten que en $x = 0$ la función no es derivable.

No presentan dificultades para calcular la velocidad y la aceleración ya que aplican correctamente el concepto de primera y segunda derivada de una función, solo en algunos casos comenten errores de cálculo al reemplazar el valor de t en la función velocidad y/ o aceleración.

Se observa que presentan mayores dificultades en la aplicación de la Regla de la cadena, que en resolver la derivada de un cociente aplicando las reglas de derivación. El alumno no tiene dificultad en seguir una regla de derivación, pero al resolver la derivada de una función compuesta, donde debe advertir la aplicación de la Regla de la cadena que requiere de la asociación de conceptos, se observaron dificultades en la resolución.

En función de lo señalado en resultados podemos concluir que un grupo de diecisiete alumnos ha logrado encapsular el concepto de derivada de una función en un punto. Mientras que diez alumnos presentaron dificultades para coordinar la parte analítica con la gráfica, con lo cual podemos decir que estos alumnos no lograron encapsular el concepto en estudio.

REFERENCIAS

- Amaya, C. S., Rojas, H. D., & Ballen, M. B. Descripción de niveles de comprensión del concepto derivada. *Tecné Episteme y Didaxis TED*, (26).2009
- Asiala, M., Brown, A., DeVries, D. J., Dubinsky, E., Mathews, D., & Thomas, K. A framework for research and curriculum development in undergraduate mathematics education. *Maa Notes*, 37-54.1996

- Azcárate, C. y Camacho, M. Sobre la Investigación en Didáctica del Análisis Matemático. *Boletín de la Asociación Matemática Venezolana*, 10 (2), 135-149.2003
- Badillo, E. La derivada como objeto matemático y como objeto de enseñanza y aprendizaje en profesores de matemáticas de Colombia. Universitat Autònoma de Barcelona.2003
- Badillo, E., y Azcárate, C. Conocimiento profesional de profesores de Matemática de secundaria. Las relaciones entre Derivada y Velocidad en la enseñanza del Cálculo Diferencial. Primeres Jornades d' Educació Matemàtica de Catalunya, Mataró Barcelona.2002
- Baker, B., Cooley, L. Y Trigueros, M. A Calculus Graphing Schema. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31, pp. 1-23.2000
- Berry, J. S., & Nyman, M. A. Promoting students' graphical understanding of the calculus. *The Journal of Mathematical Behavior*, 22(4), 479-495. 2003
- Dubinsky, E. McDonald. M. APOS: A Constructivist Theory of Learning in Undergraduate *Mathematics Education Research*. New ICMI Study Series.1991
- Dubinsky, E. Aplicación de la perspectiva piagetiana a la educación matemática universitaria. *Educación matemática*, 8(3), 24-41. 1996
- Piaget, J., & García, R. *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Siglo xxi.1982
- Sánchez-Matamoros, G., García, M., & Llinares, S. La comprensión de la derivada como objeto de investigación en didáctica de la matemática. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 11(2), 267-296. 2008
- Trigueros, M. La noción de esquema en la investigación en matemática educativa a nivel superior. *Educación matemática*, 17(1), 5-31. 2005
- Urquieta, M., Yañez, J. C., & Andrade, J. S. Análisis según el modelo cognitivo APOS* del aprendizaje construido del concepto de la derivada. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 28(48), 403-429.2014

La competencia resolución de problemas: una experiencia en primer año de Ingeniería

Arias, Mirta¹; Busab, Silvia¹; Nahas, Analía¹; Martín, Mariela¹ y Jimenez, Lina¹

(1) *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*
marias@herrera.unt.edu.ar; sbusab@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN: Este trabajo es un aporte del grupo de investigación que integran las autoras, a la Resolución de Problemas (RP) desde una mirada del campo de las competencias. La RP está inmersa en el proceso de aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral, contenidos principales de las asignaturas Cálculo I y Cálculo II de las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. La RP implica la capacidad de identificar y analizar situaciones problemáticas cuyo método de solución no se vislumbra de manera inmediata. Incluye la disposición de los estudiantes a involucrarse en dichas situaciones con el fin de lograr su pleno potencial como seres constructivos y reflexivos. Con un gran convencimiento de poder aportar al desarrollo de la Competencia RP y sus transversales en los estudiantes, se diseñó un encuentro de trabajo con una metodología de Taller para promover la participación grupal de los alumnos y la adquisición de habilidades tales como el pensamiento reflexivo, el creativo, el analógico, el práctico, el deliberativo y la comunicación verbal y escrita. Se describe el Taller en sus etapas y así mismo los resultados obtenidos mediante registros de los docentes y una encuesta a los estudiantes.

ABSTRACT: This paper is a contribution made by the research team composed by the authors, to the Problem Resolution (PR) from the viewpoint of the competence field. The PR is immersed in Differential and Integral Calculus learning process, main content of the subjects Calculus I and Calculus II of the Engineering studies of the Faculty of Exact Sciences and Technology. The PR implies the ability to identify and analyze problematic situations whose resolution method is not glimpsed immediately. It includes the students' disposition to get involved in these situations with the purpose of achieving their full potential as constructive and reflective beings. With great conviction of being able to contribute to student development of the PR Competence and its transversal ones, a work meeting with a workshop methodology was designed in order to promote the creative, analogical, practical, deliberative thinking, as well as verbal and written communication. The workshop is described by its stages and also the results obtained through teachers' record and a student survey.

Palabras claves: Competencias, Resolución de Problemas, Taller

Keywords: Competence, Problem Resolution, Workshop

1 INTRODUCCIÓN

Con el surgimiento de las tecnologías de la información y la comunicación, la humanidad ha logrado desarrollar un nivel y cantidad de conocimientos sin precedente en la historia, de modo que para lograr que el conocimiento ocupe el papel indicado se requiere el desarrollo de competencias, que potencien una capacidad adaptativa al entorno generado en los últimos años. Sólo mediante el desarrollo de las competencias se podrá estimular la creatividad y

la innovación para enfrentar los retos planteados por dicho entorno.

Se deben direccionar todos los esfuerzos hacia el desarrollo de las competencias de cada persona, donde su desempeño permita utilizar los recursos existentes, materiales y tecnológicos, físicos e intelectuales, y sea capaz de conocer, interpretar y transformar la realidad, lo que implica estimular la creatividad, la imaginación, el pensamiento divergente, para resolver los problemas que se plantean, o se proyectan en el contexto actual y futuro.

El ingeniero debe abocarse a proponer respuestas a los problemas y a las necesidades que se enfrenta en las nuevas condiciones en que se vive, por lo que requiere movilizar toda la experiencia acumulada, los saberes de los distintos dominios de conocimiento, de las capacidades de acción, de interacción, para generar un modelo que integre saberes, acciones de interacción social y de autoconocimiento, desde una perspectiva integral y dinámica. De ahí la necesidad de las competencias.

La resolución de problemas implica la capacidad de identificar y analizar situaciones problemáticas cuyo método de solución no resulta obvio de manera inmediata. Incluye también la disposición a involucrarse en dichas situaciones con el fin de lograr su pleno potencial como seres constructivos y reflexivos.

La capacidad de resolver problemas es una habilidad muy preciada en muchos aspectos de nuestras vidas y es sin duda, una parte importante del Cálculo Diferencial e Integral que es el contenido de las asignaturas de Cálculo I y Cálculo II de las carreras de ingeniería de la FACET.

Este trabajo es un aporte del grupo de investigación que integran las autoras a la resolución de problemas desde una mirada del campo de las competencias.

2 MARCO TEÓRICO

Dentro del marco teórico de este trabajo consideramos cuatro aspectos fundamentales: constructivismo y competencias, Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) y competencias, Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) y resolución de problemas propiamente dicho.

2.1 *Constructivismo y competencias*

El constructivismo es una corriente pedagógica, que postula la necesidad de entregar al estudiante las herramientas necesarias (generar andamiajes) que le permitan construir sus propios procedimientos para resolver una situación problemática, lo que implica que sus ideas puedan verse modificadas y siga aprendiendo.

El constructivismo propone un paradigma donde el proceso de enseñanza se percibe y se lleva a cabo como un proceso dinámico, participativo e

interactivo del sujeto, de modo que el conocimiento sea una auténtica construcción operada por la persona que aprende (por el sujeto cognoscente).

Desde el constructivismo puede crearse un contexto favorable al aprendizaje, con un clima de motivación, de cooperación, donde cada alumno reconstruye su aprendizaje con el resto del grupo. Así, el proceso del aprendizaje prima sobre el objetivo curricular. En consecuencia la teoría mencionada subyacerá en nuestras aulas que tienen que enfrentar al aprendizaje como logro de competencias.

En efecto, "la rapidez en los cambios de la vida actual, incluyendo aquellos que se relacionan con el advenimiento de nuevas tecnologías y la globalización, son grandes desafíos para la educación en el logro de competencias" y no tanto de la adquisición de conocimientos.

Por esta razón, a finales de 1997, se inició el Proyecto DESECO (Definición y Selección de Competencias) con el fin de brindar un marco conceptual firme que sirva para la identificación de competencias claves y, el fortalecimiento de las encuestas internacionales que miden el nivel de competencia de jóvenes y adultos. Este proyecto, realizado bajo el liderazgo de Suiza y conectado con el Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA) reunió a expertos de una amplia gama de disciplinas para elaborar un marco relevante para las políticas educativas de distintos países, desde América del Norte y del Sur hasta Europa y el Pacífico Asiático incluyendo a los países más avanzados del mundo, pero también a emergentes como México y Chile. El proyecto reconoció la diversidad de valores y prioridades a largo de países y culturas, pero identificó también desafíos universales de la economía global y la cultura, así como valores comunes que informan sobre la selección de las competencias más importantes.

Se considera que el término "competencia" se refiere a una combinación de destrezas, conocimientos, aptitudes y actitudes, y a la inclusión de la disposición para aprender a aprender. Una competencia presenta, por tanto, una estructura interna con tres componentes (cognitivo, afectivo-relacional y meta-cognitivo) que responden a los tres grandes tipos de conocimiento (explícito, causal e implícito).

Cuando DeSeCo formula las competencias fundamentales opta de manera bastante explícita, por recurrir al constructivismo como el enfoque

educativo que mejor se adapta a los procesos de construcción de las competencias, explicitando la existencia de dos razones. En primer lugar, porque los profesores ya no imparten conocimientos a los alumnos, sino que les ayudan en su construcción mediante procesos de interacción–interactividad y, en segundo lugar, porque el enfoque constructivista de la educación acentúa la importancia del contexto para un eficaz y eficiente desarrollo de los procesos de aprendizaje.

Por tanto, para explicar estos procesos, hemos de tener en cuenta cuatro elementos centrales del proceso: el sujeto que aprende, el profesor que enseña, el contenido que se aprende y la finalidad del aprendizaje. Profesor–alumno–contenido–meta se constituyen así en un todo indisoluble a la hora de explicar y analizar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

2.2 CONFEDI y competencias

El mundo está en un continuo cambio, y la sociedad actual exige más a los ingenieros, no sólo exige la formación profesional (el “saber”), sino también, el “saber hacer”. Esto es asumido así por las universidades a partir de la Declaración de Bolonia de 1999 y la declaración de “la educación como un servicio público” de la Convención de Salamanca de 2001.

La formación de profesionales basada en la enseñanza como simple esquema de transferencia de conocimientos que el alumno oportunamente sabrá abstraer, articular y aplicar eficazmente, se está desvaneciendo. La sociedad propone ver al ingeniero como un ser que ha desarrollado un conjunto de competencias, capaz de ejercer su profesión en la realidad que lo rodea.

En particular en Argentina, y en el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería, CONFEDI, “hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo”.

En este contexto, CONFEDI, concluye en la importancia de contar con una referencia en

cuanto a las competencias que se deberían desarrollar en los graduados de ingeniería en Argentina. En octubre de 2006, se suscribió el documento que sintetiza las Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Este acuerdo orienta a las facultades de ingeniería en la definición de sus procesos de enseñanza aprendizaje tendientes al desarrollo de competencias en sus alumnos y, en el año 2009, acuerda sobre las Competencias requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios que orienta a la educación de nivel medio respecto de las competencias que deberían desarrollar en sus alumnos, previendo su continuidad en los estudios en el ámbito universitario.

Para definir lineamientos que contribuyan a caracterizar al Ingeniero Iberoamericano y a orientar a las facultades de la región en el proceso de formación, en noviembre de 2013, en Chile, la Asamblea General de la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería adopta como propia la síntesis de competencias genéricas de egreso acordadas por CONFEDI, permitiendo procesos de búsqueda y definición de los propios perfiles en cada país, la integración regional y los acuerdos de movilidad e intercambio académico entre las universidades.

¿Cómo se pueden clasificar las competencias para su mejor tratamiento? Competencias genéricas: son las vinculadas a las competencias profesionales comunes a todos los ingenieros. Competencias específicas: son las competencias profesionales comunes a los ingenieros de una misma terminal. Dentro de las competencias genéricas se seleccionó la de Resolución de Problemas como tema central de este grupo de investigación y aporte del ciclo básico a la formación del ingeniero. Además, se tuvo en cuenta que la competencia elegida es importante ya que promueve también el pensamiento reflexivo, el creativo, el analógico, el práctico, el deliberativo y la comunicación verbal y escrita.

2.3 CONEAU y resolución de problemas

La Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) es un organismo público argentino dependiente de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación, encargado de la evaluación de las universidades públicas y privadas y la acreditación de sus respectivas

carreras de grado y posgrado y de sus correspondientes títulos.

Para acreditar las carreras se aplican estándares fijados por el Ministerio de Educación, que tienen en cuenta: contenidos curriculares básicos, carga horaria mínima y criterios de la formación práctica. Un decreto dispone que la acreditación constituya una condición necesaria para el reconocimiento oficial y consecuente validez nacional del título por parte del Ministerio de Educación, entendiéndose por acreditación un proceso de evaluación de la calidad académica, complementario de la evaluación institucional y dirigida a su mejoramiento que tiene objetivos exclusivamente académicos.

También la CONEAU ha destacado la importancia del tema expuesto en el trabajo, al colocar en la Ficha Curricular bajo el nombre “Modalidad de la enseñanza” un ítem específico para consignar la carga horaria dedicada a la resolución de problemas. Más aún, en el punto Resolución de problemas de ingeniería dice: *Los componentes del plan de estudios deben estar adecuadamente integrados para conducir al desarrollo de las competencias necesarias para la identificación y solución de problemas abiertos de ingeniería. Se define como problema abierto de ingeniería aquellas situaciones reales o hipotéticas cuya solución requiera la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías.* (CONEAU, 2002).

Continuando el análisis de los documentos antes citados, aparecen otras especificaciones que acompañan las ya conocidas caracterizaciones de los problemas de ingeniería como problema abierto y de estándar de calidad. En las pautas de acreditación, en el título Objetivos de la Acreditación se señala en primer término: *Identificar, evaluar y resolver problemas de ingeniería con creatividad o innovación dentro de los límites de su propio conocimiento.*

2.4 Resolución de Problemas

Aunque en general se considera que la capacidad para resolver problemas es un tema más bien matemático, hay plena conciencia entre los docentes que estas habilidades permiten a los estudiantes una formación integral que los capacita para enfrentarse a situaciones de diferente índole. Existen concepciones erróneas sobre lo que significa resolver un problema. La mayor parte de las veces se piensa que es

equivalente a resolver ejercicios ya discutidos en clase, reproduciendo los algoritmos y explicaciones entregadas en el aula; sin embargo implica un tipo de actividad mental de mayor exigencia. La resolución de problemas ha sido un tema ampliamente debatido a lo largo de la historia de la pedagogía, que además goza de una permanente renovación, ya que representa un área importante dentro de los planes y programas educativos, y que no siempre está claramente expuesto.

El aprendizaje por competencias es el enfoque que está en el centro de la política educativa en todos los niveles y concuerda con diversos proyectos internacionales como ejemplo “Tuning”. Además, constituye la base fundamental para orientar el currículo, la docencia, el aprendizaje y la evaluación, desde un marco de calidad.

Por lo anterior se propone la Teoría de Resolución de Problemas planteadas por Polya (1965), Shoenfeld (1985), Brousseau (1986) y Guzmán (2006) como una estrategia metodológica creadora de conocimiento y que potencia el desarrollo de competencias en los estudiantes preuniversitarios y universitarios.

En el año 2006 fue publicado el Informe del Progreso Educativo en América Latina que analizó la participación de países latinoamericanos en las evaluaciones del “Programme for International Student Assessment” (PISA) del 2003. Los resultados obtenidos demostraron que muchos estudiantes no pueden aplicar en forma ordenada las habilidades matemáticas básicas para comprender y explorar situaciones contextualizadas.

Polya introdujo la idea de que la resolución de problemas puede ser vista como un arte que utiliza como medio la “heurística moderna”. Para él, resolver problemas representa una forma de descubrimiento y considera la heurística como una forma de investigar nuevos problemas (Polya, 1990).

En la perspectiva internacional, los problemas no se ven solamente como una práctica al finalizar la explicación docente, sino que constituyen lo medular en el proceso y será lo que va a permitir al estudiante construir sus conocimientos.

Heurísticos para la resolución de problemas. Cuando se habla de heurísticos en Educación Matemática, generalmente, se relaciona a la enseñanza de la resolución de problemas. Esto debido a que los heurísticos podrían definirse

como estrategias usadas para avanzar a la solución de un problema (Foong, 2013). Polya (1979) es uno de los pioneros en establecer esta idea, que Castro (1991) denomina dirección; esta noción se enmarca en los aportes de la Teoría de Gestalt e intentó determinar unas fases que seguiría el sujeto para encontrar la solución a un problema. Dichas fases se usaron y usan para enseñar a resolver problemas.

Polya (1979) planteó cuatro fases desde el punto de vista del comportamiento del resolutor ideal, las fases propuestas por este autor son: comprensión del problema, diseño del plan, ejecución y verificación de la solución obtenida.

Miguel de Guzmán (2006) partiendo de las ideas de los autores antes señalados, elaboró un modelo para la solución de problemas, donde incluye tanto las decisiones ejecutivas de control como las heurísticas. La meta de este autor es que el estudiante examine y remodele sus propias formas de pensar de manera sistemática a fin de eliminar los obstáculos y de llegar a establecer hábitos mentales eficaces, en otras palabras un pensamiento de buena calidad (Herrera, 2008). El modelo para la resolución de problemas consta de las siguientes fases: familiarización con el problema, búsqueda de una (s) estrategia (s), lleva adelante tu estrategia y, revisa el proceso y saca conclusiones del mismo.

Foong (2013) plantea que existen otras heurísticas específicas que serían de ayuda para problemas concretos. Entre ellas encontramos: actuar el problema, utilizar un diagrama, dibujar esquemas de barras, hacer una lista sistemática, buscar patrones y utilizarlos, ensayo y error, trabajar hacia atrás, usar la noción antes-después, dividir el problema en partes, resolver un problema más sencillo, conjeturar.

Como se puede ver, las propuestas de fases de resolución, estrategias o heurísticas para resolver problemas son bastante similares y difieren muy poco en la especificidad de las fases.

3 INVESTIGACIÓN

El logro de la competencia para resolver problemas se consigue a lo largo de la carrera. También, para conseguirla, los profesores deberán diseñar aportes para contribuir a la calidad del egresado. En consecuencia, decidir cómo se ayuda a desarrollar esta competencia cae al interior de las cátedras provocando un proceso de reflexión e investigación ante la certeza de que

ya no se puede dejar implícito el concepto «resolución de problemas». Algunos interrogantes orientan la búsqueda: ¿cómo se logra esta competencia?, ¿de qué manera instrumentar el trabajo de aula para que los alumnos egresen con este “saber hacer” que le permita resolver problemas abiertos de ingeniería?, ¿cuáles serán los conceptos y procedimientos, también las actitudes a promover en la resolución de problemas, para que el egresado pueda competir en un entorno nacional y regional con expectativa de éxito?

Al grupo de investigación le espera un recorrido sinuoso y difícil pero no imposible. La búsqueda de técnicas o programas de acción es, también, una experiencia de contacto con un campo amplísimo de prácticas que varían según los autores, los espacios académicos, las problemáticas disciplinares.

A pesar de todo lo expuesto acotamos la bibliografía a manejar y diseñamos una experiencia que nos motive a seguir la línea de investigación del proyecto.

4 EXPERIENCIA

Se planificó e implementó este año una instancia de enseñanza y aprendizaje sobre el tema que fue el Taller “Resolución de Problemas” para los ingresantes de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología antes del inicio de las clases de las asignaturas de primer año, aproximadamente 100 alumnos. El mismo era de carácter optativo.

Se trabajó con problemas cerrados de la vida diaria para analizar y resolver con creatividad o innovación dentro de los límites de su propio conocimiento.

4.1 Objetivos

Lograr que los alumnos inicien el desarrollo o mejoren sus competencias en la resolución de problemas mediante su participación activa en el proceso favoreciendo de esta manera la adquisición de habilidades tales como el pensamiento reflexivo, el creativo, el analógico, el práctico, el deliberativo y la comunicación verbal y escrita.

4.2 Metodología

La metodología de trabajo es el taller, caracterizada por la interrelación entre la teoría y la práctica y el trabajo en equipo. Es una

modalidad de enseñanza-aprendizaje, en donde el profesor expone los fundamentos teóricos y procedimentales, que sirven de base para que los alumnos realicen un conjunto de actividades diseñadas previamente y que los conducen a desarrollar su comprensión de los temas al vincularlos con la práctica operante. Bajo el enfoque actual de competencias, es considerado superior a los cursos puramente teóricos, ya que el curso-taller presenta el ambiente idóneo para el vínculo entre la conceptualización y la implementación, en donde el instructor permite la autonomía de los estudiantes bajo una continua supervisión y oportuna retroalimentación.

4.3 Propuesta de trabajo

Se desarrolló en tres instancias con diferentes actividades mencionadas a continuación:

Primera etapa:

– Presentación e introducción al tema del taller a cargo de los docentes. Se analizaron varias definiciones de problema y se eligió una entre ellas, la más clara y sencilla: *Un problema es una situación, que requiere solución, y para la cual no se vislumbra un medio o camino obvio que conduzca a la misma.*

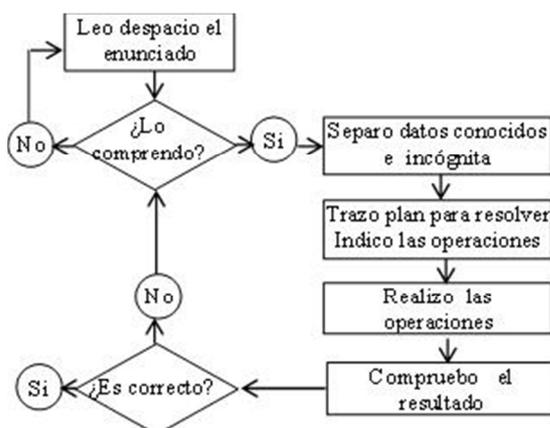


Figura 1: Diagrama de flujo para la teoría de Polya.

– Planteo de estrategias para resolver problemas. Se optó por el método de Polya que fue presentado mediante un esquema tipo diagrama de flujo. Ver Fig.1.

También se usó un mapa conceptual como una herramienta de aprendizaje basada en la representación gráfica de un determinado proceso, con las esquematización de las acciones típicas de cada una de las fases propuestas por Polya y para que el impacto visual facilite la comprensión del contenido planteado. Ver Fig. 2.

Las cuatro fases enunciadas por Polya con sus respectivas acciones apoyadas por preguntas seleccionadas, únicamente proporcionaron un esquema general que fue necesario llenar de contenidos. Para ello se seleccionó una situación problemática real en una interacción constante entre el docente y los alumnos, descubriendo o construyendo los pasos que conducirán a resolver el problema planteado, bajo diferentes supuestos (véase Fig. 2).

Luego se presentó una situación real muy parecida al problema de la Fig.2. en la cual se especificaba el ancho de la varilla. Recién en ese momento se percataron de los supuestos que habían hecho, cómo debía variar la expresión que modeló la situación problemática anterior y la solución la encontramos con un software muy amigable, Geogebra.

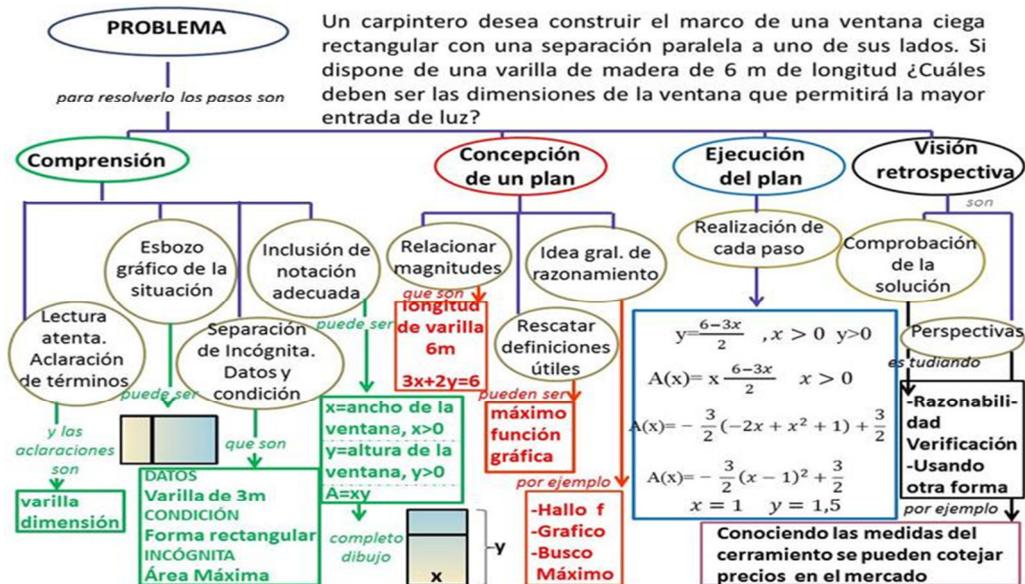


Figura 2: Mapa conceptual para una situación problemática específica.

Para mostrar la importancia de la mirada hacia atrás se presentó en el taller un problema resuelto contextualizado en el área de física. Al analizar la respuesta que versaba sobre rapidez promedio, nos dimos cuenta que no era satisfactoria porque al usar la fórmula distancia = rapidez x tiempo no reproducía la distancia recorrida por la viajera. El equívoco que estaba en el plan de resolución generó una participación activa de los estudiantes y una discusión fructífera que motivó muchísimo.

Segunda etapa:

-Trabajo grupal con las situaciones problemáticas que se presentaron. Se formaron tres grupos con subgrupos de 5 o 6 alumnos que pretendían lograr una participación de todos a partir de una agrupación heterogénea de los estudiantes. Cada grupo estaba supervisado por dos docentes que fueron los encargados de introducir la actividad, guiar al grupo y favorecer el debate. Por todo ello, la finalidad de esta estrategia consistió en que todos los alumnos, completen las actividades planteadas a partir del aprendizaje dialógico y la interacción entre todos los miembros y, expongan su trabajo para los restantes subgrupos del taller.

Se decidió la exposición grupal para intentar generar cooperación y compañerismo entre miembros del grupo. Ellos acordaban de acuerdo a sus habilidades y fortalezas quien: graficaba, escribía las ecuaciones, expresaba la respuesta, pero todos participaban de alguna acción y después debían expresarlas de manera

oral. El tipo de exposición mencionada tenía como fin además que se dieran cuenta que era redituable mostrarse como un bloque para analizar los interrogantes o sugerencias de diversidad de soluciones de los miembros de los otros grupos y, detectar errores propios y ajenos. Siempre se tuvo en cuenta que el docente además de ser el responsable de la preparación del material didáctico congruente con los objetivos, debe acompañar y supervisar al grupo de estudiantes, quienes desarrollan la mayor parte de las actividades en la consecución de un producto tangible.

Tercera etapa:

-Plenario. Los alumnos plantearon sus opiniones acerca de la metodología del aprendizaje, el tema del taller y anhelos. Los docentes sistematizaban periódicamente las ideas más importantes ofrecidas por los participantes para conseguir aportes grupales y/o individuales y plantear una síntesis globalizadora de la temática abordada. Respondieron una encuesta que tenía en cuenta tres variables: organización, aspectos académicos y de mediación y, acompañamiento del docente.

5 RESULTADOS

Se presentan dos tipos de resultados: registros realizados por docentes en las distintas etapas del taller y resultados de la encuesta.

5.1 Registros

Presentación. Se pueden destacar dos momentos: fase de presentación y explicación y, fase de ejemplificación.

En la primera se explicitaron los procesos a realizar y se presentaron materiales conocidos pero formalizados que servirían para la producción del taller. En esta etapa los participantes no pudieron ubicarse en el proceso y participar activamente en él.

En la fase de ejemplificación se posibilitó más la reflexión y, teniendo cuidado de avanzar a la velocidad adecuada y adaptada a la capacidad de ellos, se incrementó la participación observándose que muchos de ellos se acercaban al docente para manifestar su acuerdo o desacuerdo a lo planteado obviando su exposición pública. Al resolver problemas se pusieron en práctica métodos, pasos y consideraciones teóricas antes expuestas que les mostraron simplificaciones que habían hecho sin darse cuenta, lo cual despertó el interés para realizar la tarea grupal del taller.

Trabajo grupal. Se adaptaron rápidamente al trabajo grupal participando de diferentes maneras y compromiso. A veces sugirieron soluciones a los problemas de forma inmediata, otras esperaron ser alentados por el mediador para el logro de los de los objetivos. Demostraron cierta habilidad para manejar las relaciones en el grupo, es decir entre pares. Promovieron escasamente la cooperación y participación entre los miembros de equipo. Se trataron con respeto pero no intentaron motivar al que estuvo receptivo. Aceptaron sugerencias y críticas del equipo muchas veces sin entender lo que se cuestionaba. En varias ocasiones estuvieron atentos a las opiniones, escucharon pero no hablaron todos.

Puesta en común. En general, en la expresión escrita se utilizó una terminología adecuada y una notación correcta pero incompleta. El trabajo no se presentó en la pizarra de manera ordenada, clara y organizada. Pocos errores de ortografía.

La exposición oral de los grupos ha sido bastante clara. Se entendió perfectamente aunque hubo algún aspecto que les costó justificar ante la pregunta del docente. Se ha seguido un orden correcto no visualizado en la presentación escrita. Se notó que no estaban las respuestas. Los estudiantes comprendieron las preguntas del profesor y de sus compañeros y fueron capaces de responder la mayoría apoyándose y complementándose todos los miembros del grupo.

Plenario. Se promovió la participación para expresar y escuchar con respeto puntos de vista o producción del taller. Los estudiantes manifestaron su interés en nuevos encuentros educativos de este tipo para tratar con problemas específicos de las asignaturas Cálculo I y II.

5.2 Encuesta

Los resultados de la encuesta se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis de tres Aspectos

Organizativos		
41,5% opinó que la distribución: presentación, trabajo grupal y cierre fue excelente, 53,2% buena y 5,2% regular.	Para un: 59,7% de los estudiantes el tiempo asignado al trabajo grupal fue suficiente, 29,9% relativamente suficiente, y 10,4% insuficiente.	A un: 61,0% de participantes les pareció que el tiempo asignado al cierre del taller fue suficiente; 32,5% relativamente y 6,5% insuficiente.
Académicos y de Mediación		
El 19,5% de los alumnos respondió que el material del taller fue muy claro y muy novedoso y un 77,9% claro y novedoso. Un 2,6% estuvo en desacuerdo.	El 31,2 % opinó que la presentación con ejemplificación pertinente fue sumamente útil, y un 51,9% útil. Sólo un 16,9% no percibió utilidad en la 1ª etapa del taller.	El 31,2% de los alumnos estuvieron completamente de acuerdo que vivenciaron una nueva forma de aprender; 61,0% de acuerdo. A un 7,8% le pareció que no.
Acompañamiento del Docente		
Para un 37,7% las distintas formas de sol. mostradas por el mediador, fueron sumamente útiles y para el 46,7% útiles y para el 15,6% no.	35,1% de los estudiantes recomendaría completamente esta forma de aprender a sus compañeros (con el docente y sus pares) y, 62,3% también lo aconsejaría; 2,6% no.	66,2% opinaron que la intervención del docente en el trabajo grupal, ayudaron al respeto y a la participación; un 33,8% que la misma, permitió la discusión.

6 CONCLUSIONES

- La valoración que hacen los estudiantes de la propuesta innovadora de utilizar el taller como recurso metodológico para lograr mayor destreza en la resolución de problemas es positiva.
- Se logró mayor participación en el proceso y práctica de habilidades tales como el pensamiento

reflexivo, el analógico, el práctico, el deliberativo y la comunicación verbal y escrita.

- Como trabajo futuro se proyecta emplear la misma metodología en la resolución de problemas de temas de las asignaturas y desarrollar rúbricas para el desarrollo del grado de reflexión matemática y resolución de problemas, como aporte al mejoramiento de la cuantificación del logro de las competencias mencionadas.

REFERENCIAS

- Brousseau, G. Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques. 1997.
- Comisión de las Comunidades Europeas. "Propuesta de Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente". p. 5. 2005.
- Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria Acreditación de carreras de Grado, "Anexos Resolución 1232". 11. 2002.
- Documentos de CONFEDI – Competencias en Ingeniería - Universidad FASTA –Chile- Ed. 2014.
- Gea Linares M.J. Taller de Matemática I.E.S. "Murgi" Universidad de Granada.
- Giordano-Lerena y S. Cirimelo, "Competencias en ingeniería y eficacia institucional". Ingeniería Solidaria, Vol. 9, No. 16, pp. 119-127, Dic., 2013. ISSN 1900-3102 / e-ISSN 2357-6014.
- Gutiérrez, D. El Taller como Estrategia Didáctica. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Razón y Palabra (electrónica) editada por el Proyecto Internet del ITESM Campus Estado de México. México. Número 66. <http://razonypalabra.org.mx/n/n66/varia/dgutierrez.html#au>
- Peirats Chacon J. y M. Lopez Mari, M. "Los grupos interactivos como estrategia didáctica en la atención a la diversidad". ENSAYOS, Revista de la Facultad de Educación de Albacete (Universidad de Valencia) N° 28, 2013. (Enlace web: <http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos>. Consultada fecha (10-07-2018) ISSN 2171-9098.
- Perez Barreiro, C., G. Arranz Manso; M. Ferrando Velázquez; M. L. González González; M. R. Patiño Molina; A. Portillo De La Fuente y M. A. Simón Hurtado. Experiencias de Evaluación de Competencias Genéricas mediante Rúbricas- Jornada Competencias Genéricas y su Evaluación. EUP (2008).
- Piñeiro Garrido, J. L. y E. Pinto Marín ¿Qué es la Resolución de Problemas? Revista Virtual Redipe: Año 4 Vol. 2 Universidad de Granada (2015).
- Pólya G. (1990). Cómo plantear y resolver problemas (XV reimpresión). México: Editorial Trillas.
- Salganik, Rychen, Moser y Konstant, "Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo)". OECD/SFSO/DeSeCo Background Paper. p5. (1999).
- Schoenfeld, A.. Mathematical Problem Solving. New York: Academic Press. (1985)

Evaluación de la calidad proteica de harinas de legumbres con software MixProtLUNA. Aplicación en panes reducidos en sodio

Bassett, Natalia¹; Espejo, Luis¹; Rossi, Analía¹ y Sammán, Norma.¹

(1) Instituto Superior de Investigaciones Biológicas (INSIBIO), CONICET- Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán. natybassett@gmail.com

RESUMEN: Las legumbres tienen alto valor nutricional y se producen en Argentina, sin embargo su consumo interno es muy bajo. Son fuente rica de proteínas y aminoácidos indispensables (aai) y complementan bien con los de cereales. La calidad proteica puede cuantificarse en función de cantidad y perfil de sus aai, combinado con digestibilidad ileal verdadera de aai mediante la "puntuación de aminoácidos indispensables digestibles" (DIAAS). El objetivo del trabajo fue determinar la calidad proteica de harinas de diferentes legumbres, y sus mezclas con cereales. Se actualizó la herramienta informática MixProtLUNA.1-2013, que permite el cálculo del DIAAS. El contenido proteico de diferentes variedades de porotos encontrados varió entre 17 y 24,5 % y los DIAAS estuvieron entre 36 hasta 65%. Las harinas de leguminosas pueden mejorar los valores de DIAAS mediante mezclas con otras harinas complementarias. Los panes artesanales elaborados con mezclas de harinas de trigo y porotos mejoraron el valor DIAAS individual. Una porción de productos elaborados con estas mezclas cubriría alto porcentaje del requerimiento proteico para niños pequeños. La estimación del valor nutricional de mezclas de proteínas alimentarias se facilita utilizando el software MixProtLUNA.1-2013, que es una herramienta útil de fácil manejo.

ABSTRACT: Legumes have high nutritional value and are produced in Argentina; however their internal consumption is very low. They are a rich source of proteins and indispensable amino acids (iaa) that complement well with those of cereals. The protein quality can be quantified according to the quantity and profile of its iaa, combined with true ileal amino acid digestibility through the "digestible indispensable amino acid score" (DIAAS). The work objective was to determine the protein quality of different legume flours, and their mixtures with cereals. The software tool MixProtLUNA.1-2013 was updated, which allows DIAAS calculation. The protein content of different varieties of beans found varied between 17 and 24.5% and the DIAAS were between 36 and 65%. Legume flours can improve DIAAS values by mixing with other complementary flours. Elaborate handmade breads with mixtures of wheat flour and beans improved the value of individual DIAAS. A portion of products made with these mixtures would cover a high percentage of the protein requirement for young children. The estimation of the nutritional value of food protein mixtures is facilitated using the MixProtLUNA.1-2013 software, which is a useful tool that is easy to use.

Palabras claves: legumbres - calidad proteica - DIAAS

Keywords: legumes- protein quality - DIAAS

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Legumbres: definición, importancia y beneficios de su consumo.

Las legumbres secas pertenecen a la familia vegetal Fabáceas o Leguminosas y son las semillas deshidratadas comestibles que producen de una a doce granas de diferente tamaño, forma y color dentro de una vaina, para uso alimentario

humano o forraje animal. Para ser consideradas legumbres secas o pulses deben tener menos de 13% del tenor de humedad. Pese al alto valor nutricional que tienen las legumbres, Argentina registra uno de los niveles de consumo más bajos del mundo, ubicándose en torno a los 250 g/habitante/año; siendo prácticamente imperceptible en la mesa de los argentinos el consumo de las mismas. De ese volumen, aproximadamente el 50% corresponde a lentejas,

el 22% a porotos, el 18% a arvejas y el 10% a garbanzos, según lo informan Britos (2012), O'Connor (2016) y De Bernardi (2018). Dentro de los porotos, el que más se consume es Alubia, aproximadamente 5 mil toneladas. Los porotos de color son importantes, especialmente el negro, en las zonas limítrofes con Brasil. El poroto representa uno de los principales productos primarios del Noroeste Argentino. Su destino es mayoritariamente la exportación. El consumo de legumbres secas tiene más arraigo en las poblaciones del interior del país, respecto de Capital Federal y Gran Buenos Aires (Accoroni (2012); Rosenkjaer (2016)). Sin embargo, en estudios previos realizados en la población del NOA reportados por Bassett (2013), se observa que existe escaso o nulo consumo de estas.

Las legumbres son alimentos saludables con muchos beneficios, que pueden consumirse frescas, secas y en harinas (garbanzo, soja, entre otras). Su ingesta, puede incluirse en cualquier época del año. La FAO (2016) declaró el 10 de febrero día mundial de las legumbres y considera como deliciosos aliados para lograr la seguridad alimentaria, reducir la malnutrición a nivel mundial. Las legumbres son ricas en fibra, bajas en grasas por lo que mejora la salud digestiva, reduce riesgos de enfermedades cardiovasculares y en general enfermedades crónicas no transmisibles. Su alto contenido en hierro previene la anemia ferropénica en mujeres y niños. Tienen bajo contenido de sodio y son ricas en potasio, contribuyendo al buen funcionamiento del corazón, las funciones digestivas y musculares. Son alimentos de índice glucémico bajo, que ayudan a estabilizar el azúcar en sangre y los niveles de insulina, convirtiéndose en alimentos adecuados para las personas con diabetes. También, son consideradas una opción ideal para las personas celiacas por no contener gluten en su estado natural. Son buenas fuentes de vitaminas, como el folato, que reduce considerablemente el riesgo de anomalías congénitas del tubo neural (ATN), como espina bífida en recién nacidos.

La calidad nutritiva de una proteína (o de una mezcla de ellas) se define como su capacidad para cubrir los requerimientos de los individuos, y depende fundamentalmente de la composición de aminoácidos indispensables (aai) y de su biodisponibilidad. Actualmente la FAO (2013) recomienda el uso de la *“puntuación de aminoácidos indispensables digestibles”*

(DIAAS), para reemplazar a la puntuación corregida por digestibilidad (PDCAAS) (FAO, 1991). El cálculo del DIAAS utiliza la digestibilidad ileal de la proteína o del aminoácido que refleja mejor la cantidad de aminoácidos absorbidos. Para fines reglamentarios se recomienda el patrón de los niños pequeños (6 meses hasta 3 años) que representan los requerimientos más exigentes de los diferentes grupos etarios. En la práctica nutricional no se dispone de información recopilada y actualizada respecto a los valores de DIAAS de los alimentos regionales y sobre todo considerando la biodiversidad de los mismos.

Las legumbres son una fuente excelente de proteínas de origen vegetal. Un aporte dietético adecuado de proteína en cantidad y calidad es esencial para mantener la integridad y la función celular y para lograr un buen estado de salud. A través de la combinación adecuada de dos o más proteínas se logra mejorar la calidad proteica de un alimento para alcanzar un valor nutricional acorde al patrón respectivo de aai para el grupo etario seleccionado. Este proceso, mediante el cual se elimina o disminuye el déficit de aai de una proteína, se denomina "complementación proteica". Un ejemplo de esto es la combinación de proteína de cereales y legumbres, con la cual se mejorará el valor biológico de cada una de ellas como lo reportan López y Suárez (2002). Estas características hacen que el enriquecimiento legumbres o sus harinas con distintos granos andinos como quínoa y otros cereales sea una oportunidad de crear alimentos novedosos, y con elevada calidad nutricional y organoléptica como lo informan Cutullé (2012) y Mir (2018) Además de complementar contenidos nutricionales, estas mezclas ofrecen condiciones de asimilación y digestión importantes para la salud y nutrición. Si estas mezclas se consumen en cantidades suficientes, 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 nutricionales (Cerezal Mezquita (2007); Jacobsen (2013)).

Para facilitar la evaluación de la calidad proteica de combinación de alimentos se actualizó el software MixProtLUNA.1-2013 desarrollado por Bassett y col. (2015) el cual es una herramienta de fácil manejo y que resulta útil para precisar el cálculo del DIAAS y para seleccionar mezclas de alimentos que aumenten la calidad nutricional respecto de que sus componen. Este programa

también permitiría precisar el cálculo de mezclas proteicas destinadas a situaciones biológicas especiales como embarazo, lactancia, preescolares, escolares entre otras.

Por todo lo anteriormente mencionado el objetivo del presente estudio fue determinar la calidad proteica de harinas de diferentes legumbres, y sus mezclas con cereales empleando el software MixProtLUNA.1-2013.

2 MATERIALES Y METODOS

2.1 Software MixProtLUNA.1-2013

Se actualizó el programa informático MixProtLUNA.1-2013 la cual permite el cálculo del DIAAS y cuya base de datos fue elaborada a partir de recopilación bibliográfica de composición de aai de legumbres de diferentes orígenes.

2.2 Determinación de la calidad de la proteína mediante DIAAS

El cálculo del DIAAS de las diferentes muestras se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$DIAAS \% = 100 \times \left(\frac{\text{mg de aai digestible en 1 g de proteína}}{\text{mg del mismo aai en 1 g de proteína de referencia}} \right)$$

El valor se calcula para cada aai en la dieta y el valor más bajo es designado como el DIAAS.

La digestibilidad ileal de la proteína o del aminoácido se utilizó para el cálculo de DIAAS.

Si no se disponía de este dato se utilizó la digestibilidad fecal de la proteína cruda, que para algunos valores de digestibilidad fueron determinados "in vivo" por ensayos con ratas blancas y otros se tomaron de bibliografía.

Se empleó como referencia el patrón de puntuación de aai recomendado por la FAO (2013) para niños con edades comprendidas entre los 0,5 hasta 3 años.

Se trabajó con 20 harinas de legumbres de distintos orígenes cuya composición fue recopilada de Bases de Datos Internacionales. Por ejemplo se consultó la Tabla de composición de alimentos de Estados Unidos (USDA (2019)).

3 RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se puede se muestran los DIAAS de las diferentes leguminosas evaluados.

Se puede observar que existen diferencias significativas en los valores obtenidos lo cual implica una diferencia en la composición de sus aai a pesar de ser la misma legumbre pero de otra procedencia.

El contenido proteico varió entre 19,6 y 47,1%, si bien en todas están presentes los aai sus contenidos son valores estadísticamente diferentes entre algunas de ellas. Los DIAAS que se encontraron fueron desde 35 A 92 %.

Tabla 1. Puntuación de aminoácidos indispensables digestibles en diferentes legumbres (DIAAS).

ALIMENTO VARIEDAD/ORIGEN/TIP O	Proteína (g/100g)	DIAA S %
Haba/ Frijol/Bean (<i>Vicia Faba</i>)	28,00	35
Poroto Negro/Black Bean var. Paramos (<i>Phaseolus Vulgaris</i>)	22,80	37
Poroto Caupe/Cowpeas (<i>Vigna Sinensis</i>)	24,20	38
Poroto Negro/Black Bean var. Tecpan (<i>Phaseolus Vulgaris</i>)	21,40	39
Poroto Rojo/Red Bean (<i>Phaseolus Vulgaris</i>)	22,20	42
Poroto/Frijol/Rice Bean (<i>Phaseolus Vulgaris</i>)	20,70	43
Arvejas Verdes Partidas/Split Green Peas (<i>Pisum Sativum</i>)	26,20	47
Porotos Negros/Black Bean (<i>Phaseolus Vulgaris</i>) (Canada)	23,95	49
Lenteja Rojas/Red Lentils (<i>Lens Culinaris</i>)	29,51	50
Porotos Rojos/Red Kidney Beans (<i>P. Vulgaris</i>) (Canada)	23,90	51
Lenteja (<i>Lens Culinaris</i>)	20,80	56

Harina de Porotos blancos (<i>Phaseolus Vulgaris</i>)	19,60	57
Lenteja Verde Enteras/Whole Green Lentils (<i>Lens Culinaris</i>)	26,27	58
Porotos Pintos/Pinto Beans (<i>Phaseolus Vulgaris</i>)	22,68	60
Porotos Blancos/Navy Beans (<i>Phaseolus Vulgaris</i>) (Canada)	24,50	65
Garbanzos/Chickpeas (<i>Cicer Arietinum</i>) (Canada)	21,90	68
Garbanzo (<i>Cicer Arietinum L</i>) Crudo (USDA)	23,60	71
Arvejas Amarillas/Slip Yellow Peas (<i>Pisum Sativum</i>)	25,26	73
Soja Harina/Soy Flour (<i>Glycine Max</i>) (Arg)	38,00	89
Soja Harina/Soy Flour (<i>Glycine Max</i>) (USDA)	47,01	92

La Tabla 2 muestra a modo de ejemplo, combinaciones de proteína de harina de trigo con proteína de leguminosas en porcentaje 70/30.

Tabla 2. Combinación de 30/70 de proteínas de leguminosas con cereal. D: DIAAS= Puntuación de aminoácidos indispensables digeribles. AALim: aminoácido limitante. Lys: lisina; SAA: aminoácidos azufrados (Metionina + cisteína).

ALIMENTO VARIEDAD/ORIGEN/TIPO	TRIGO (D:47; AALim: Lys) DIAAS %
Bean/Haba/Frijol (<i>Vicia Faba</i>) (D: 35; AALim: SAA)	69
Poroto Negro/Black Bean var. Paramos (<i>P. Vulgaris</i>) (D: 37; AALim: SAA)	71
Poroto/Frijol/Cowpeas (<i>Vigna Sinensis</i>) (D: 38; AALim: SAA)	72
Poroto Negro/Black Bean var. Tecpan (<i>P. Vulgaris</i>) (D: 39; AALim: SAA)	74
Poroto Rojo/Frijol/Red Bean (<i>P. Vulgaris</i>) (D: 42; AALim: SAA)	75
Poroto/Rice Bean (<i>Phaseolus Vulgaris</i>) (D: 43; AALim: SAA)	75
Arvejas Verdes Partidas/Split Green Peas (<i>Pisum Sativum</i>) (D: 47; AALim:	85

SAA)	
Porotos Negros/Black Bean (Canada) (<i>P. Vulgaris</i>) (D: 47; AALim: SAA)	66
Lenteja Rojas/Red Lentils (<i>Lens Culinaris</i>) (D: 50; AALim: SAA)	81
Porotos Rojos/Red Kidney Beans (<i>P. Vulgaris</i>) (Canada) (D: 51; AALim: SAA)	66
Lenteja/Lentils (<i>Lens Culinaris</i>) (D: 56; AALim: SAA)	70
Harina Porotos blancos/White Beans Flour (<i>P. Vulgaris L.</i>) (D: 57; AALim: SAA)	59
Lenteja Verde Enteras/Whole Green Lentils (<i>Lens Culinaris</i>) (D: 58; AALim: SAA)	82
Porotos Pintos/Pinto Beans (<i>Phaseolus Vulgaris</i>) (D: 60; AALim: SAA)	68
Porotos Blancos/Navy Beans (Canada) (<i>P. Vulgaris</i>) (D: 65; AALim: SAA)	69
Garbanzos/Chickpeas (<i>Cicer Arietinum L.</i>) Crudo (Canada) (D: 68; AALim: SAA)	72
Garbanzos/Chickpeas (<i>Cicer Arietinum L.</i>) Crudo (D: 71; AALim: SAA)	75
Arvejas Amarillas/Slip Yellow Peas (<i>Pisum Sativum</i>) (D: 73; AALim: SAA)	75
Soja Harina/Soy Flour (<i>Glycine Max</i>) (Arg) (D: 89; AALim: SAA)	83
Soja Harina/Soy Flour (<i>Glycine Max</i>) (USDA) (D: 101; AALim: SAA)	77

Dos o más proteínas deficientes en aai pueden ser combinadas de forma tal que la deficiencia de uno o más aminoácidos esenciales pueda ser compensada por los de otra proteína. Cuando existe complementación, la mezcla de las proteínas complementarias proporcionan los aminoácidos esenciales con una mayor adecuación respecto de las necesidades del individuo que las consume, logrando un balance equilibrado de aminoácidos lo que permite que se usen más eficientemente. Se puede observar que la mayoría de los valores de DIAAS aumentan para las mezclas, lo cual significa que existe una buena complementación de sus aminoácidos indispensables en la proporción utilizada. En cambio se puede observar que para el caso de las proteínas de soja no existe una buena complementación en la proporción estudiada. El

aminoácido limitante es el aminoácido que está deficiente y es el que determina la eficiencia de la utilización de la proteína. En general se observa que los cereales tienen bajo contenido de lisina (LYS) mientras que las leguminosas tienen bajo contenido de aminoácidos azufrados (SAA). Cuando se realizó mezclas de harinas de trigo o quínoa con garbanzos y porotos, cuyas puntuaciones individuales eran de 35 a 73% se encontró que los valores de DIAAS aumentaron (59 a 85%). Esto hace posible su complementación para lo cual se requiere el cálculo de las proporciones adecuadas de proteínas de cada componente de la mezcla.

Las mezclas de leguminosas con cereales pueden mejorar los valores de DIAAS, dependiendo de las proporciones y variedades usadas. Las legumbres se consumen en todo el planeta, empleándose en guisos, harinas, purés, guarniciones, aperitivos o postres. Son una fuente rica de proteínas y aminoácidos esenciales que sirve de complemento perfecto a los cereales. Sin embargo, muchas de estas semillas deben procesarse antes de ser incorporadas en la dieta humana. Varios informes entre los que figura los de van Boekel (2010) indican que los métodos de procesamiento como la cocción húmeda, la fermentación, la germinación y el malteado mejoran la digestibilidad y biodisponibilidad de los nutrientes y la palatabilidad, el aroma la textura y el sabor. Las legumbres se consumen de muchas maneras y en muchos tipos de comida según la cultura de cada país. En algunas regiones asiáticas, los garbanzos hervidos, los frijoles mungo y las habas de Lima son un alimento común para el desayuno o como tentempié. Se pueden añadir las legumbres a sopas, ensaladas y salsas para pasta. En algunas partes de Italia, los frijoles hervidos y el atún constituyen un segundo plato habitual. Desde los seis meses de edad, las legumbres hervidas pueden agregarse a alimentos preparados para niños de corta edad, volviéndolos sabrosos y nutritivos. La Tabla 3 muestra las puntuaciones de los aai en algunas leguminosas sometidas a diferentes métodos de cocción.

Tabla 3. Puntuación de aminoácidos indispensables digeribles (DIAAS) en alimentos sometidos a diversos procesamientos para realizar mezclas y aplicar en recetas.

ALIMENTO VARIEDAD/ORIGEN/TIPO	DIAAS %
Bean/Haba/Frijol (<i>Vicia Faba</i>) Cocidas	55
Bean/Haba/Frijol (<i>Vicia Faba</i>) Extruidas	52
Bean/Haba/Frijol (<i>Vicia Faba</i>) Horneadas	62
Garbanzos/Chickpeas (<i>Cicer Arietinum</i> L.) Hervido	70
Garbanzos/Chickpeas (<i>Cicer Arietinum</i> L.) Autoclavado	75
Garbanzos/Chickpeas (<i>Cicer Arietinum</i> L.) Microonda	71
Porotos Blancos/Navy Beans (Canada) (<i>P. Vulgaris</i>) Extruido	54
Porotos Blancos/Navy Beans (Canada) (<i>P. Vulgaris</i>) Horneado	49
Porotos Blancos/Navy Beans (Canada) (<i>P. Vulgaris</i>) Cocidos	54
Harina de Lenteja/Lentil Flours (<i>Lens Culinaris</i>) Cocida	53
Lenteja/Lentils Flour (<i>Lens Culinaris</i>) Horno	50

En general se observa que cuando las legumbres están extruidas tienen mejor puntuación respecto a la harina de la semilla cruda o a la cual se le aplicó algún método de cocción. Algunas excepciones son los porotos blancos Navy extruidos que obtuvieron menor puntuación DIAAS. También presentaron un valor de DIAAS bajo las harinas de lentejas cocidas (54%), horneadas (49%) respecto al valor de DIAAS de estas harinas de lentejas (56%) sin cocción. Mientras que las harinas de habas independientemente del método de cocción o procesamiento aplicado aumentaron su DIAAS. Estos resultados indican que es necesaria una buena selección de la variedad, origen y procesamiento para que la combinación de los alimentos sea eficiente en su aprovechamiento de las proteínas. Contar con toda esta información, brinda la posibilidad de seleccionar el mejor procedimiento para procesar las legumbres para de esta manera preservar y/o mejorar la calidad de su proteína. Las legumbres pueden generar distintos desafíos a la hora de plantear nuevos alimentos o pautas de nutrición. La formulación de mezclas de cereales y leguminosas permite obtener un mejoramiento del balance amino ácido

y se traduce en un valor superior en la calidad de la proteína comparado con la de cada uno por separado. Si estas mezclas se consumen en cantidades suficientes, 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 nutricionales. Por lo tanto, se realizaron formulaciones con mezclas de harinas de trigo y diferentes proporciones de harinas de legumbres. Se determinó la mezcla óptima mediante el empleo del software. Se elaboraron panes artesanales con las mezclas de harina de trigo y harina de porotos óptima con la que se obtuvo una masa panificable y que le aporte valor nutricional a los mismos. Mediante el agregado de sales calcio se logró una reducción del contenido de sodio. El contenido de proteínas de los panes comunes sin legumbres fue de 9% mientras que el contenido proteico de los panes con agregados de legumbres varió de 11 al 14%, dependiendo del tipo de poroto utilizado. En Tabla 4 muestra los DIAAS obtenidos en panes artesanales reducidos en sodio elaborados con mezclas de harinas de legumbres y de trigo comercial en proporción óptima.

Tabla 4. Combinación de 20/80 de proteínas de leguminosas con harina de trigo comercial. D: DIAAS = Puntuación de aminoácidos indispensables digeribles. AALim: aminoácido limitante. Lys: lisina; SAA: aminoácidos azufrados (Metionina + cisteína).

ALIMENTO VARIEDAD/ORIGEN/TIPO	TRIGO (D:47; AALim: Lys) DIAAS %
Poroto Pinto/Pinto Beans (<i>P. Vulgaris</i>) (Proteína: 22,68; D: 60; AALim: SAA)	61
Poroto Blanco/White Beans (<i>P. Vulgaris</i>) (Proteína: 27,29; D: 65; AALim: SAA)	66
Poroto Negro/Black Beans (<i>P. Vulgaris</i>) (Proteína: 29,81; D: 47; AALim: SAA)	61

4 CONCLUSIONES

La importancia de este trabajo radica en mostrar que la biodiversidad de las leguminosas influye en su valor nutricional y debe ser cuidadosamente considerada en la selección de variedades para la

complementación con otras harinas. De igual manera, es necesaria una buena selección del origen y procesamiento de las variedades de legumbres para que la combinación de las mismas sea eficiente en su aprovechamiento de proteínas. El estudio de las mezclas se facilita utilizando el software MixProtLUNA.1-2013, el cual es una herramienta útil de fácil manejo.

5 REFERENCIAS

- Accoroni, C. Informe: Cadena de legumbres 2012. <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cadena-de-las-legumbres.pdf> City: Boletín infoINTA Santa Fe Sur.07.10.2019
- Bassett, M.N., M.A. Giménez, D. Romaguera and N. Sammán, Nutritional status and food intake of populations from high altitude regions of the Northwest of Argentina. Arch Latinoam Nutr, 63(2), 114-24.2013.
- Bassett, M.N., L.M. Espejo and N.C. Sammán, Estudio de la calidad de diferentes mezclas de harinas proteicas aplicando el software MixProtLUNA. *Investigaciones y avances en nutrición y salud: trabajos completos del V CICYTAC 2014*. Bustos et al., Editores. Córdoba; Argentina, 2015.
- Britos, S. et al., *Hacia una alimentación saludable en la mesa de los argentinos*, Orientación Grafica Editora, Buenos Aires: Argentina. 2012.
- Cerezal Mezquita, P., A. Carrasco Verdejo, K. Pinto Tapia, N. Romero Palacios and R. Arcos Zavala, Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años: Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Interciencia*, 32(12), 857-864, 2007.
- Cutullé, B., V. Berruti, F. Campagna, M.B. Colombaroni, M.S. Robidarte, A. Wiedemann, and M. Vázquez, Desarrollo y evaluación sensorial de galletitas de jengibre con sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz y lenteja (Gallentinas), *Diaeta*, 30(138), 25-31, 2012.
- De Bernardi, L.A., Legumbres Argentinas (Análisis FODA). Ministerio de Agroindustrias. https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/regionales/_archivos/000030_Informes/000040_Legumbres/00008_FODA%20de%20Legumbres%202017-18.pdf. 3.10.2019.

- FAO, *Dietary Protein Quality Evaluation in Human Nutrition Report of an FAO Expert Consultation; Food and Nutrition Paper No. 92*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, 2013.
- FAO, Legumbres: Semillas nutritivas para un futuro sostenible 2016. Food and Agriculture Organization.
<http://www.fao.org/documents/card/es/c/2255c9fc-a643-42e4-b116-3b190ebb3f92/03.10.2019>
- FAO, *Protein quality evaluation: report of a joint FAO/WHO Expert Consultation*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1991.
- Jacobsen, S.E., M Sørensen, S.M. Pedersen and M. Weiner, Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. *Agronomy for sustainable development*, 33(4), 651-662, 2013.
- López, L. B. and M.M. Suárez, *Fundamentos de nutrición normal*. El Ateneo, 2002.
- Mir, N.A., 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*, 75, 170-180, 2018.
- O'Connor, E. Informes de cadenas de Valor. Legumbres 2016. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas.
https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SSPE_Cadenas_de_valor_Legumbres.pdf
4.10.2019.
- Pagano, A.E., Whole grains and the gluten-free diet, *Practical Gastroenterology*, 30(10), 66, 2006.
- Rosenkjaer, M. Importancia para la Argentina y el mundo, 2016. INTA: Santa Fe; Argentina.
<http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-jornada-legumbres.2016-ano-internacional-legumbres.importancia-para-argentina-y-el-mundo.rosenkjaer.pdf>. 03.10.2019
- van Boekel, M., V. Fogliano, N. Pellegrini, C. Stanton, G. Scholz, S. Lalljie, ... and G. Eisenbrand, A review on the beneficial aspects of food processing, *Molecular Nutrition & Food Research*, 54(9), 1215-1247, 2010.
- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. FoodData Central, 2019.
<https://fdc.nal.usda.gov>. 3.10.2019.

6 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue subsidiado por CONICET y SECTER, Universidad Nacional de Jujuy (Argentina), y el Proyecto Ia ValSe-Food-CYTED (Ref. 119RT0567).

Género académico y comprensión lectora en inglés en la FACET

Bennasar, María R.¹

mbennasar@herrera.unt.edu.ar

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

RESUMEN: Este trabajo intenta dar cuenta de los avances en relación con ciertos aspectos de la investigación sobre lectura en lengua extranjera (LE) que llevamos a cabo algunos docentes de inglés de la FACET, UNT, en el marco de nuestro proyecto de investigación. El objetivo de esta comunicación es describir y analizar el desempeño de nuestros alumnos en tareas de lectura de textos descriptivos y explicativos propios de la ciencia en la clase de lectocomprensión, durante dos períodos consecutivos (2017 y 2018) y exponer los resultados parciales hasta aquí obtenidos. Como docentes de LE de la FACET nos proponemos investigar, desde nuestra práctica, aquellos aspectos ligados a la estructura y organización del discurso académico que contribuyan a mejorar los niveles de comprensión en lectores principiantes de LE inglés. En línea con Nassaji (2011), afirmamos que las investigaciones, tanto en lengua materna (LM) como en LE, demostraron que el lector exitoso es capaz de comprender la organización textual y utilizar esta información de manera efectiva para afianzar la comprensión. Así, el conocimiento de la estructura y organización del género académico, junto con los procesos cognitivos que se activan durante la lectura, podrían resultar en la mejora de los niveles de comprensión.

ABSTRACT: This work aims at considering some aspects related to a research project on reading in English as a foreign language carried out at the FACET, UNT. The purpose of this research is to describe and analyze our students' performance in reading tasks of academic texts in classes of English for Specific Purposes (ESP) during 2017 and 2018 and to show the results obtained so far. As teachers of English at the FACET we attempt to investigate those aspects related to the structure and organization of academic discourse that contribute to improve reading comprehension in beginners. In line with Nassaji (2011), we hold that investigation both in native and in foreign languages has shown that successful readers are able to identify text organization and use this piece of information effectively to strengthen comprehension. Thus, the knowledge of structure and text organization of academic genre along with the cognitive processes that activate during reading might eventually improve reading comprehension.

Palabras claves: lectocomprensión-lectura en lengua extranjera-género académico

Keywords: reading comprehension- reading in a foreign language - academic genre

1 INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta comunicación tiene lugar en el marco de una investigación más amplia sobre lectura en lengua extranjera que llevamos a cabo desde el año 2015 algunos docentes del Área Inglés de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) de la UNT.

1.1 Problemática y Objetivos

Nuestra propuesta de trabajo es analizar el rol de las estrategias de lectura en textos de ciencia en relación con la importancia del reconocimiento, por parte de los alumnos, de aquellos aspectos

ligados a la estructura y organización del discurso académico. En el largo plazo, nuestro objetivo es mejorar los niveles de comprensión en lectores principiantes de lengua extranjera inglés.

Este trabajo en particular intenta dar cuenta de los avances en relación con ciertos aspectos de la investigación sobre lectura en lengua extranjera (LE) y se propone mostrar la relación que existe entre el conocimiento del género académico y la comprensión lectora en inglés mediante la descripción y el análisis de tareas de lectura de textos científicos que realizan nuestros alumnos en las clases de lectocomprensión de la FACET.

2 MARCO TEÓRICO

A partir de la necesidad que tenemos los seres humanos de explicar el mundo y de transmitir nuestros puntos de vista y valores, hemos establecidos clasificaciones o tipologías con el propósito de facilitar la comprensión de los discursos. Entre varias tipologías, centraremos aquí nuestro interés, por una parte, en el género o discurso académico “como un hecho sociocultural y discursivo” (Calsamiglia Blancafort y Tusón Valls, p. 242, 2007) y por otra, en el concepto de secuencia “como unidad lingüístico-comunicativa y como unidad de composición de los textos que se producen en diversos ámbitos de la vida social” (Calsamiglia Blancafort y Tusón Valls, p. 242, 2007).

Respecto del concepto de género, según Bajtín (2002), los individuos utilizan la lengua en forma de enunciados muy definidos que expresan condiciones específicas dadas por su contenido, por su estilo y por su composición. Si bien los enunciados son actos individuales, cada grupo de personas en las esferas donde utiliza la lengua, produce formas relativamente estables de enunciados: los géneros discursivos. Así, la existencia de un género está condicionada por varios factores: los temas o contenidos temáticos, la selección de recursos de la lengua que se utiliza, la estructura interna o composición y una relativa estabilidad de todos ellos. Si bien partimos de lo que conocemos como los géneros literarios llamados mayores o tradicionales, no podemos dejar de reconocer que la variedad de géneros en la vida moderna tiene estrecha relación con los vastos conocimientos que tanto lectores como escritores poseen de las actividades donde intervienen los géneros. De este modo, cuando reconocemos un tipo de texto es posible para nosotros, los lectores, reconocer muchas características del contexto social, institucional; reconocer las actividades que se proponen y también el contenido que esperamos que los documentos contengan. Bazerman (2012, p. 134) agrega que es posible comprender mejor a los géneros si los entendemos como “fenómenos de reconocimiento psicosocial” porque forman parte de actividades que organizan los actores de una sociedad de la que son parte y que por lo tanto comparten actividades y formas de llevar a cabo estas actividades. Por su parte, Calsamiglia Blancafort y Tusón Valls, (p. 248, 2007) coinciden en que los individuos “seleccionamos los enunciados en función del género que consideramos adecuado, y de acuerdo también

con los destinatarios a quienes vamos a dirigirnos”. De este modo, el conocimiento de los géneros entre receptores y hablantes limita las posibilidades de interpretación y facilita la inferencia y la comunicación.

En el ámbito académico, la selección de enunciados se realiza en función de los destinatarios a quienes van dirigidos. Parodi (2007) explica que el discurso académico o científico es un discurso autorizado acerca del tema que trata porque se propone facilitar información. Este autor sugiere y define los diversos tipos de textos que conforman el discurso académico y que se reconocen en la práctica académica diaria. Podemos citar entre ellos: el “...manual o texto disciplinar de carácter didáctico que puede contener ejemplos, ejercicios, tablas y recursos multimodales que facilitan la comprensión de su contenido o el texto disciplinario que entrega conocimiento especializado sobre uno o varios temas de una disciplina particular...” (Parodi, 2007, p.156), entre otros. Cabe destacar que tanto el manual como el texto disciplinario forman parte del material de estudio y de análisis, objeto de esta investigación.

Ahora bien, para referirnos al concepto de secuencia debemos explicar primero que muchos lingüistas han intentado clasificar a los textos según tipos, desde múltiple perspectivas y se ha procurado desarrollar diversas clasificaciones considerando los rasgos comunes entre los textos con el fin de establecer regularidades que permitan una descripción de los mismos. Adam (1992) desarrolla el concepto de tipologías textuales prototípicas basadas en propuestas anteriores de lingüistas que lo precedieron y fundadas en el estudio de los problemas que plantea la clasificación de textos (Werlich, Van Dijk y Bajtín, entre otros) y en particular Adam propone la noción de modelo secuencial. Este modelo, a partir de las secuencias o unidades que lo constituyen, intenta proporcionar las herramientas necesarias para ubicar a un texto dentro de un modelo determinado según la combinación de los enunciados y características de la estructura de cada texto. Adam sostiene que aunque los textos se puedan construir sobre la base de una sola secuencia, en general son heterogéneos ya que manifiestan una secuencia dominante y otras secundarias. Esta combinación de secuencias es una vía posible para establecer

los tipos de textos aunque sabemos que hay más de un modo de organización textual.

Con respecto a las secuencias textuales, observamos que los textos que se utilizan en nuestras clases de lectocomprensión se caracterizan fundamentalmente por contener secuencias explicativas y descriptivas como secuencias dominantes o secundarias, aunque es posible encontrar también otro tipo de secuencias como narrativas y argumentativas. Es interesante destacar la representación esquemática del prototipo de la secuencia explicativa que contempla las fases de planteamiento del problema, la fase resolutoria y la conclusión, aunque no se espera que siempre se encuentren en el orden que aquí se expone. Según Adam (1992), la secuencia descriptiva permite representar con palabras el mundo real proporcionando las características del objeto, en tanto desde el punto de vista de su estructura sigue las siguientes etapas: “tema u objeto” que describe el texto, “actualización” que refiere a las partes, cualidades y propiedades del objeto que describe, “relación” con el mundo exterior o lugar y tiempo en el que tiene lugar y las relaciones que pueden establecerse con el mundo exterior y finalmente “tematización” que implica que cualquiera de las partes de la descripción podrían reformularse como un nuevo tema.

En lo que refiere a las características de la secuencia explicativa, se trata de establecer una distancia entre el sujeto enunciador y el enunciado para garantizar la objetividad mediante el empleo de citas textuales y un lenguaje técnico, entre otras características, que garanticen el rigor científico. El uso de la primera persona del plural (nosotros) ubica al enunciador como miembro de una comunidad científica que lo ampara y lo apoya. Los discursos explicativos se articulan con un conjunto de proposiciones con relaciones del tipo causa/efecto, razón/resultado, enunciado general/ejemplo, afirmación/justificación y se encuentran constituidos por conceptos integrados por definiciones, explicaciones, etc.

El discurso explicativo apela también a definiciones que logren explicar el significado de una palabra o expresión que en el discurso científico, además de reducir la ambigüedad, se utilizan para caracterizar de manera adecuada y científica al objeto. Si bien existen varios tipos de definiciones, el objetivo es siempre recurrir a la construcción de nexos que presenten una relación de igualdad o semejanza entre el término a definir

y la definición. También la explicación recurre a analogías y comparaciones para explicar objetos, fenómenos o conceptos más abstractos.

Respecto de la enunciación, el investigador utiliza la tercera persona cuando describe o presenta un saber al mismo tiempo que incluye otras voces mediante las citas con el fin de explicar que no es él el responsable directo de las declaraciones que incluye en los textos.

Respecto de las características del lenguaje, podríamos decir que tanto las universidades o las instituciones donde circulan estos discursos requieren que el lenguaje que se utiliza sea claro, objetivo y preciso para crear un “efecto de científicidad”, en palabras de Marín (2015). Entendemos que la objetividad aquí es más bien una tendencia en lo que respecta a las características del lenguaje científico puesto que se considera que la ciencia es una construcción humana.

Entre los recursos que se utilizan en el discurso científico en inglés, podemos mencionar: “el uso de la tercera persona gramatical, el uso de formas verbales con el pronombre *se* antepuesto en español que corresponde a una de las formas de *Be como auxiliar* en inglés como una de las formas que tiene mayor ocurrencia en el texto científico-técnico y generalmente se la conoce como Construcción Pasiva. Equivale a la Voz Pasiva en español y se usa para describir procesos, enfatizar los resultados y la acción” (Maidana, Hawkes, Bannasar, Lau & Abboud, 2015, p.116).

Finalmente, Marín expresa que “cuando se describe un texto que da cuenta de una investigación, es posible que sea indispensable incluir una narración” (Marín, 2005, p.169). Esto se produce cuando se intenta exponer los antecedentes de una investigación o cuando se da cuenta de acciones que se llevaron a cabo en el contexto de una investigación en particular, entre otros casos. Los principales recursos del lenguaje en la narración son: el uso de verbos en tiempo pasado, marcadores temporales para indicar momentos puntuales o secuencias temporales como: “ayer, anteriormente”, etc.

3 POBLACIÓN DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó en la FACET con dos grupos de aprendientes que cursaban la última etapa de la asignatura Idioma Inglés (o

equivalentes, según las carreras) hacia fines de los años 2017 y 2018, respectivamente. El primer grupo (2017) estaba formado por 51 alumnos, mientras que al otro lo conformaban 30 alumnos, todos ellos pertenecientes a las diversas carreras que se cursan en la FACET.

Para esta investigación realizamos un análisis cuantitativo y cualitativo de corte transversal sobre los dos grupos de informantes antes mencionados. Si bien tanto las secuencias descriptivas como las explicativas tienen fases bien diferenciadas respecto de la organización esquemática del prototipo de cada secuencia, (Adam, 1992) nuestro análisis se enfoca fundamentalmente en el reconocimiento de los elementos lingüístico-discursivos más característicos de cada una de estas secuencias. Recordemos que para este análisis consideramos el tipo de secuencia dominante y las secuencias secundarias que se relacionan con las funciones textuales de describir y explicar en este caso.

En relación con la tarea propuesta, solicitamos a los alumnos que resolvieran un trabajo práctico (TP) diseñado para indagar acerca de sus conocimientos respecto de los rasgos típicos de textos del área de la ciencia. Se les explicó que el propósito era obtener respuestas para un trabajo de investigación sobre la lectura y que no tenía carácter evaluativo. Además, se les hizo saber que su aporte era muy significativo para los docentes a cargo del trabajo de investigación.

En relación con el contexto de realización, ambos TP se desarrollaron en el ámbito institucional durante las clases prácticas de la asignatura Idioma Inglés e incluyeron a la totalidad de los alumnos que terminaron de cursar la asignatura en los años 2017 y 2018.

3.1 Descripción del trabajo práctico

Para el diseño del TP, seleccionamos dos artículos o textos disciplinares de tipo descriptivo- explicativos *Why are some materials denser than others?* y *The layers of the Earth* extraídos de libros de ciencia (*The Physical World*, Dobson, K., 1991 y *Science* Kelly, K., 2008). Ambos textos reúnen las características de los que utilizamos en las clases de lectocomprensión en lo que respecta a la extensión de los mismos, fuente de donde fueron extraídos, formas lingüísticas predominantes, vocabulario de especialidad y nivel de dificultad, entre otros rasgos.

En relación con el tipo de texto y según el concepto de clasificación de los mismos de acuerdo al ámbito de circulación, podríamos afirmar que ambos pertenecen al género académico ya que el objetivo es difundir conocimiento disciplinar dentro de una comunidad. Este tipo de discurso posee un propósito divulgativo que intenta persuadir y hacer comprensible el discurso. Utiliza un registro formal de la lengua con un lenguaje objetivo y léxico preciso y presenta expresiones no lingüísticas en su prosa, como las fórmulas químicas o matemáticas, símbolos y ecuaciones de la física al igual que abundantes elementos iconográficos tales como tablas, gráficos y cuadros.

Si partimos de la noción de modelo secuencial de Adam (1992), según la combinación de los enunciados y el concepto de secuencia dominante y secuencia secundaria presentes en los textos, podemos afirmar que tanto, *Why are some materials denser than others?* y *The layers of the Earth*, poseen un alto predominio de secuencias descriptivas y explicativas. En el primero de ellos, estas secuencias responden a la discusión de por qué algunos materiales son más densos que otros o por qué algunos materiales flotan y otros no, o describen y comparan materiales como el hierro y el aluminio. Por su parte, el autor de *The layers of the Earth*, detalla cómo son las capas de la tierra y explica cómo influyen la temperatura y la presión sobre los metales que contienen las capas de la tierra.

Respecto de la tarea propuesta a los alumnos, el TP consistía en la lectura de uno de los textos y en la realización de una ejercitación válida para ambos. Así, los alumnos recibieron un texto al azar y debían leerlo y responder preguntas o completar alguna tarea, según lo requerido. Las preguntas indagaban acerca de diversos aspectos relacionados con la comprensión lectora en general como por ejemplo: qué elementos paratextuales estaban presente en los textos (gráficos, tablas, dibujos, etc.) como facilitadores de la comprensión; qué persona gramatical utilizaba el autor; si desde el punto de vista de los aprendientes, el texto describía, explicaba o narraba; qué estructuras gramaticales podían reconocer a lo largo del texto y cuáles eran las ideas predominantes. Respecto de las preguntas, los alumnos podían seleccionar una opción entre tres posibles o bien se les requería su opinión y/o

ejemplificación para lo que debían remitirse a los textos.

Como explicamos anteriormente, los textos fueron distribuidos al azar y los profesores dieron las explicaciones necesarias para la realización de la tarea. No se facilitó ayuda a los estudiantes y se les explicó que debían responder según sus conocimientos o criterios.

Hacia fines del año 2017 el grupo de aprendientes presentes en ese momento, realizó el TP y no facilitamos en esta instancia ningún tipo de instrucción previa respecto de las características propias de estos textos. Cabe destacar que al momento del TP, los contenidos de la asignatura Idioma Inglés habían sido desarrollados prácticamente en su totalidad por lo que los alumnos contaban con recursos para abordarlos y fundamentalmente con el conocimiento de las estructuras de la lengua extranjera para poner en marcha las estrategias de lectura y facilitar, de ese modo, la comprensión de los textos de especialidad. Este grupo de informantes podía recurrir a sus conocimientos previos respecto de los temas que se tratan en textos académicos o textos de ciencia y a sus criterios individuales para resolver la tarea propuesta. Los docentes no realizamos intervención previa alguna ni instrucción respecto del género en cuestión puesto que se trataba de recabar datos, observar y analizar las respuestas de los alumnos sin haberles facilitado los conocimientos formales necesarios para superar algunas de las dificultades que podrían presentarse durante la lectura.

Hacia fines del año 2018, utilizamos nuevamente el mismo TP al finalizar el segundo cuatrimestre para los alumnos que cursaban la asignatura durante este período. Los textos utilizados fueron idénticos a los que seleccionamos en el 2017 pero en esta oportunidad agregamos una pregunta en relación con el propósito del texto. A diferencia del año anterior, los alumnos del 2018 recibieron instrucción previa, en las clases teóricas, respecto de aspectos ligados a la estructura y organización del discurso académico, formas lingüísticas predominantes y finalidad del texto. En esa instancia, los profesores a cargo de la instrucción hicieron especial hincapié en el propósito del texto, razón por la cual consideramos también la inclusión de esta pregunta como parte de las tareas propuestas en el TP 2018.

Destacamos aquí la instrucción como rasgo diferencial entre las etapas 2017 y 2018 porque

nos permitirá establecer una comparación entre los dos grupos antes y después de la instrucción y a partir de los datos obtenidos, analizar el desempeño de ambos y obtener algunas conclusiones.

4 RESULTADOS

La mayoría de los datos requeridos en el TP fueron procesados y considerados en esta etapa, mientras que aquellos que no tuvimos en cuenta en esta oportunidad podrán ser utilizados en etapas posteriores de la investigación. Por lo tanto, los datos que analizamos en este trabajo son aquellos que arrojan resultados relevantes respecto del reconocimiento de los rasgos lingüístico- descriptivos típicos de los textos de ciencia que podrían optimizar la comprensión en la lectura.

En relación con el primer enunciado sobre los elementos que acompañan al texto y que facilitan la comprensión, observamos una amplia coincidencia en las respuestas de los informantes del período 2017 y del 2018. Precisamente, un alto porcentaje de alumnos, casi el 90 % en el 2017 y un 95% en el 2018, reconoce que los gráficos, las tablas y figuras en general son elementos facilitadores de la comprensión antes de comenzar con la lectura. El 30 % de alumnos en el 2017 y el 50 % en el 2018 pone atención al título de lo que va a leer y un porcentaje menor que no supera 10 % recurre a las notas, autor y fuente antes de comenzar a leer un texto en ambos períodos. Es posible que la metodología de trabajo del equipo docente a cargo del dictado de la asignatura que pone especial énfasis en la puesta en marcha de estrategias lectoras que permiten recurrir a los elementos paratextuales como facilitadores de la lectura, haya influido de manera notable sobre los resultados obtenidos.

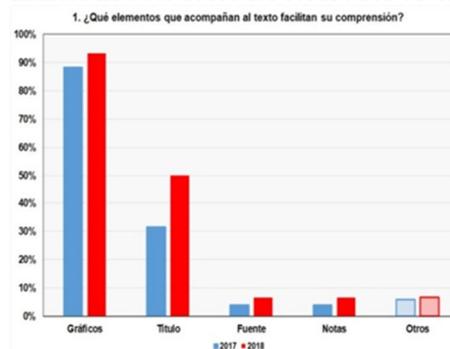


Figura 1: Elementos paratextuales que facilitan la comprensión.

Respecto del segundo enunciado, observamos que hay una amplia coincidencia en los porcentajes que arrojan las respuestas de nuestros informantes tanto en el año 2017 como en el 2018. En esta instancia les preguntamos acerca del perfil del receptor o lector a quien va dirigido el texto. Así, entre el 65 % y el 70 % de los alumnos entiende que los textos están dirigidos a un público semilego que tiene poca experiencia o conocimiento en la materia probablemente porque los temas en cuestión no requieren de un alto grado de especialización para ser comprendidos aunque los textos analizados pertenecen a libros de ciencias que tienen por objetivo impartir conocimiento del área.

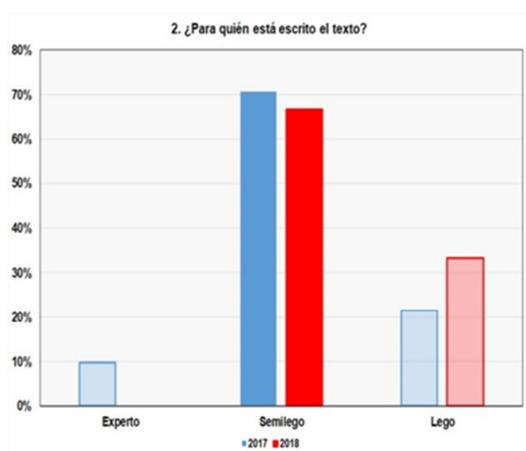


Figura 2: Perfil del receptor del texto académico.

La pregunta 3 indaga acerca de la persona o personas gramaticales que los autores utilizan en los textos analizados. En este caso en particular debemos considerar cada texto por separado tanto en el 2017 como en el 2018 puesto que cada uno de ellos proporciona una respuesta diferente. Así, en *The layers of the Earth*, el autor solo utiliza la tercera persona gramatical. Observamos que entre un 75 % y un 85 % de informantes responde correctamente en ambos periodos aunque hay un porcentaje menor de alumnos que expresan que el texto también incluye la segunda persona y un grupo muy pequeño sostiene, de manera errónea, que el autor utiliza la primera persona gramatical. Probablemente este último grupo confunde el pronombre posesivo *our* con el pronombre personal *we* de la primera persona del plural.

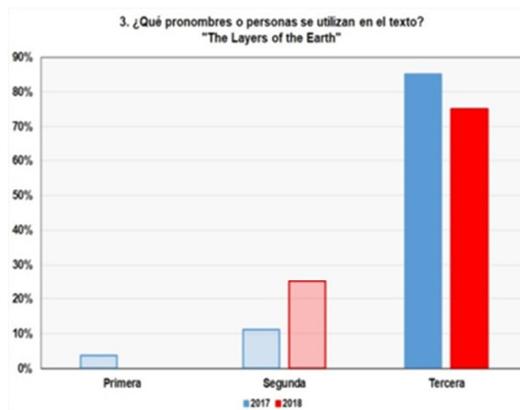


Figura 3: Pronombres personales que se utilizan en el texto *The layers of the Earth*.

Por otra parte, el texto *Why are some materials denser than others?* hace uso de la tercera persona pero también de la segunda persona gramatical. En esta instancia, podemos observar que en general los alumnos reconocen sin dificultad la tercera persona en un 80 % en los dos periodos. Recordemos que el uso de la tercera persona gramatical es un recurso lingüístico al que apelan los textos del área de la ciencia. Si bien los aprendientes reconocen el uso de la segunda persona gramatical, aproximadamente un 40 % en el 2017 y un 60 % en el 2018, podríamos decir que el porcentaje es mucho menor quizás porque son escasas las instancias de uso del pronombre *you*, mientras que en el texto abundan ejemplos de la tercera persona.

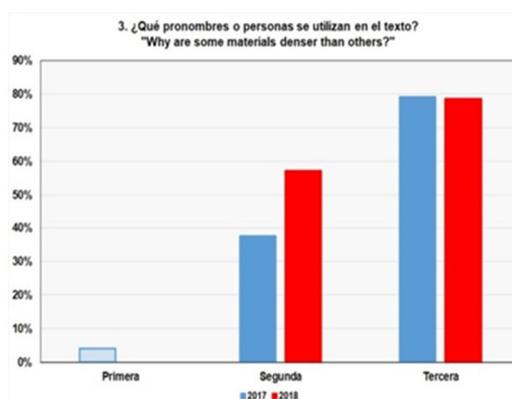


Figura 4: Pronombres personales que se utilizan en el texto *Why are some materials denser than others?*

El último enunciado analizado en este trabajo para los dos períodos es quizá el más importante para considerar el valor que podría tener la instrucción/enseñanza de los rasgos lingüísticos más significativos del género académico en las clases de lectocomprensión. Cabe destacar que para minimizar las dificultades que podemos encontrar durante la lectura, se ha insistido durante el período de instrucción en señalar los rasgos lingüístico-discursivos más destacados de los textos académicos científicos entre los que podríamos mencionar: la utilización de marcadores del discurso, el uso de la tercera persona gramatical, y fundamentalmente la abundancia de explicaciones y descripciones, entre otros. Ambos textos se proponen tanto describir estados como procesos o explicar fenómenos que ocurren en el mundo real. A partir de lo expuesto, consideramos las respuestas de los alumnos como incorrectas, adecuadas y correctas según la opinión respecto de las características de las secuencias presentes en los textos. Si consideramos los resultados obtenidos, observamos que en el año 2017, la mayoría de los alumnos (alrededor del 60 %) proporciona una respuesta incorrecta cuando opina que el texto narra, menos del 20 % opina que describe o explica (respuesta adecuada) y el 23 % da una respuesta correcta, es decir que el texto explica y describe. Por el contrario, observamos que en el año 2018 los resultados obtenidos arrojan cifras muy diferentes. Así, solo el 7 % opina que el texto es narrativo (respuesta incorrecta), el 73% proporciona una respuesta adecuada o aceptable y un 20 % afirma correctamente que el texto es de carácter descriptivo y explicativo.

A partir de estos resultados, podríamos afirmar que los informantes que recibieron instrucción respecto de las características lingüístico-discursivas de las secuencias descriptivas y explicativas de los textos fueron capaces de reconocer varios rasgos significativos como la impersonalidad que caracteriza a la neutralidad científica, el uso de terminología específica, la densidad conceptual y el lenguaje formal, entre otros.

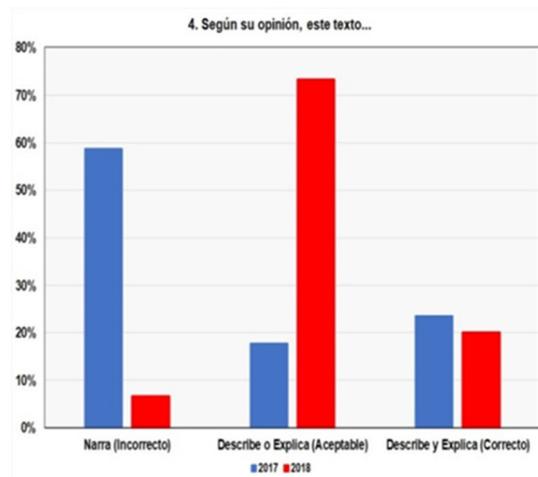


Figura 5: Respuestas sobre rasgos lingüístico-discursivos distintivos del género académico.

5 CONCLUSIONES

Esta investigación se realizó durante dos períodos consecutivos (2017 y 2018) con el propósito de describir, desde la práctica, aquellos aspectos ligados a la estructura y organización del discurso académico que contribuyan a mejorar los niveles de comprensión en lectores principiantes de LE inglés. Recordemos que el corpus en esta instancia lo conforman dos textos que poseen algún grado de especialización y cuya finalidad es difundir conocimiento, tarea que se propone el investigador o especialista de un área del saber. En relación con el propósito de nuestra presentación y a partir de lo expuesto hasta aquí, podríamos abordar algunas conclusiones parciales.

Si bien analizamos las respuestas de los alumnos de todos los enunciados del TP, durante los períodos 2017 y 2018, nuestro interés aquí se focaliza en aquellos enunciados cuyas respuestas nos aportan datos cuantificables respecto de los rasgos lingüístico-discursivos distintivos del género académico. Cabe destacar que en el 2018 el grupo de alumnos que finalizó el cursado de la asignatura se redujo considerablemente respecto del 2017.

Entre las coincidencias detectadas en estos dos grupos, destacamos la puesta en práctica de estrategias de reconocimiento de elementos paratextuales como facilitadores de la comprensión antes de la lectura. La mayoría expresa que se apoya en procedimientos tales

como lectura de títulos y subtítulos, observación de tablas y gráficas, fuente y autor para comprender mejor. Coinciden además, en que son capaces de reconocer a qué tipo de lector va dirigido el texto y en su mayoría entienden que se trata de un público con cierto conocimiento en la materia, aunque no experto, en relación con los alcances y o temas tratados. En términos generales, la gráfica nos muestra que tanto los informantes 2017 como los 2018 fueron capaces de reconocer en qué persona gramatical estaban escritos los textos aunque observamos que se equivocaron parcialmente en el texto *The layers of the Earth* y respondieron de manera errónea en ambos períodos.

Por su parte, podemos apreciar que el enunciado que refiere al tipo de secuencia discursiva, merece una consideración especial, dado que observamos respuestas dispares en ambos grupos. Así, los resultados obtenidos en el enunciado que los interroga acerca del tipo de texto o secuencias presentes en los mismos, manifiesta diferencias importantes entre los grupos de informantes ya que solo un 30 % en 2017 fue capaz de reconocer el tipo de secuencia presente en los mismos contra un porcentaje mayor al 90 % que lo logró en el año 2018, después de la instrucción. En este sentido, sostenemos que la instrucción respecto del conocimiento de la estructura y organización del género académico podría ser un factor determinante en la enseñanza de la lectura en LE que junto con los procesos cognitivos que se activan durante la lectura resultarían en la mejora de los niveles de comprensión porque minimizan las dificultades que podemos encontrar durante el proceso.

Finalmente podríamos concluir por un lado, que la instrucción sistemática de los rasgos lingüístico- discursivos más significativos podría convertirse en un instrumento que permita al docente intervenir en el proceso de comprensión del alumno y que contribuya a la adquisición de conocimientos en LE. Por otro lado, sabemos que el discurso académico-científico responde a una esfera muy específica de la actividad humana y posee rasgos característicos que deben ser enseñados con el propósito de optimizar el

proceso de comprensión lectora en textos de ciencias.

En palabras de Nassahi (2011) las investigaciones, tanto en lengua materna (LM) como en LE, demostraron que el lector exitoso es capaz de comprender la organización textual y puede utilizar esta información de manera efectiva para afianzar la comprensión. En consecuencia, cuando enseñamos inglés con propósitos académicos en el área de las ciencias, debemos considerar que además de ayudar a desarrollar competencias comunicativas generales es fundamental fomentar el desarrollo de habilidades discursivas específicas que permitan a los aprendientes reconocer las características de los discursos que circulan en los ámbitos de especialidad.

REFERENCIAS

- Adam, J.M. *Les textes: Types et prototypes. Récir, description, argumentacion, et dialogue.* Nathan, Paris, 1992.
- Bajtín, M.M. *Estética de la Creación, Siglo XXI* Editores, Buenos Aires, 2005.
- Bazerman, C. *Géneros textuales, tipificación y actividad*, Universidad Autónoma de Puebla, México, 2012.
- Calsamiglia Blancafort, H. & A. Tusón Valls, *Las cosas del decir*, Ariel, Barcelona, 2007.
- Dobson, K. *The Physical World*, Nelson Balanced Science, South Melbourne, 1991.
- Kelly, K. *Science*, Macmillan, 2008.
- Maidana, M., V. Hawkes; M. Bannasar; B. Lau y J. Abboud *Lectocomprensión en Inglés. Ciencia y Tecnología*, La aguja de Buffon, Tucumán, 2015.
- Marín, M. *Escribir textos científicos y académicos*, Fondo de Cultura Económica, 2016.
- Nassaji, J. Issues in Second-Language Reading: Implications for Acquisition and Instructions, *Language Teaching Research*, 16(3), 337-365, 2011.
- Parodi, G. El discurso especializado escrito en el ámbito universitario y profesional: Constitución de un corpus de estudio, *Revista signos*, 40(63), 147-178, 2007.

Taller para docentes del área matemática con el uso de TIC orientado a la formación por competencias: una experiencia

Borré, Claudia M.¹; Ruiz Collivadino, Ignacio N.²; Hurtado, Julia M.²

(1) Facultad de Ingeniería, Cátedra de Análisis Matemático I, Universidad Nacional de Salta

(2) Facultad de Ingeniería, Cátedra de Álgebra Lineal y Geometría Analítica, Universidad Nacional de Salta (UNSa).

cmorre@gmail.com; ignaciogd_89@hotmail.com; julia_mhurtado@yahoo.com.ar

RESUMEN: en las III Jornadas de Educación Matemática JEM de la Facultad de Cs. Exactas, UNSa (2018) se presentó el Taller “Superficies Cuádricas con Geogebra”, dirigido a docentes del área matemática y alumnos avanzados de ingeniería o carreras afines. Se decidió trabajar con Geogebra por su sencillez, potencialidades matemáticas y didácticas y su carácter de software interactivo, colaborativo y libre, que facilita la construcción de saberes. Así, las TIC se aplicaron al tema superficies cuádricas, donde se integran varios conocimientos, y se facilitó su representación gráfica, resolviendo o verificando los resultados obtenidos por los métodos algebraicos tradicionales. El taller se extendió durante tres días, donde los asistentes, en forma guiada, resolvieron las actividades propuestas, socializando los resultados a través de un proyector multimedia. También les fueron suministradas sendas encuestas, antes y después del curso; su análisis y las conclusiones de tal experiencia se manifiestan en el presente trabajo.

ABSTRACT: During the III Conference of Mathematical Education JEM of the Department of Cs. Exactas, UNSa (2018) the Workshop "Quadric Surfaces with Geogebra" was presented. It was aimed at teachers in the mathematical area and advanced students of engineering or related careers. Geogebra was chosen because of its simplicity, its mathematical and didactic potentials, and its identity as interactive, collaborative free software, which simplifies the construction of knowledge. In this way, ICTs were applied to the theme of quadric surfaces, integrating previous knowledge. It also allowed for the simplification of its graphical representation, resolving or verifying the results obtained through traditional algebraic methods. The workshop was extended for three days, where the attendees, guided by tutors, solved the proposed activities, socializing the results through a multimedia projector. They were also given surveys, before and after the course; their analysis and the conclusions of said experience are presented in this paper.

Palabras claves: superficies cuádricas- TIC- competencias

Keywords: quadric surfaces- ICTs- competences

1 INTRODUCCIÓN

Como es sabido, la enseñanza de la Matemática atraviesa actualmente un período de crisis y debe enfrentar diferentes desafíos. Según Callejo (2003), los estudiantes de Matemática ven su aprendizaje como una tarea rutinaria y aburrida, donde pronto se pierde el verdadero interés de su estudio. De ahí la necesidad de cambiar esta

realidad. Tanto para la enseñanza como para el aprendizaje de la geometría se presentan dificultades en el tratamiento de la resolución de problemas, ya que visualizar figuras geométricas, lograr conceptualizar e incorporar propiedades para justificar respuestas a los problemas es una tarea que por lo general ha sido reemplazada por tareas puramente algebraicas y aritméticas. En la geometría no sólo el uso de fórmulas es importante para resolver situaciones problemáticas, sino

también visualizar y tener un razonamiento adecuado. En este sentido, Sánchez Rosal (2012) recomienda una paulatina incorporación de los recursos tecnológicos como complemento de la enseñanza tradicional en el ámbito universitario y pone énfasis en la importancia de los procesos de visualización, que permite la asimilación de conceptos abstractos en base de imágenes o representaciones que las TIC proporcionan. Por su parte, Castañeda (2004) argumenta que la visualización permite resolver, a veces de forma más sencilla, problemas que en algunas ocasiones pueden resultar complicados. La visualización y el razonamiento son dos habilidades que se pueden desarrollar haciendo uso efectivo de una herramienta de aprendizaje. El alumno puede así resolver problemas y validar resultados, construyendo un aprendizaje significativo. En tal sentido, Ausubel (2002) afirma que se debe contar con la predisposición para aprender y un material potencialmente significativo; para ello, debe brindar la posibilidad de establecer y desarrollar relaciones de manera no arbitraria y no literal con cualquier estructura cognitiva. Además dicha estructura debe contener ideas preexistentes que cumplan la función de un andamiaje adecuado para que pueda incorporarse el nuevo material. En este contexto se determinó orientar este Taller precisamente hacia el desarrollo de las habilidades mencionadas incorporando el uso del software de geometría dinámica Geogebra como una forma de mejorar el aprendizaje en el tema Cuádricas.

La enseñanza tradicional de la geometría se convierte en una actividad repetitiva que no da lugar al debate de los procedimientos que los estudiantes realizan, ni permite desarrollar procesos cognitivos, reflexivos y compartidos, ni a descubrir las diferentes maneras de resolver un mismo problema, y aún menos a validar cada uno de los procedimientos realizados. A la luz de estas dificultades se propuso el taller con docentes y estudiantes, con el fin de enriquecer los contenidos enseñados desde una nueva perspectiva: las TIC. A través del uso del software de geometría dinámica Geogebra se puede visualizar la interpretación geométrica de una manera sencilla para el estudiante, permitiendo además verificar los resultados obtenidos analíticamente, y aplicarlo a la modelización de problemas. En el marco de la formación por competencias-saber, saber hacer, saber ser y saber ser con otros- se presenta a un grupo de docentes y estudiantes otro enfoque a

este tema, que les permita dar una nueva dinámica a sus clases. A la vez, se evaluó mediante encuestas a los asistentes la receptividad ante esta alternativa. El taller se enfocó en el tema puntual “Cuádricas”, porque resulta muy interesante para desarrollar con Geogebra, especialmente para su representación gráfica y la integración de los conceptos de las mismas.

2 OBJETIVOS DEL TRABAJO

En el marco del Proyecto N° 2386 del CIUNSa (Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Salta), el objetivo es estimar la receptividad de los asistentes al taller de referencia, donde los asistentes se familiarizaron o profundizaron el uso de Geogebra, enfocado al aprendizaje centrado en el alumno. Metacognitivamente, se buscó revelar la importancia de las TIC dentro de las nuevas formas de mediación pedagógica para el desarrollo de competencias.

3 DESTINATARIOS DEL TALLER

El taller estuvo destinado a miembros del nivel educativo superior: docentes y alumnos de las carreras de ingeniería, profesorado y licenciatura en Matemática y demás carreras afines, que posean conocimientos del tema “Cuádricas”. En tal carácter, fueron requeridos conocimientos de Álgebra Vectorial y Geometría Analítica, específicamente los temas cónicas y cuádricas, y conocimientos básicos de Geogebra.

4 CONTENIDOS Y ORGANIZACIÓN DEL TALLER

Los contenidos del Taller incluyen:

Cónicas: concepto, definición, clasificación, ecuaciones canónicas, representaciones gráficas.

Cuádricas: concepto, definición, clasificación, ecuaciones canónicas, representaciones gráficas, trazas, superficies regladas, demostraciones.

Geogebra: comandos básicos. Construcción de Cuádricas.

4.1 Primer día

Identificación y clasificación de las diferentes cuádricas.

Uso de los comandos básicos del software

Geogebra.
 Gráfica de las distintas cuádricas con Geogebra.
 Realización de las intersecciones de las cuádricas con los planos coordenados, en forma analítica.
 Verificación de las cónicas resultantes de las intersecciones realizadas mediante el uso del Geogebra.

4.2 Segundo día

Obtención gráfica de las trazas con Geogebra, para cualquier plano paralelo y “no paralelo” con los planos coordenados.
 Uso de los comandos “deslizadores” del software para desplazar los planos.
 Superficies Regladas: demostraciones sencillas para verificar con Geogebra.

4.3 Tercer día

Superficies Regladas: demostraciones de mayor complejidad para realizar con Geogebra.
 Demostraciones para integrar todos los conceptos desarrollados.

5 METODOLOGÍA – MATERIALES

Se proveyeron las encuestas en el inicio y luego en la finalización del taller, y una Guía de Actividades relativo al tema cuádricas, organizada en orden creciente de dificultad, que se adjuntan como anexos (Anexos 1 a 3, respectivamente). Los asistentes debían traer netbooks, notebooks o smartphones. Se emplearon computadoras y proyector multimedia, tanto para los repases preliminares como para la socialización y explicaciones adicionales, además de pizarra y marcador. Como software, además de algunas presentaciones en Powerpoint para repaso, el protagonista fue Geogebra, versiones 5 o 6, por su gran versatilidad y simplicidad para su uso en matemática. Siendo un programa libre, y de código abierto, resulta accesible para cualquier usuario, además de su disponibilidad tanto para PC como para celulares.

Primeramente, se recordaron los conceptos y ecuaciones de las diferentes cuádricas (con y sin centro), incluyendo también los conceptos de superficie reglada. Se presentó una breve explicación de los comandos básicos del Geogebra. Se organizaron grupos entre los integrantes, para la discusión y planteo de las actividades de la Guía, realizadas con papel y

lápiz; tales ejercicios resueltos, posteriormente se visualizaron y verificaron con Geogebra para una mejor interpretación del tema. Los docentes del taller actuaron como facilitadores o mediadores durante su desarrollo.

A medida que se avanzó con el taller, los mismos cursantes plantearon distintas maneras de resolver los ejercicios con Geogebra.

A modo de ejemplo, en la Fig.1 se representa uno de los ejercicios planteados en la Guía de Actividades (Anexo 3).

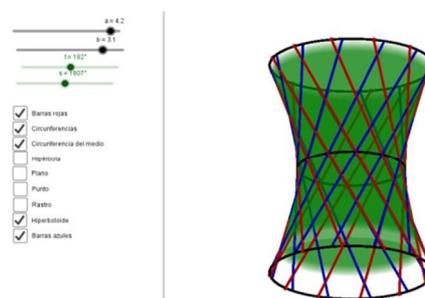


Fig.1. Ejemplo de ejercicio desarrollado en el taller de la Guía de Actividades.

Para finalizar, se realizó una Encuesta Final a todos los cursantes, acerca de los aspectos del taller. Tales encuestas constituyen la base del presente trabajo

6 ANÁLISIS

En la Encuesta Inicial participaron 20 asistentes, integrados según se indica en Tabla 1.

Tabla 1. Composición de asistentes al taller.

DOCENTES	9	UNIVERSITARIO	4
		NO UNIVERSITARIO	5
ESTUDIANTES	11	PROF.	
		MATEMÁTICA	3
		LIC. MATEMÁTICA	2
		INGENIERÍAS	6

Las encuestas fueron breves, con mezcla de preguntas sí/no con respuesta abierta, ambas muy sencillas: la inicial preguntaba sobre nivel de conocimientos previos de Geogebra, y su implementación en el aula, así como las expectativas y motivación respecto al taller. En la encuesta final, llevada a cabo por 15 asistentes, se indagó su opinión respecto al taller, así como sus aspectos positivos y negativos y sugerencias de mejora (tipo PIN: positivo, interesante, negativo).

7 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

7.1 Encuesta inicial-Anexo 1

-Tanto alumnos como docentes manifestaron conocer Geogebra, o tener conocimientos básicos de Geogebra (100%).

-Entre los docentes no universitarios, la mayoría (80%) lo usó para funciones de una variable, especialmente trigonometría, y en construcciones geométricas en el plano.

-Entre los docentes universitarios, casi todos lo empleaban para funciones de varias variables, y geometría en R^2 y R^3 .

-La motivación, y expectativas radicaron en saber más sobre el software, su potencial y cómo aplicarlo, particularmente en superficies cuádricas. Los docentes lo vieron como un medio no sólo de enseñanza y visualización de cuádricas, sino también de motivación de los estudiantes.

7.2 Encuesta final-Anexo 2

Respecto a las preguntas SÍ/NO, en relación al grado de dificultad del taller, los resultados se resumen en Tabla 2.

Tabla 2. Grado de dificultad percibido del taller

-Manifestaron cierta dificultad	4	26.7%
-Sin dificultad	11	73.3%

Los asistentes se mostraron unánimemente satisfechos respecto sus expectativas iniciales, así como con las explicaciones, actividades propuestas, organización de contenidos del taller y

rol de los tutores, contribuyendo a la comprensión del tema de estudio.

Los resultados más desfavorables correspondieron a las preguntas 4 y 6, relativas al uso posterior de Geogebra en 3D, y a la mayor comprensión de cuádricas, respectivamente: en ambas, 13.3% contestaron que no, correspondiendo a alumnos (Fig.2).

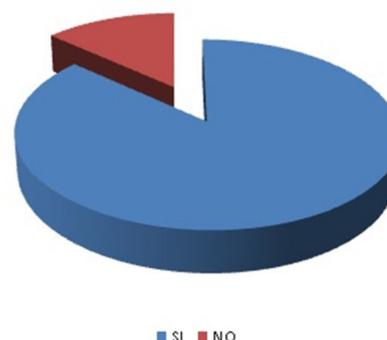


Fig.2. Respuestas a preguntas 4 y 6 de la Encuesta Final

En las preguntas abiertas, respecto a los aspectos positivos, mencionaron la visualización de cuádricas con Geogebra y el amplio manejo y disposición de los tutores.

Como aspectos negativos, consideraron que la infraestructura era inadecuada para el uso de laptops; mencionaron también la impuntualidad debido al retraso de conferencias previas.

Respecto a su uso en los procesos de enseñanza-aprendizaje, unánimemente estudiantes y docentes manifestaron su contribución positiva en la comprensión y uso de las TIC, en la validación de resultados analíticos, principalmente en R^3 .

Finalmente, sugirieron incorporar más ejercitación de tipo desafío; más tiempo para desarrollar trabajos grupales e interacción con los tutores y "encontrar modos para que las demostraciones sean menos tediosas" en papel, para aprovechar mejor el curso.

7.3 Conclusiones

Analizando las encuestas, consideramos que los resultados fueron altamente satisfactorios.

Los aspectos negativos están vinculados a aspectos externos al taller en sí mismo.

Respecto a las sugerencias, se tendrán en cuenta los aspectos vinculados a la organización en grupos e interacción, dado que el nivel de

conocimientos previos sobre cuádricas fue bastante dispar.

Se analizará el uso de otros medios para los desarrollos teóricos.

Se reformularán las encuestas, de modo de aumentar y mejorar la información adquirida, especialmente en lo vinculado a competencias.

Aquí se manifiesta, subyacentemente, el potencial de Geogebra como alternativa y/o complemento de estrategias de mediación pedagógica. Por otra parte, en la dinámica impartida al taller, fue natural, y evidente, la contribución no sólo estrictamente a competencias del “saber entender y saber hacer” matemático, sino a otras como colaboración en trabajos grupales, aprendizaje autónomo (guiado) y comunicación efectiva, las cuales forman parte de las competencias genéricas de egreso del estudiante de Ingeniería, planteadas en el Libro Rojo de CONFEDI, de reciente aprobación.



Fig.3. Cierre del taller, con docentes y alumnos.

8 REFERENCIAS

- Ausubel, D.P., *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*, Ed. Paidós, Barcelona, 2002.
- Callejo, N., A. Vila, *Origen y formación de creencias sobre la resolución de problemas*. Boletín de la Asociación Matemática Venezolana, 2003.
- Castañeda, F., *Conferencia sobre visualización y matemáticas*. Universidad de País Vasco, 2004
- Fioriti, G. *Geogebra entra al aula de matemática*. Ed. Miño y Dávila, Bs. As., 2012.
- Kindle, J., *Geometría analítica*. Ed. Mc Graw-Hill, Serie Schaum, México, 2007
- Kozak, A., S. Pastorelli y P. Vardanega, *Nociones de geometría analítica y álgebra lineal*, Ed. McGraw-Hill, Buenos Aires, Argentina, 2017
- Sanchez Rosal, A., Incorporación de las TIC en el aprendizaje de las matemáticas en el sector universitario. *Revista de educación matemática, Unión Matemática Argentina*, 27(3), 23-28, 2012.
- CONFEDI, Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina. (Libro Rojo), 2018/19.
- Kowalski, V. A., Morano, D. E., Erck, I. M., Enríquez, H. D., & Arlettaz, M. M. (2018-2019), Curso de posgrado a distancia “Experto en Formación por Competencias para estudiantes de Ingeniería”, auspiciado por CONFEDI. Oberá, Misiones: Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones.

ANEXO 1: ENCUESTA INICIAL

JEM III – 2018 – SALTA

TALLER: SUPERFICIES CUÁDRICAS CON GEOGEBRA

ENCUESTA INICIAL

1. Conoce el software Geogebra? SI..... NO.....
2. Posee conocimientos básicos sobre su uso? SI..... NO.....
3. Utiliza este software en algún tema en particular? SI..... NO.....
En qué tema lo utiliza?.....
4. Es usted docente? SI.....
NO.....
De qué nivel académico?.....
5. Es usted alumno? SI.....
NO.....
De qué carrera?.....
6. Posee conocimientos del tema Cuádricas? SI..... NO.....
7. ¿Considera Ud. Que el uso del Geogebra contribuiría positivamente en su aprendizaje?
¿Por qué?
8. ¿Cuáles fueron los motivos por los cuales se inscribió en este taller?

ANEXO 2: ENCUESTA FINAL

JEM III – 2018 – SALTA

TALLER: SUPERFICIES CUÁDRICAS CON GEOGEBRA

ENCUESTA INICIAL

1. ¿Tuvo dificultades con los conceptos desarrollados en el taller?
Sí.... NO.....
2. ¿Las explicaciones sobre el uso del Geogebra le parecieron adecuadas?
Sí.... NO.....
3. ¿Las actividades propuestas en la Guía de Trabajo le parecieron adecuadas?
Sí.... NO.....
4. ¿Podría decir que está en condiciones de usar el Geogebra en 3D para distintas actividades luego del haber realizado el taller?
Sí.... NO.....

5. ¿Considera que el taller se presentó de manera organizada?

SÍ.... NO.....

Si su respuesta fue negativa, ¿podría decir por qué?

6. Considera que Geogebra le permitió aclarar conceptos sobre cuádricas?

SÍ.... NO.....

7. ¿Este taller cumplió con sus expectativas?

SÍ.... NO.....

Si su respuesta fue negativa, ¿podría explicar por qué?

8. ¿Podría mencionar qué aspectos positivos encontró en el taller?

9. ¿Podría mencionar qué aspectos negativos encontró en el taller?

10. ¿Qué sugerencias le gustaría aportar para el desarrollo de futuros talleres?

ANEXO 3: GUÍA DE ACTIVIDADES

TALLER JEM-2018-SALTA

GUÍA DE ACTIVIDADES

Ejercicio N°1

Identifique las siguientes cuádricas:

a) $4x^2 + 9y^2 + 16z^2 = 144.$

b) $4x^2 + 9y^2 - z^2 = 36.$

c) $4x^2 - 9y^2 - 9z^2 = 36.$

d) $16x^2 + 25z^2 = 20y.$

e) $x^2 - y^2 = 9z.$

Ejercicio N°2

Para cada una de las cuádricas dadas en el ejercicio anterior encuentre sus trazas (intersecciones con los planos coordenados):

a) De manera analítica, mostrando la cónica resultante en cada caso.

b) Gráficamente, utilizando Geogebra de tal modo que se verifique visualmente lo encontrado en el inciso anterior.

Ejercicio N°3

Utilizando Geogebra, encuentre un modo de hallar gráficamente las trazas para cualquier plano paralelo a los planos coordenados. Es decir, encuentre un modo de desplazar un plano de manera que siempre sea visible la intersección de ese plano con la cuádrlica. Tome una de las cinco cuádrlicas del ejercicio 1 para verificar.

Ejercicio N°4

Utilizando Geogebra:

- a) Grafique un plano que no sea paralelo a los planos coordenados.
 - b) Encuentre alguna manera de hacer que el plano se mueva en la dirección de su vector normal. Es decir, de desplazar el plano sin alterar el vector normal del mismo.
 - c) Elija una de las cinco cónicas del ejercicio 1 y encuentre la intersección del plano móvil con la misma.
 - d) ¿Se obtiene siempre la misma cónica al desplazar el plano? ¿Por qué?
-

Ejercicio N°5

Es sabido que el Hiperboloide de una hoja y el Paraboloides hiperbólico son superficies regladas. Elija una de estas dos superficies de las halladas en el ejercicio 1 y encuentre una forma gráfica de encontrar las dos rectas pertenecientes a la cuádrlica que pasan por cualquier punto de la misma.

Ejercicio N°6

Suponga lo siguiente: Se tienen dos circunferencias ubicadas en el espacio, ambas tienen el mismo radio, las dos están ubicadas en planos paralelos entre sí y sus centros están ubicados en un eje perpendicular a ambos planos.

- a) ¿Cuántos Hiperboloides de una hoja pasan por estas dos circunferencias? Muestre analíticamente por qué.
 - b) Tome un punto en la primera circunferencia y otro en la segunda, luego tome la recta que pasa por estos dos puntos. ¿Cuántos Hiperboloides de una hoja pasan por todos los puntos de esta recta?
 - c) Intente encontrar, usando Geogebra, el Hiperboloide planteado en el inciso anterior a partir de los elementos dados.
 - d) Demuestre analíticamente que bajo las condiciones presentadas en el inciso b solo existe un Hiperboloide de una hoja que contenga a todos los puntos de la recta.
 - e) Muestre, gráficamente, que por todos los puntos de la recta anterior pasa otra recta que también está contenida en el Hiperboloide.
-

Ejercicio N°7

Suponga lo siguiente: Se tienen tres circunferencias ubicadas en el espacio en planos paralelos entre sí y con centros que están ubicados en un eje perpendicular a los planos.

- a) Grafique las tres circunferencias en Geogebra de tal modo que sus radios y la separación entre ellas sean variables.
- b) ¿Cuántas cuádricas pasan por las tres circunferencias? ¿Cuáles?
- c) Demuestre analíticamente que estas tres circunferencias definen una única cuádrica.

Halle una manera de graficar la cuádrica generada por las tres circunferencias de manera tal que esta varíe en función de la variación de los radios y la separación de las mismas.

El enfoque por competencias y la evaluación en el laboratorio de física

Bravo, Silvia^{1,2}

(1) *Facultad de Ciencias Exactas Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. sbravo@herrera.unt.edu.ar*

(2) *Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.*

RESUMEN: Las carreras de ingeniería en Argentina se enfrentan en forma reciente al desafío de implementar un currículo basado en competencias. El trabajo en un laboratorio de física básica tiene un gran potencial para el desarrollo de competencias de tipo tecnológico desde la disciplina, además de competencias sociales, políticas y actitudinales. El concepto de competencia es complejo y con una amplia variedad de acepciones desde distintas escuelas de pensamiento, pero el movimiento en torno al desarrollo de competencias se ofrece como oportunidad para revisar la metodología de trabajo y encarar reestructuraciones desde un marco teórico que sustente a este enfoque. Se rescatan los aportes a la didáctica desde las perspectivas cognitivista y socio-constructivista, que implican una serie de cambios en la visión del docente y del estudiante sobre el proceso de evaluación. Se trata de repensar la evaluación, en su instrumentación y en su propia lógica, mediante la combinación de diversos instrumentos. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de una evaluación de exposición grupal, como primer resultado de este proceso de cambio en la concepción de evaluación en el ámbito del laboratorio. Responde al objetivo de evaluar desempeños con objetividad y consistencia, además de proporcionar una realimentación a los estudiantes en un tiempo razonable.

ABSTRACT: Engineering careers in Argentina recently face the challenge of implementing a competency-based curriculum. The work in a basic physics laboratory has great potential for the development of technological skills from the discipline, as well as social, political and attitudinal skills. The concept of competence is complex and with a wide variety of meanings from different schools of thought, but the movement around the development of competences is offered as an opportunity to review the work methodology and face restructuring from a theoretical framework that supports this approach. Contributions to teaching are rescued from the cognitive and socio-constructivist perspectives, which imply a series of changes in the teacher and student's vision of the evaluation process. It is about rethinking the evaluation, in its instrumentation and in its own logic, by combining various instruments. This paper presents the preliminary results of a group exposure assessment, as the first result of this process of change in the conception of evaluation in the laboratory setting. It responds to the objective of evaluating performances with objectivity and consistency, in addition to providing feedback to students in a reasonable time.

Palabras claves: competencias – física – laboratorio - evaluación

Keywords: competences - physics – laboratory- evaluation

1 INTRODUCCIÓN

1.1 *Antecedentes del enfoque por competencias*

El enfoque por competencias en el ámbito universitario tiene su origen en la Declaración de Bolonia y la creación del Espacio Europeo de Educación Superior en 1999.

La Declaración de Bolonia tuvo un carácter político, al enunciar una serie de objetivos e instrumentos para lograrlos pero sin fijar deberes jurídicamente exigibles. Los principales objetivos de la declaración de Bolonia se refieren a la adopción de un sistema fácilmente legible y comparable de titulaciones, basado en dos ciclos principales, el establecimiento de un sistema de

créditos y la promoción de la cooperación Europea para asegurar un nivel de calidad para el desarrollo de criterios y metodologías comparables.

El Proyecto Sócrates-Erasmus Tuning Educational Structures in Europa comenzó a desarrollarse en este contexto de reflexión sobre educación superior que siguió al proceso de Bolonia y respondió a la necesidad de implementar estas reformas en las instituciones de nivel superior. El proyecto se orientó hacia la definición de competencias genéricas y específicas de cada área temática de los graduados de primer y segundo ciclo.

La llegada de este enfoque a América Latina se produce en el año 2004 y se extiende hasta 2007. Durante la IV Reunión de Seguimiento del Espacio Común de Enseñanza Superior de la Unión Europea, América Latina y el Caribe (UEALC) en Córdoba (España) en octubre de 2002, los representantes de América Latina que participaron en el encuentro, tras escuchar la presentación de los resultados de la primera fase del Tuning europeo, expusieron la inquietud de proponer un proyecto similar con América Latina. Desde ese momento se empezó a preparar la iniciativa, que fue presentada por un grupo de universidades europeas y latinoamericanas a la Comisión Europea a finales de octubre de 2003.

Así, entre julio y agosto de 2004, los 18 países latinoamericanos participantes fueron visitados por los coordinadores del proyecto Tuning europeo para explicar, dialogar y reajustar la propuesta con los ministerios de educación de esos países. A ello siguieron reuniones periódicas que se celebraron en Buenos Aires, Brasil, San José de Costa Rica, Bruselas y México, entre 2005 y 2007.

Paralelamente, en Argentina, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), organismo creado en 1988, venía realizando una ardua labor en la década del 90 con la homogeneización de las titulaciones en ingeniería y enfrentando el proceso de acreditación de carreras con la nueva Ley de Educación Superior. Con el objetivo de darle continuidad al estudio de los temas relacionados con la formación de ingenieros en el ámbito iberoamericano, participó activamente en la creación de una organización denominada Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI), hoy en día foro permanente de debate y acuerdo entre los 13

países de Iberoamérica (González, Wagenaar y Beneitone, 2004).

Se entiende así la influencia del contexto exterior en la decisión del CONFEDI de incorporar resultados del proyecto Tuning América Latina y trabajar con el modelo de competencias, llegando a definir en 2006 las Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino y en 2017 a elaborar el Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería, con el que se propone:

- Actualizar y consolidar el actual Modelo de Formación de Ingenieros.
- Consolidar un modelo de “Aprendizaje Centrado en el Estudiante” (ACE).
- Definir un modelo comparable internacionalmente.
- Definir un modelo de educación basado en competencias, contenidos, intensidad de formación práctica y sistema de transferencia de créditos.

Este modelo se encuentra ya en pleno proceso de aplicación en las Universidades Nacionales, lo que implica un cambio curricular acorde con la nueva propuesta. Si bien hasta el momento se están realizando talleres de capacitación para docentes, una reforma de este tipo implica la necesidad de cambios profundos en el modo de pensar del cuerpo docente y se trata de una postura a asumir colectivamente y a largo plazo por todos los actores involucrados.

1.2 Sobre el concepto de competencias

En el Proyecto Tuning europeo las competencias representan una *combinación dinámica de conocimientos, comprensión, habilidades y capacidades*. Se desarrollan en forma gradual y a lo largo de todo el proceso educativo y son evaluadas en diferentes etapas. Pueden estar divididas en competencias relacionadas con la actividad profesional en general (competencias genéricas) y con un área de conocimiento (específicas de un campo de estudio). El objeto de los programas educativos es la promoción de estas competencias, que son evaluadas en diferentes etapas. Usa el término habilidades como sinónimo de capacidades, relacionadas con los perfiles profesionales o de egreso de los programas de estudio.

Tuning America Latina reconoce que no es simple definir el término de competencia. En este ámbito de la educación, reconoce a las

competencias como una red conceptual amplia que hace referencia a una formación integral por medio de nuevos enfoques pedagógicos en áreas diversas como la cognoscitiva, psicomotora y afectiva. La competencia abarca todo un conjunto de capacidades que se desarrollan a través de procesos que conducen a la persona a ser competente para realizar múltiples acciones (cognitivas, sociales, culturales, afectivas, laborales, etc.) dentro de un contexto específico. Así, la formación integral se va desarrollando poco a poco, por niveles de complejidad, en los diferentes tipos de competencia: básicas o fundamentales, genéricas o comunes, específicas o especializadas y laborales.

El concepto de competencia elaborado por CONFEDI considera los aportes del sociólogo suizo Perrenoud (1997) y del consultor de empresas Le Boterf (2000), definiendo la misma como 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.*

En esta definición podemos distinguir una reflexión más profunda sobre el concepto de competencia y un avance en la definición de la misma, en cuanto va más allá de considerarlas como un conjunto de capacidades que se integran para resolver eficazmente situaciones. Aparece aquí la noción de articulación de estructuras mentales, de movilización de distintos saberes o recursos en un contexto determinado para resolver una situación. Es una representación de lo que realiza una persona competente actuando en una determinada situación, y en este sentido, es un aporte importante para el diseño del currículo.

Un gran número de autores advierte sobre la polisemia del término competencia. Se señala además la inconsistencia y falta de claridad en la estructura conceptual del término competencia, por lo cual se confunde con otros conceptos similares tales como inteligencia, funciones, capacidades, calificaciones, habilidades, actitudes, destrezas, indicadores de logro y estándares (Cano García, 2008):

Las distintas posturas sobre el concepto de competencia oscilan entre una definición basada en una perspectiva de corte conductual como “suma” de conocimientos o “aplicación” de conocimientos teóricos o prácticos en función de

lograr eficacia, hasta definiciones basadas en una perspectiva cognitivista, como capacidades amplias que permiten elegir y movilizar diferentes tipos de recursos, de manera pertinente y creativa para enfrentar o resolver con éxito una situación.

Climent (2010) afirma que pese a la gran complejidad de los modelos y sistemas que adoptan el enfoque de competencias y a la falta de claridad sobre el significado de éstas, muchos de los actores sociales (autoridades, empleadores, docentes, instructores, trabajadores y estudiantes) involucrados en la gestión de dichos modelos y sistemas, manejan el término competencias como parte de un vocabulario común, en el que se asumen entendimientos compartidos, al margen de cualquier reflexión y conocimiento de fondo.

Al problema mencionado se suma otro motivo de confusión: el vocablo *skills* en inglés se usa, de manera indistinta, para referirse a habilidades, destrezas, competencias, calificaciones, aptitudes y/o talentos, por lo que su significado está estrechamente ligado al contexto de la palabra. En español, en cambio, no existe un término genérico equivalente a *skills*, y sí varios que se relacionan con éste. Muchas veces, las traducciones al español pasan por alto esta situación, o bien, es difícil resolverla y como consecuencia, por ejemplo, cuando en inglés se habla de habilidades, en español se mencionan competencias, o al revés, cuando de lo que se trata es de competencias, en español, aparecen destrezas (Climent, 2010).

Sin embargo, existen importantes diferencias entre habilidades y competencias. Cabe mencionar que las habilidades forman parte de las competencias, son constructoras de éstas y por el contrario, las competencias no son componentes de las habilidades. Por otra parte, para las habilidades el contexto puede ser secundario, pero para las competencias es siempre crítico. Y en cuanto a los valores, las habilidades carecen de éstos, mientras que son el soporte fundamental de las competencias.

1.3 Modelos de aprendizaje que sustentan el enfoque por competencias

En las diferentes acepciones del concepto de competencia no se visibiliza un modelo conceptual explicativo del desempeño, que tenga en cuenta la relación entre procesos cognoscitivos, instrumentos y estrategias dentro

del marco del saber ser, el saber conocer y el saber hacer (Tobón; 2004; Gimeno Sacristán, 2008). ¿Cómo diseñar entonces una propuesta basada en el desarrollo de competencias?

Situándonos en una perspectiva cognitivista del concepto de competencias (Perrenoud, 2004), el desarrollo de las mismas en la educación lleva a implementar una enseñanza para la comprensión, basada en métodos y estrategias diversas, así como a considerar modalidades alternativas de evaluación (Gimeno Sacristán, 2008). Esta perspectiva cognitiva se viene desarrollando hace décadas y considera que las personas construyen “modelos” o “esquemas” que utilizan para interpretar sus experiencias y abordar las diferentes situaciones. Estos “modelos” o “esquemas” son vistos como unidades estructuradas y relacionadas entre sí de un modo específico.

Según Fernández March (2010), la formación por competencias se basa en puntos de encuentros de dos corrientes teóricas en las ciencias de la educación: el cognitivismo y el constructivismo.

El cognitivismo se ocupa de la manera en la que el estudiante adquiere y aplica los conocimientos y las habilidades. Se concentra en las actividades mentales del estudiante que conducen a una respuesta y reconocen los procesos de planificación mental, la formulación de metas y la organización de estrategias. Desde este enfoque, entonces, se lo considera un participante activo del proceso de aprendizaje. Por lo tanto, propone estrategias de formación susceptibles de favorecer la construcción gradual de los conocimientos en el estudiante tomando en cuenta los elementos afectivos, cognitivos y metacognitivos de los mismos y pone énfasis en la creación de ambientes de aprendizaje que permitan y estimulen a los estudiantes a hacer conexiones con conocimientos previos (uso de ejemplos pertinentes, analogías, etc.)

El enfoque constructivista se basa en las visiones filosóficas y psicológicas de los trabajos de Piaget y Bruner. A partir de los 90, el constructivismo comenzó a recibir mayor atención en el aprendizaje de diferentes disciplinas. Es una teoría que equipara al aprendizaje con la creación de significados a partir de experiencias. Pero aun cuando el constructivismo se considera una rama del cognitivismo al concebir el aprendizaje como una actividad mental, no comparte con los cognitivistas ni con los conductistas la creencia que el conocimiento es independiente de la mente

y puede ser "representado" dentro del alumno. Los constructivistas no niegan la existencia del mundo real, pero sostienen que lo que se conoce de él nace de la propia interpretación de la experiencia.

El constructivismo hace hincapié en el papel activo del estudiante como constructor de su aprendizaje y sostiene que los nuevos conocimientos se adquieren progresivamente relacionándolos con los conocimientos anteriores. Propone fomentar la autonomía y la iniciativa del aprendiz, presentarle tareas que tengan significado, favorecer el aprendizaje por medio de la manipulación del material y la interacción con los demás, apoyar y guiar al estudiante en su aprendizaje y en su acción para construir sus conocimientos, su saber ser y su saber hacer (Lasnier, 2000).

Teniendo en cuenta el concepto de competencia desde una visión cognitiva y las implicaciones para una educación basada en este enfoque, se considera adecuado considerar un marco teórico de aprendizaje de la psicología cognitiva como modelo de construcción de conocimientos. Se considera la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud y sus puntos de encuentro con la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel y la teoría sociolingüística de Vigotsky. Hasta el momento ya se han desarrollado propuestas didácticas para el ámbito del laboratorio de física desde esta visión cognitiva.

Los aportes de estos marcos teóricos permiten determinar las actividades experimentales para el desarrollo de las competencias a través de la construcción progresiva de esquemas, así como la organización del trabajo de los profesores y trabajo grupal de los estudiantes durante las actividades de aprendizaje.

2 LAS ACTIVIDADES DE LABORATORIO Y SU EVALUACIÓN

2.1 *Competencias a desarrollar en el laboratorio de física básica*

Hay que ser conscientes de que no todas las asignaturas trabajarán todas las competencias, por lo tanto cada asignatura se comprometerá a ofrecer oportunidades de desarrollo únicamente en aquellas que, por la lógica de su disciplina, por la metodología que utiliza, por su situación en el plan de estudios puede realmente trabajar.

De las diez competencias genéricas de egreso que define el CONFEDI, consideramos que en el laboratorio de física de primer y segundo año de ingeniería, con un adecuado diseño de las actividades, podemos contribuir en distinto grado, al desarrollo gradual de las siguientes competencias de tipo tecnológico, sociales, actitudinales y políticas:

- Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- Competencia para gestionar -planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
- Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
- Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Competencia para comunicarse con efectividad.

Teniendo en cuenta estas competencias, el trabajo grupal que se propone a los estudiantes cuando inician sus actividades en el laboratorio consiste en la elaboración y presentación de un presupuesto para hacer el control de calidad de un proceso de fabricación de una pieza de máquina, para lo cual precisan medir distintas magnitudes de la misma. Implica planificación de la experiencia, selección de los instrumentos necesarios, cotejo de precios, elaboración de presupuesto y justificación del mismo.

El desarrollo de cada una de las competencias mencionadas requiere la articulación eficaz de diversas capacidades, entre las cuales podemos mencionar como necesarias en la actividad planteada:

- delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa,
- desarrollar criterios para la evaluación de las alternativas y seleccionar la más adecuada en un contexto particular,
- optimizar la selección y uso de los materiales,
- seleccionar con fundamento las técnicas y herramientas más adecuadas, analizando la relación costo/beneficio de cada alternativa,
- asumir como propios los objetivos del grupo y actuar para alcanzarlos,
- respetar los compromisos (tareas y plazos) contraídos con el grupo,
- aceptar y desempeñar distintos roles en el trabajo grupal,
- expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita,

- elaborar informes, especificaciones y comunicar recomendaciones,
- identificar el tema central y los puntos claves del informe o presentación a realizar.

Con esta actividad experimental inicial se pretende que los estudiantes movilicen distintos saberes y construyan esquemas de acción en este contexto, que les permitan la adquisición de esas capacidades.

2.2 Propuesta de actividades de evaluación

La complejidad del concepto de competencia implica que la evaluación de las mismas se debe realizar también en el marco de situaciones complejas, del mismo tipo que las situaciones de enseñanza-aprendizaje: “Una evaluación centrada en conocimientos descontextualizados arruina todo enfoque por competencias” (Perrenoud, 1997).

Se trata de una evaluación formativa, centrada tanto en procesos como en productos, que considera la complejidad del aprendizaje. Por tanto, debería prever distintos contenidos y valorarlos empleando diversas técnicas e instrumentos tales como proyectos, resolución de problemas, estudio de casos, ensayos, reportes de investigación, presentaciones orales, portafolio de evidencias, rúbricas, exámenes, entre otros, así como diversas modalidades de evaluación: autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación (Moreno Olivos, 2012). La evaluación por competencias nos obliga así a utilizar una diversidad de instrumentos y a implicar a diferentes agentes.

Tenemos que tomar muestras de las ejecuciones de los alumnos y utilizar la observación como estrategia de recogida de información sistemática, que nos proporcione indicadores sobre la progresión en el desarrollo de la competencia y nos sugiera caminos de mejora (Cano García, 2008).

Además, la evaluación debe hacer más conscientes a los estudiantes de cuál es su nivel de competencias, de cómo resuelven las tareas y de qué puntos fuertes deben potenciar y qué puntos débiles deben corregir para enfrentarse a situaciones de aprendizaje futuras. Este proceso de autorregulación es esencial para seguir aprendiendo a lo largo de toda su carrera y para el desarrollo profesional y constituye en sí mismo, una competencia clave.

No existe una alternativa única al sistema de evaluación de conocimientos y los sistemas educativos en general tratan de encontrar algo simple y económico. Lo más sabio es renunciar a ello: la evaluación por competencias solo puede ser compleja, personalizada e imbricada con el propio trabajo de formación (Perrenoud, 2004).

En esta línea, considerando las características del trabajo de laboratorio y el tiempo real del que se dispone para el desarrollo y las actividades y su evaluación continua, se propuso la combinación de los siguientes instrumentos de evaluación durante el semestre de cursado:

- 1- Rúbrica para evaluación del trabajo grupal por el docente-ayudante a cargo del grupo pequeño. Continua y con devolución a los estudiantes.
- 2- Rúbrica para autoevaluación del trabajo grupal. Al finalizar cada actividad.
- 3- Evaluación individual con situaciones abiertas en las cuales se necesita movilizar conocimientos, actitudes, pensamiento metacognitivo y estratégico. Al finalizar cada actividad y con devolución a los estudiantes.
- 4- Elaboración grupal del diagrama V de Gowin como técnica que ilustra los elementos teóricos y metodológicos que interactúan en el proceso de conocimiento (Novak y Gowin, 1988). Con devolución a los estudiantes.
- 5- Rúbrica para evaluación de exposición grupal sobre una actividad experimental según diferentes formatos: presentación en PP o presentación de videos. Con devolución a los estudiantes.

2.3 Primeros avances: diseño de rúbricas

Las rúbricas son guías de puntuación usadas en la evaluación del desempeño de los estudiantes que describen las características específicas de un producto, proyecto o tarea en varios niveles de rendimiento, con el fin de clarificar lo que se espera del trabajo del alumno, de valorar su ejecución y de facilitar la proporción de feedback (Blanco, 2008).

Para diseñar una propuesta de rúbricas para evaluar exposiciones grupales, se han identificado los componentes de la competencia que se tienen que movilizar y los atributos del desempeño óptimo, agrupados en torno a dimensiones o componentes del trabajo o tarea (Tabla 1).

Tabla 1. Rúbrica para evaluar exposición grupal

	4	3	2	1
Organización				
Contenidos				
Expresión				
Exposición				
Trabajo en equipo				

Se eligieron cuatro niveles de desempeño y se elaboraron los descriptores de cada nivel, es decir, las características observables que permiten la clasificación en los distintos niveles. Para ejemplificar, en las Tablas 2 a 6 se presentan a modo de resumen, los descriptores para el nivel más alto y para el más bajo. Estos descriptores y los de niveles intermedios, se han discutido con los estudiantes y se han presentado ejemplos para su mejor comprensión.

En esta primera instancia de aplicación de la rúbrica, se involucró a los mismos estudiantes, de tal manera que todos evalúan con esta rúbrica al grupo expositor. Los resultados se analizarán en una etapa posterior y permitirán estudiar la validez y confiabilidad del instrumento.

Tabla 2. Descriptores de nivel para evaluar la organización de la exposición

4	Muy buena organización. Las ideas principales marcan la pauta para las secundarias. Hay argumentación y conclusiones puntuales.
1	La escasa organización impide entender la presentación. La relación entre los contenidos que presenta uno y otro participante no es clara.

Tabla 3. Descriptores de nivel para evaluar la presentación de contenidos

4	Las diapositivas son cuidadosas. Se reflejan los puntos centrales, los contenidos son relevantes y mantienen el interés de la audiencia.
1	Contenidos sin procesar, solo reunido con descuido. Presenta errores.

Tabla 4. Descriptores de nivel para evaluar la expresión durante la exposición

4	Naturalidad y confianza en la presentación. Se nota entusiasmo, ritmo y volumen.
1	La audiencia no puede seguir el hilo de la presentación. Hay demasiadas muletillas y lenguaje corporal inadecuado.

Tabla 5. Descriptores de nivel para evaluar la calidad de la exposición

4	Mantiene la atención durante toda la presentación. Pueden adaptar al instante el material en base a preguntas y comentarios.
1	Lee la mayor parte de las diapositivas sin hacer contacto visual con la audiencia. No está al tanto de las reacciones del público.

Tabla 6. Descriptores de nivel para evaluar el trabajo en equipo en la exposición

4	Cada participante contribuye equitativamente, se manifiesta diversidad y se complementan. No se muestra obstrucción alguna durante la presentación.
1	No hay coordinación en la exposición. La responsabilidad de la exposición es de un solo integrante.

3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS PRELIMINARES

En la Fig. 1 a continuación, se consignan los resultados del análisis de las valoraciones realizadas a cada grupo expositor por parte de sus compañeros.

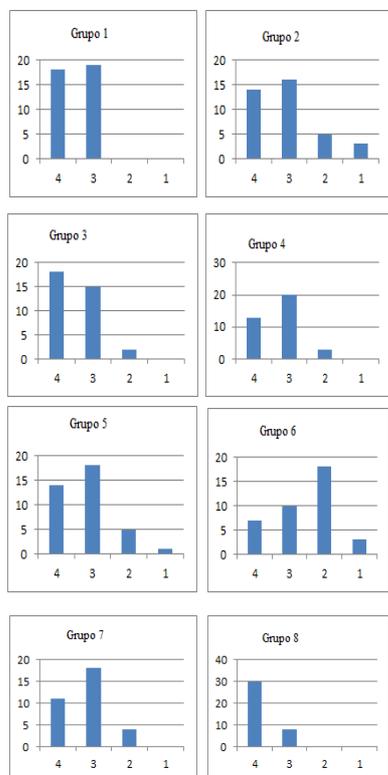


Figura 1: Resultados de la valoración de la exposición grupal

Un primer análisis cualitativo indica que todos los gráficos presentan una sola moda (valor de mayor frecuencia) y la mayoría de ellos presenta una baja dispersión. Por lo tanto se infiere que los estudiantes que han participado en la experiencia de evaluar a sus propios compañeros han comprendido los descriptores y en general han coincidido en la valoración asignada.

En una etapa posterior se cotejará esta evaluación de los propios compañeros con la evaluación de los demás docentes que están interactuando con los grupos, a fin de completar el análisis de confiabilidad y validez de la rúbrica en cuestión.

4 REFLEXIONES FINALES

Según Perrenoud (1997), toda reforma es una postura que más vale asumir colectivamente, tomando los riesgos razonables. En este sentido, afirma que no se pueden fundar grandes esperanzas en un enfoque por competencias si al mismo tiempo no se reconstruye la transposición didáctica, no se modifican las disciplinas y los horarios, no se inventan nuevas formas de evaluar, no se contemplan en la enseñanza las propias diferencias de los estudiantes y no se modifica la formación de los docentes.

En el ámbito del laboratorio de física se ha dado esta discusión acerca de la necesidad de un cambio en los mecanismos de evaluación, que se oriente seguir en el tiempo el desarrollo de las competencias. Este trabajo presenta los primeros resultados acerca del diseño de rúbricas que se están obteniendo.

Cano (2015) señala que uno de los usos más adecuados de las rúbricas sea quizás el empleo de las mismas para el desarrollo de la autorregulación, ya sea a partir de la autoevaluación o de la evaluación entre iguales pero, en cualquier caso, con una dimensión formativa. Advierte también la necesidad de acompañar el uso de las rúbricas con procesos de formación y con análisis de fiabilidad y validez del instrumento.

Por último, conviene tener presente siempre otras posiciones críticas acerca del enfoque por competencias en las universidades, como la de Gimeno Sacristán (2008), quien afirma que una cosa es que el mundo del trabajo y de las profesiones sea una preocupación importante dentro de los estudios universitarios y, otra muy distinta, que la universidad tenga que ser como

ese mundo demanda. Al respecto, plantea varios interrogantes tales como:

¿Qué debemos poner en duda en las prácticas actuales con la introducción del nuevo lenguaje? ¿Qué se corrige de lo que hacemos mal ahora al introducir ese discurso? ¿Qué de nuevo y útil aporta a las ideas, a los valores y a las prácticas que poseemos, conocemos y que han inquietado y mueven hoy a los seres humanos y a las sociedades - y deberían hacerlo - a los gobiernos- hacia el progreso, la justicia, el acceso universal a la educación, la racionalidad, el conocimiento crítico, la búsqueda del aprendizaje relevante, significativo, integrado, aplicable y motivador?''.

Es evidente entonces la importancia de encontrar respuestas válidas a estos planteos para poder implicar a todos los actores (docentes, estudiantes e instituciones) en este enfoque pedagógico.

4.1 Agradecimientos

Al Dr. Jesús Meneses Villagrà, de la Universidad de Burgos, quien realizó importantes aportes al marco teórico, a las propuestas de rediseño tanto de las experiencias de laboratorio como de los mecanismos de evaluación.

A la Fundación Carolina y al Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación Argentina, quienes cofinanciaron una estancia pos-doc de investigación en la Universidad de Burgos, sobre Educación en competencias en el nivel universitario

REFERENCIAS

- Blanco, A. (2008). Las rúbricas un instrumento útil en la evaluación de competencias. En Prieto, L. (Coord.), Blanco, A., Morales, P. Y Torre, J.C. *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje: estrategias útiles para el profesorado*. Barcelona: Octaedro-ICE de la Universidad de Barcelona.
- Cano E. (2015) Las rúbricas como instrumento de evaluación de competencias en educación superior: ¿uso o abuso? *Revista Profesorado*. Vol 7, Nº 2.
- Cano García, M. (2008). La evaluación por competencias en la educación superior. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 12, 3 (2008).
- Climent, J. (2010). Sesgos comunes en la educación y la capacitación basadas en estándares de competencia. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. Vol. 12, No. 2.
- CONFEDI (2006). *Primer acuerdo sobre competencias genéricas*. Informe Taller 14 y 15 de agosto 2006 sobre Competencias, Villa Carlos Paz.
- Díaz Barriga, A. (2011) Competencias en educación. Corrientes de pensamiento e implicaciones para el currículo y el trabajo en el aula. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*. 5(2), 3-24.
- Fernández March, A. (2010). La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la educación universitaria. *Revista de Docencia Universitaria*, Vol.8 (n.1) 11-34.
- Gimeno Sacristán, J. (2008) Capítulo I: Diez tesis sobre la aparente utilidad de las competencias en educación. *En Educar por competencias, ¿qué hay de nuevo?* Ediciones Morata. Tercera Edición.
- González, J.; Wagenaar, R.; Benitone, P. (2004). Tuning-América Latina: un proyecto de las universidades. *Revista iberoamericana de Educación*. Nº 35 (2004), pp. 151-164
- Lasnier, F. (2000). *Réussir la formation par compétences*. Montréal : Guérin
- Le Boterf, G. (2000). *Ingeniería de las competencias*. Barcelona, Gestión 2000/EPISE.
- Moreno Olivos, T. (2010). El currículo por competencias en la universidad: más ruido que nueces. *Revista de la Educación Superior*. Vol. XXXIX (2), No. 154, 77-90.
- Novak, J. y Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona. Ediciones Martínez Roca.
- Perrenoud, Ph. (1997): *Construire des compétences des l'école. Pratiques et enjeux pédagogiques*. Paris. ESF. Edición en castellano: Comunicaciones y Ediciones Ltda. Santiago de Chile.
- Perrenoud, Ph. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Graó. Poblete
- Pimienta Prieto, J. (2012). *Las competencias en la docencia universitaria*. Edit. Pearson. México.
- Perrenoud, Ph. (2006). La Universidad: entre transmisión de saberes y desarrollo de competencias. *Pedagogía y Saberes* Nº 24. 67-77
- Proyecto Alfa Tunig (2007) *Informe Final Reflexiones y Perspectivas de la Educación*

Superior en América Latina, Editor Universidad de Deusto, España.
Tobón, S. (2004) *Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño*

curricular y didáctica. Colombia. Esfera Editores.

Proceso de obtención de fertilizante potásico a partir de vinaza

Buzzi, Roxana¹; Alvarez, Alejandro R.¹; Ferrari, Ricardo R.¹; Jorrat, Sergio¹

(1) *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*
roxibuzzi@gmail.com; aalvarez@herrera.unt.edu.ar; rferrari@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN: El incremento en el precio del petróleo ha revalorizado la importancia del bioetanol. Su principal fuente renovable de producción es la caña de azúcar, siendo la vinaza el efluente de la destilación de etanol. Los métodos electrolíticos han probado ser eficientes en su tratamiento y producen la floculación de sólidos ricos en potasio. Este trabajo consistió en el tratamiento de vinaza bajo diferentes condiciones de tensión y corriente para el tratamiento electrolítico, evaluar el cambio de concentración de potasio en el líquido y determinar la Demanda Química de Oxígeno (DQO) antes y después del tratamiento. Se trabajó con tres muestras de vinaza provenientes de tres destilerías de Tucumán y se llevó a cabo la electrólisis a escala laboratorio, por triplicado, sometiendo las muestras a un voltaje tal que origine una corriente eléctrica de 0,5 A y 1 A. Cada tratamiento se prolongó durante 150 minutos, con toma de muestra cada 30 minutos. Una vez finalizado, se filtró la vinaza y el sólido para separarlos, y así determinar la DQO en los filtrados. El contenido de potasio en el líquido disminuye a medida que transcurre el tiempo, por lo tanto el flóculo obtenido es rico en potasio y en materia orgánica. Este sólido luego de secarse podría ser empleado como fertilizante de suelos. La demanda química de oxígeno también disminuyó, lo que significa un efluente más fácil de tratar.

ABSTRACT: The increase in the price of oil has revalued the importance of bioethanol. Its main renewable source of production is sugarcane, being vinasse the effluent from the distillation of alcohol. Electrolytic methods have been proved to be efficient in the treatment of these effluents and produce the flocculation of a solid material, rich in potassium. In this work, vinasse was treated under different conditions of voltage and electric current for the electrolytic treatment, evaluating the different concentrations of potassium in the liquid phase over time and determining the Chemical Oxygen Demand (COD) before and after the treatment. Experiments were performed with three samples of vinasse from three distilleries of Tucumán. The electrolysis was carried out in the laboratory in triplicate, putting the samples into a voltage that generates an electric current value of 0,5A and 1A. Each treatment lasted 150 minutes, with sampling every 30 minutes. After completion, the vinasse and the solid were filtrated to separate them, and then COD was determined in the filtrates. The potassium content in the liquid decreases with time, so the solid obtained is rich in potassium and organic matter. This solid, after a drying process, could be used as soil fertilizer. The Chemical Oxygen Demand also decreased, which means it is a more degradable effluent.

Palabras claves: vinaza – electro floculación – fertilizante - potasio

Keywords: vinasse – electro flocculation – fertilizer – potassium

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática abordada

El notable incremento en el precio del petróleo, como así también la necesidad de disminuir la contaminación ambiental mediante la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, contribuyen a la creciente producción de combustibles alternativos, donde se destaca el bioetanol, que es uno de los más utilizados. Gracias a ellos, los países disminuyeron su dependencia a

los combustibles fósiles, ya que los biocombustibles cobraron gran importancia por su uso en automóviles. En nuestro país, a partir del año 2016, las naftas de uso automotor contienen 12% de bioetanol (Decreto Nacional 543/2016).

El bioetanol es un biocombustible de origen vegetal que se produce a partir de la fermentación de materia orgánica rica en azúcar o almidón (caña, cereales, etc.). En el Noroeste Argentino, la materia prima por excelencia es la caña de azúcar, siendo la vinaza el principal efluente de la

destilación de etanol a partir de mostos fermentados de melazas de caña de azúcar (ver la Figura 1). Además debe tenerse en cuenta que por cada litro de alcohol se producen de 10 a 12 litros de vinaza.

La provincia de Tucumán es una de las principales productoras de bioetanol a partir de caña, y la carencia de plantas de tratamiento de vinaza adecuadas ha provocado una importante contaminación en la cuenca del río Salí-Dulce, donde la mayor parte de las destilerías vuelcan sus efluentes con elevada carga orgánica, sin tratamiento previo.

Los tratamientos biológicos convencionales han resultado poco satisfactorios para degradar la vinaza, ya que es necesario efectuar grandes diluciones para superar el efecto inhibitorio que la alta carga orgánica e inorgánica producen sobre el crecimiento microbiano (Dávila, 2008; Ahmed, 2016). Sólo los tratamientos anaeróbicos con reactores de manto de lodos de flujo ascendente (UASB) han demostrado ser adecuados para este

tipo de efluentes, con la desventaja del elevado costo de los mismos (Acosta, 2014). Los métodos electrolíticos han probado ser eficientes en el tratamiento de efluentes difíciles de biodegradar debido a su alta carga orgánica (Régis, 2005; Mackay, 2013). El tratamiento electrolítico es útil para reducir la carga orgánica de la vinaza (Álvarez y col., 2006, 2007 y 2009), y produce precipitación de las sales de potasio (Fonio, 2014).

La electrofloculación de la vinaza produce la remoción de sólidos de la misma (Dávila Rincón, 2009) y la obtención de sólidos ricos en potasio (Fonio y col., 2014). En base a estos resultados, se propone tratar mediante métodos electrolíticos a vinazas provenientes de tres ingenios de la provincia de Tucumán. Además se determinarán las condiciones óptimas para mejorar la electrólisis y la separación de los sólidos resultantes del proceso, los cuales luego de someterse a secado serán evaluados para determinar su potencial uso como fertilizante.

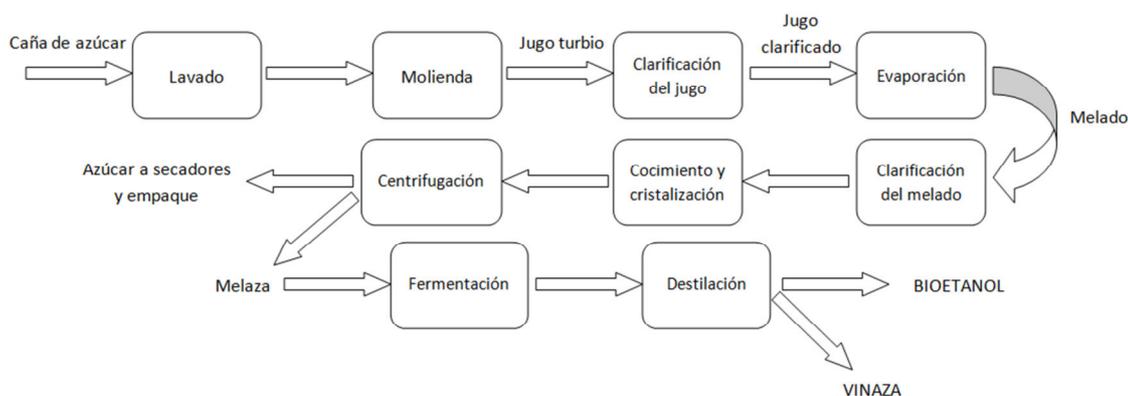


Figura 1. Esquema simplificado del procesamiento de la caña de azúcar para la obtención de bioetanol. obtenido luego de la electrofloculación es más biodegradable.

Objetivos

- Caracterizar desde el punto de vista físico-químico el efluente a tratar (DQO y concentración de potasio).
- Ensayar diferentes condiciones de tensión y corriente para llevar a cabo el tratamiento electrolítico y determinar las condiciones óptimas de trabajo, maximizando la recuperación de potasio.
- Evaluar el cambio de concentración de potasio a medida que transcurre el tiempo, como así también analizar si el efluente

- Determinar el contenido de potasio y de materia orgánica del floculo obtenido.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Muestras

Se trabajó con tres muestras de vinaza provenientes de tres destilerías de Tucumán, correspondiente a la zafra 2015.

2.2. Tratamiento de las muestras

Se llevó a cabo la electrólisis de cada muestra de vinaza a escala laboratorio, por triplicado, empleando un volumen de 100 ml de vinaza en cada ensayo. Se informa la media de los resultados obtenidos.

Se utilizó una fuente de corriente continua con dos electrodos cilíndricos y concéntricos de aluminio, de 7 cm de altura y con 3cm de diámetro el cilindro mayor y 1,5 cm el menor, sometiendo las muestras a un voltaje tal que origine una corriente eléctrica de 0,5 A y 1 A.

La corriente de 0,5 A es el mínimo valor en el que se observó la formación de flóculo, y se decidió probar una corriente del doble para verificar si la remoción de potasio mejoraba.

El recipiente utilizado contiene una camisa externa por la cual se hizo circular agua fría, con el objetivo de evitar un efecto de concentración de iones en la vinaza tratada debido a un calentamiento por la corriente eléctrica. Cada tratamiento se prolongó durante 2 a 3 horas, con toma de muestra cada 30 minutos.

Una vez finalizado, se filtró la vinaza y el sólido resultante para separarlos, para luego determinar el contenido de potasio y la demanda química de oxígeno (DQO) en los filtrados, y comparar los resultados con la DQO de vinaza sin electrolizar. Además se determinó el contenido de potasio y de materia orgánica en el flóculo.

2.3. Determinaciones analíticas

En las muestras de vinaza sin tratar, y en vinaza tratada filtrada se determinó el contenido de potasio mediante fotometría de emisión atómica de llama (AOAC, 2012). Para ello se realizaron diluciones de las muestras (1:200), luego se corrigieron los valores obtenidos debido a esa dilución y también por un cambio de volumen producido por la formación del sólido y de espuma, ya que en los electrodos se liberan gases. También se determinó el contenido de potasio en el flóculo obtenido en las condiciones más favorables de tratamiento. En el flóculo se determinaron sólidos totales por secado a 105 °C y sólidos fijos por calcinación a 600°C en mufla. La determinación de la demanda química de oxígeno, que consiste en una oxidación química de la muestra, es muy importante porque proporciona una medida rápida de la carga orgánica del efluente (para evaluar por ejemplo la eficiencia de una planta de tratamiento de

efluentes), ya que puede determinarse en un lapso de 2 horas, mientras que para la demanda bioquímica de oxígeno se requieren 5 días de incubación. La misma se realizó según el “Método Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales” descrito por Rice (2017). Las muestras se diluyen en un factor de 50, pero al valor obtenido con este método luego se lo corrige multiplicándolo por dicho factor.

$$DQO_{vinaza} = DQO_{gráfica} * 50 \quad (1)$$

3. RESULTADOS

Se realizaron tres ensayos de electrólisis a 0,5 A, durante los cuales hubo variaciones de la corriente en función del tiempo, por lo que se consideró su valor promedio.

3.1. Ensayo 1:

Corriente $\rightarrow i = 0,32 A$

Tensión $\rightarrow V = 3,9 V$

A medida que transcurrió el tiempo, se tomaron muestras del líquido para determinar la concentración de potasio. La concentración para tiempo igual a 0 minutos corresponde a la vinaza sin tratamiento.

Como el proceso de electrólisis genera un sólido y además espuma, hay una reducción del volumen de líquido, que debe ser tenida en cuenta para calcular correctamente la concentración de potasio. En la Figura 2 se observan dos curvas, una correspondiente a C1* (corrección de la concentración por dilución) y otra a C2** (corrección por cambio de volumen), siendo ésta última la concentración que se empleará para determinar el porcentaje de potasio removido.

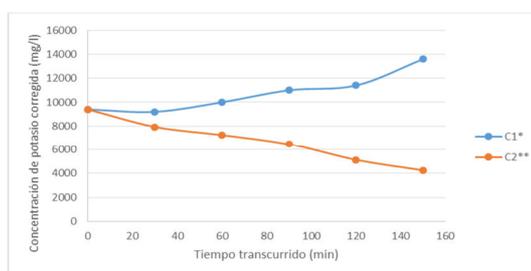


Figura 2. Concentraciones de potasio (mg/L) corregidas para cada muestra electrolizada, correspondientes al ensayo 1. La curva azul corresponde a la concentración corregida por

dilución y la curva naranja, a la corrección por cambio de volumen.

3.2. Ensayo 2:

Corriente → $i=0,316$ A

Tensión → $V=7,9$ V

Se siguió la misma metodología descrita en el ensayo 1, obteniendo los resultados que se presentan en la Figura 3.

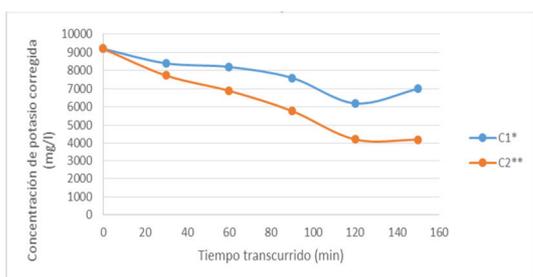


Figura 3. Concentraciones de potasio (mg/L) corregidas para cada muestra electrolizada, correspondientes al ensayo 2. La curva azul corresponde a la concentración corregida por dilución y la curva naranja, a la corrección por cambio de volumen.

3.3. Ensayo 3:

Corriente → $i=0,304$ A

Tensión → $V=6,5$ V

En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos para estas condiciones de trabajo.

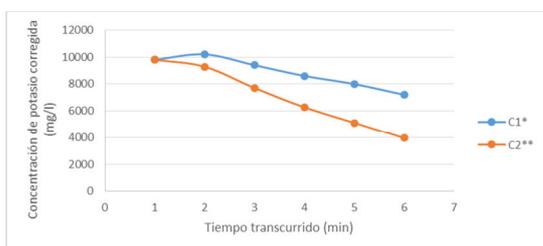


Figura 4. Concentraciones de potasio (mg/L) corregidas para cada muestra electrolizada, correspondientes al ensayo 3. La curva azul corresponde a la concentración corregida por dilución y la curva naranja, a la corrección por cambio de volumen.

A continuación, se presentan las ecuaciones para el cálculo de $C1^*$ (ecuación 2) y $C2^{**}$ (ecuación

3), por medio de las cuales se corrigieron las concentraciones para cada ensayo.

$$C_1^* = \text{conc leída} * \frac{100}{0,5} \quad (2)$$

$$C_2^{**} = C_1^* * \frac{V_t}{100} \quad (3)$$

Siendo $C1^*$ la concentración corregida por dilución, $C2^{**}$ la concentración corregida por cambio de volumen y V_t es el volumen de la muestra en el tiempo t . Por la formación del sólido y de espuma, este disminuye, por lo que se consideró un cambio de volumen lineal en el tiempo.

A partir de los resultados obtenidos de los tres ensayos, se calculó el porcentaje promedio de potasio removido, detallados en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Concentración de potasio corregida $C2^{**}$ (mg/L) correspondiente a cada ensayo para los distintos tiempos considerados.

Tiempo (min)	$CEns_1$ (mg.L ⁻¹)	$CEns_2$ (mg.L ⁻¹)	$CEns_3$ (mg.L ⁻¹)
0	9400	9800	9200
30	7935	9282	7727,92
60	7250	7708	6887,84
90	6462,5	6278	5775,77
120	5130	5120	4215,75
150	4080	3960	4200

Tabla 2. Concentración de potasio corregida $C2^{**}$ (mg/L) promedio correspondiente a cada ensayo para los distintos tiempos considerados.

Tiempo (min)	Concentración promedio de potasio (mg.L ⁻¹)
0	9466,67
30	8314,97
60	7281,95
90	6172,09
120	4821,92
150	4080,00

Para los ensayos a 0,5 A se determinó el porcentaje de potasio removido mediante la Ecuación 4.

$$\%K_{remov} = \frac{C_{inicial} - C_{final}}{C_{inicial}} * 100 \quad (4)$$

Obteniendo como resultado:

$$\%K_{remov} = (56,13 \pm 9,33)\%$$

Un mejor parámetro de comparación es el porcentaje de potasio removido por unidad de potencia promedio consumida. Esta última se calcula por medio de la Ecuación 5.

$$P = V * I \quad (5)$$

Siendo V, el voltaje aplicado e I la intensidad de corriente.

$$Pot = 1,91 W$$

$$\frac{\%K_{remov}}{Pot} = 29,43 \%/W$$

En la Figura 5 puede observarse cómo varió la concentración promedio de potasio en el líquido sobrenadante de la electrofloculación en función del tiempo.

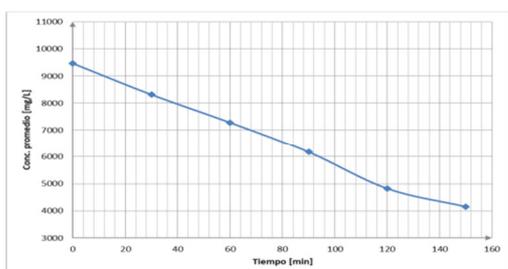


Figura 5. Variación de la concentración de potasio promedio (mg/L) en función del tiempo transcurrido de electrólisis.

A continuación se presentan los resultados de los ensayos a 1A, también con la consideración de que al variar la intensidad de corriente con el tiempo, se calculó su valor promedio.

3.4. Ensayo 4:

Corriente → $i=0,414 A$

Tensión → $V=9,6 V$

En la Figura 6 se presenta la variación de las concentraciones de potasio corregidas en función del tiempo.



Figura 6. Concentración de potasio (mg/L) corregida para cada muestra electrolizada (ensayo 4). La curva azul corresponde a la concentración corregida por dilución y la curva naranja, a la corrección por cambio de volumen.

3.5. Ensayo 5:

Corriente → $i=0,43 A$

Tensión → $V=9,2 V$

En la Figura 7 se muestran los resultados de este ensayo.

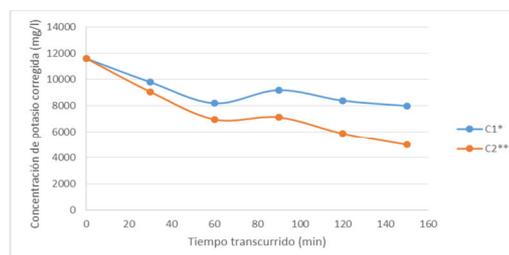


Figura 7. Concentración de potasio (mg/L) corregida para cada muestra electrolizada (ensayo 5). La curva azul corresponde a la concentración corregida por dilución y la curva naranja, a la corrección por cambio de volumen.

3.6. Ensayo 6:

Corriente → $i=0,296 A$

Tensión → $V=10,4 V$

En la Figura 8 se encuentran los resultados de este ensayo.

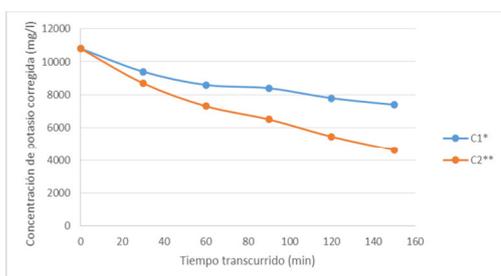


Figura 8. Concentración de potasio (mg/L) corregida para cada muestra electrolizada (ensayo 6). La curva azul corresponde a la concentración corregida por dilución y la curva naranja, a la corrección por cambio de volumen.

Al igual que para los ensayos a 0,5A, se calculó el porcentaje de potasio removido por la electrofloculación. Los mismos se presentan a continuación en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3. Concentración de potasio corregida C2** (mg/L) correspondiente a cada ensayo para los distintos tiempos considerados.

Tiempo (min)	CEns 1 (mg.L-1)	CEns 2 (mg.L-1)	CEns 3 (mg.L-1)
0	8600	10800	11600
30	7400	8695	9065
60	6970	7310	6970
90	5270	6510	7130
120	5180	5460	5880
150	4000	4625	5000

Tabla 4. Concentración de potasio corregida C2** (mg/L) promedio correspondiente a cada ensayo para los distintos tiempos considerados.

Tiempo (min)	Concentración promedio de potasio (mg.L ⁻¹)
0	10333,33
30	8386,67
60	7083,33
90	6303,33
120	5506,67
150	4541,67

El porcentaje de potasio removido es:

$$\%K_{remov} = (56,04 \pm 4,22)\%$$

Si se lo expresa por unidad de potencia consumida se obtiene:

$$Pot = 3,66 W$$

$$\frac{\%K_{remov}}{Pot} = 15,28 \% / W$$

Además, se graficó la concentración de potasio en función del tiempo, obteniendo lo presentado en la Figura 9.

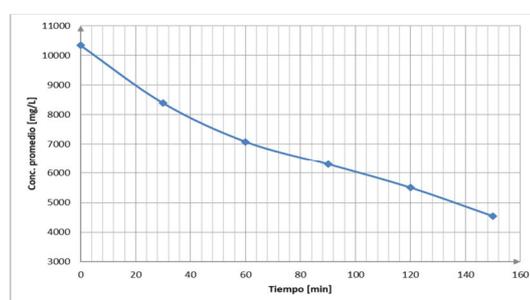


Figura 9. Variación de la concentración de potasio promedio (mg/L) en función del tiempo transcurrido de electrólisis.

De los resultados obtenidos puede observarse que la mayor eficiencia de floculación se logra con una corriente de 0,5 A. Estos resultados coinciden con el trabajo de Dávila Rincón y col. (2009), donde al aumentar la corriente no aumenta la floculación de sólidos, sino que el aumento se traduce en un mayor calentamiento de la solución y un aumento del desprendimiento de gases.

Este resultado confirmaría la hipótesis que la coagulación de la vinaza se produce debido a la generación de hidróxido de aluminio (un coagulante muy empleado en el tratamiento de aguas) en el ánodo durante la electrólisis, siendo este un coloide positivo, que neutraliza las cargas negativas de los sólidos presentes en la vinaza, y produce la coagulación de los mismos.

El contenido de potasio determinado en el floculo obtenido por el método más efectivo de tratamiento (con una corriente de 0,5 A) fue de 7,8 % p/p. Además en el floculo se midió un 53% de sólidos volátiles a 600 °C (materia orgánica) y un 47% de sólidos fijos (minerales). Este elevado contenido de materia orgánica también aporta nutrientes al suelo, y favorece su empleo como fertilizante.

Este elevado contenido de potasio indicaría que este sólido puede emplearse para fertilizar suelos con carencia de potasio.

La siguiente determinación fue la demanda química de oxígeno (DQO) y el porcentaje de remoción del mismo, que se calcula según la ecuación 6. Los resultados se presentan en la Tabla 5.

$$\%RemDQO = \frac{DQO_{vin} - DQO_{muestra}}{DQO_{vin}} * 100 \quad (6)$$

Tabla 5. Valores de DQO corregidos para cada muestra (vinaza sin tratar, vinaza tratada a 0,5A y vinaza tratada a 1A) y porcentaje de remoción de DQO correspondiente.

Muestras	DQO (mg.L ⁻¹)	%Remoción de DQO
Vinaza pura	31750	-
1er filtrado del ensayo a 0,5 A	26000	18,11
2do filtrado del ensayo a 0,5 A	27250	14,17
3er filtrado del ensayo a 0,5 A	26750	15,75
1er filtrado del ensayo a 1 A	24500	22,83
2do filtrado del ensayo a 1 A	24250	23,62
3er filtrado del ensayo a 1 A	24500	22,83

Se calculó el porcentaje de remoción de DQO promedio para cada corriente, como así también su desviación estándar, obteniéndose los siguientes resultados.

Ensayos a 0,5A:

$$\%RemDQO = (16,01 \pm 3,92)\%$$

Ensayos a 1A:

$$\%RemDQO = (23,10 \pm 0,21)\%$$

4. CONCLUSIONES

- Se observó mediante los ensayos realizados que el contenido de potasio en el sobrenadante de la electrofloculación disminuye a medida que transcurre el tiempo, de lo que se infiere que el flóculo obtenido es rico en potasio.

- La demanda química de oxígeno también disminuyó, comparando los valores entre la vinaza sin tratamiento, y la vinaza tratada electrolyticamente, en un 16% para electrólisis a 0,5A y en un 23,1% para electrólisis a 1A. Esto significa un efluente más fácil de tratar.

- Además, la reducción de la carga orgánica e inorgánica de la vinaza producida durante el tratamiento electrolytico, debido a la electrofloculación de sólidos como así también a la oxidación química producida por el oxígeno generado electrolyticamente, mejorará los posteriores tratamientos biológicos para reducir su carga orgánica, al generar un medio más favorable para el desarrollo de los microorganismos.

- En cuanto a la elección de la corriente óptima para trabajar, comparando los porcentajes de potasio removido por unidad de potencia consumida promedio, se concluye que es mejor trabajar a 0,5 A, pues se remueve mayor cantidad de potasio por cada Watt consumido, lo cual es importante pues la potencia significa un costo, que se debe optimizar.

- El elevado contenido de potasio y de materia orgánica del flóculo podría permitir su utilización como fertilizante en suelos.

- A partir de los resultados obtenidos, se determinarán parámetros físico-químicos en el sólido y se realizarán pruebas para comprobar su eficiencia como fertilizante. Luego se realizará un escalado a fin de diseñar un proceso a escala piloto y luego industrial.

5. REFERENCIAS

Acosta, Y. y J. Curbelo, Alternativas de tratamiento de las vinazas de destilería, Revista Centro Azúcar, vol. 41, págs. 56-67, 2014.

Ahmed, P.M., C. Gusils León y H. Pajot, Biorremediación de vinazas de destilerías de alcohol por microorganismos autóctonos asilados de ambientes contaminados, Lugar de publicación: repositorio digital CONICET, <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/85316>, 2016.

Álvarez A., N.P. Barbieri, M.E. Urquiola y S.L. Jorrat, Efecto de la corriente en el tratamiento

- electrolítico de la vinaza, *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, págs. V-7 a V-9, 2007.
- Álvarez A., N.P. Barbieri, M.E. Urquiola y S.L. Jorrat, Optimización del tratamiento electrolítico de la vinaza, *V Jornadas de Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, Salta, Setiembre de 2009.
- Álvarez A., S.L. Jorrat y J. Aguirre, Tratamiento electrolítico de vinaza, *Actas del XXII Congreso Interamericano de Ingeniería Química y V Congreso Argentino de Ingeniería Química*, págs. 371-372, 2006.
- Dávila Rincón, J., Tratamiento de vinazas de destilería por electrocoagulación, flotación, oxidación, Tesis de Maestría, Universidad del Valle, 2008.
- Dávila Rincón, J., N. Marriaga Cabrales y F. Machuca Martinez, Remoción de Sólidos Totales de Vinazas por Electrocoagulación – Electroflotación, *Revista Dyna*, Vol. 76, Núm. 158, págs. 41-47, 2009.
- Fonio Mermet, C., S.L. Jorrat, R. Ferrari, J. Aguirre y A. Álvarez, Obtención de sales de potasio mediante electrocoagulación de vinaza, *II Congreso Argentino de Ingeniería*, Tucumán, septiembre de 2014.
- Mackay M., S.L. Jorrat, R. Ferrari y A. Álvarez, Tratamiento Electrolítico y por Ozonización de Efluentes Cítricos, *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología*, vol. 36, págs. 1-7, 2013.
- Régis G., D. Ederio y B. Bidoia, Electrolytic treatment applied to the industrial effluent containing persistent wastes monitored by Bartha respirometric assays, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, págs. 55-60, 2005.
- Rice, E.W., R.B Baird, A.D Eaton, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, EEUU, 2017.
- Zayas, T., V. Romero, L. Salgado, M. Meraz, U. Morales, Applicability of coagulation/flocculation and electrochemical processes to the purification of biologically treated vinasse effluent, *Separation and Purification Technology*, vol. 57, págs. 268–274, 2007.

6. AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán, ya que esta investigación fue desarrollada en marco de la Beca CIUNT.

Evaluación de componentes bioactivos de paltas en la región NOA

Campero, Eliana V.¹; Vallino, Agustina¹; Barrionuevo, María J.¹; Gómez Marigliano, Ana C.^{2,3}

(1) *Departamento de Ingeniería en Procesos – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Universidad Nacional de Tucumán.*

(2) *Departamento de Física – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Universidad Nacional de Tucumán INFINOA – CONICET;*

(3) *Investigadora de CONICET
agomezmarigliano@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN: La palta (*Persea americana*) es un fruto oleaginoso cultivado en las zonas tropicales y subtropicales. En Argentina la producción se concentra en la provincia de Tucumán con 70% del total producido. Una característica sobresaliente es el elevado contenido lipídico. Los ácidos grasos monoinsaturados (fundamente ácido oleico), son los principales componentes de la fracción lipídica aproximadamente el 71% del total de ácidos grasos. Contienen magnesio, ácido ascórbico, fósforo, potasio y de compuestos bioactivos fitoquímicos, tales como vitamina E, carotenoides, vitamina C, Fenoles, Esteroles, entre otros.

El objetivo del trabajo fue determinar la presencia de compuestos bioactivos y la humedad en la pulpa, semilla y cáscara.

Se utilizaron paltas de variedad Torres de Monteros (Tucumán) como materia prima.

La determinación de humedad se realizó por técnica AOAC y por IR. Los resultados son: semilla 60±2; cáscara 67±1; pulpa 76±1.

Se realizaron espectros UV-V con Espectrofotómetro HITACHI U-1900 de extractos etanólicos de las partes del fruto, observándose bandas correspondientes a clorofila 600-700 nm, beta caroteno 380-500 nm, kaempferol 260-370 nm, quercetina 250-370 nm y ácido clorogénico 220-360 nm, que concuerdan con datos bibliográficos. Los resultados obtenidos sustentan científicamente la creencia popular de que estos frutos son saludables.

ABSTRACT: The avocado (*Persea americana*) is an oleaginous fruit grown in tropical and subtropical areas. In Argentina, production is concentrated in the province of Tucumán with 70% of the total produced. An outstanding feature is the high lipid content. Monounsaturated fatty acids (based on oleic acid) are the main components of the lipid fraction, approximately 71% of total fatty acids. They contain magnesium, ascorbic acid, phosphorus, potassium and phytochemical bioactive compounds, such as vitamin E, carotenoids, vitamin C, phenols, sterols, among others.

The objective of the work was to determine the presence of bioactive compounds and moisture in the pulp, seed and husk.

Avocados from the Torres de Monteros variety (Tucumán) were used as raw material.

Moisture determination was performed by AOAC technique and by IR. The results are: seed 60 ± 2; shell 67 ± 1; pulp 76 ± 1.

UV-V spectra were made with HITACHI U-1900 Spectrophotometer of ethanolic extracts of the fruit parts, observing bands corresponding to chlorophyll 600-700 nm, beta carotene 380-500 nm, kaempferol 260-370 nm, quercetin 250-370 nm and Chlorogenic acid 220-360 nm, which agree with bibliographic data. The results obtained scientifically support the popular belief that these fruits are healthy..

Palabras claves: Palta; Compuestos bioactivos, Región NOA

Keywords: Avocado; Bioactive compounds; NOA región

1 INTRODUCCIÓN

La palta (*Persea americana*) es un importante fruto oleaginoso cultivado en las zonas tropicales y subtropicales (Araujo y otros, 2018). Una de sus características sobresalientes es su alto contenido lipídico (Ranade & Thiagarajan, 2015). Los ácidos grasos monoinsaturados (principalmente ácido oleico), son los principales componentes de la fracción lipídica, que representan aproximadamente el 71% del total de ácidos grasos. También es rica en magnesio, ácido ascórbico, fósforo y potasio. Además, las paltas son una fuente rica de compuestos bioactivos fitoquímicos, tales como, la vitamina E, algunos carotenoides, vitamina C, Fenoles, Esteroles, entre otros. (Plaza y otros, 2009; Krumreich y otros, 2018.)

La producción de palta se realiza principalmente en el Noroeste argentino (Salta, Jujuy y Tucumán), en donde se encuentra en esta región la mayoría del cultivo, debido a sus condiciones de suelo y clima para lograr un producto altamente satisfactorio. La provincia de Tucumán concentra el 75% de la producción de palta de Argentina, en una superficie de 1000 ha. Las principales variedades producidas son la “Hass” – representa cerca del 70% de la producción total y es la que se exporta a mercados europeos–, “Lula” y “Torres” –que se destinan para consumo interno–.

La variedad Hass posee la ventaja de ser fácilmente distinguible por el consumidor por su cáscara rugosa, negra (Araujo y otros, 2018), pero por sobre todo por su excelente sabor debido a su elevado contenido de aceite. La Palta es una de las frutas más completas en cuanto a su composición mineralógica y posee ácidos grasos mono insaturados, los cuáles son muy beneficiosos para la salud, también posee un alto contenido de potasio y un bajo nivel de sodio, junto con el contenido de cobre, manganeso, magnesio, hierro y calcio (Alvarez y otros., 2012; Cowan & Wolstenholme, 2016; Zafar & Sidhu, 2011). Además posee cantidades importantes de vitaminas A, B6, C, D y E (Alvarez y otros., 2012; Duarte y otros., 2016). Es, por todo lo referido anteriormente, que se trata de un producto que posee, año a año, una demanda creciente lo cual nos obliga a trabajar con un nivel cada vez mayor de excelencia para mantener los actuales mercados de exportación e incorporar nuevos.

Argentina produce palta de abril a julio, aunque la variedad Torres (la más común) se puede cosechar hasta septiembre. La producción se concentra en la provincia de Tucumán (70% del total producido), y se extiende hacia otras regiones del noroeste argentino como Salta y Jujuy. Es un cultivo tropical que requiere de riego adicional fuera de la temporada de lluvias, soporta tanto temperaturas elevadas como bajas.

2 OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo fueron:

- 1 - estudiar los compuestos bioactivos de paltas de la región NOA.
- 2 – ensayar un método alternativo y no-destructivo de determinación de humedad por espectroscopía IR.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron paltas de variedad Torres (marzo de 2019) de Monteros, Tucumán como materia prima.

De 20 frutos de la misma variedad, se separó pulpa, semilla y cascara, que se utilizaron separadamente para evaluar la humedad y para realizar los extractos de cada uno a fin de evaluar los componentes bioactivos presentes.

La madurez comercial del fruto se determina en laboratorio midiendo el contenido de materia seca, que debe ser igual o mayor al 23% para poder cosechar el fruto y que éste llegue en buenas condiciones a destino. Así la humedad es un dato significativo y por esta causa fue evaluado.

Se determinó humedad por:

- 1 - técnica AOAC (AOAC International es una organización sin fines de lucro que publica métodos estandarizados de análisis químico diseñados para aumentar la confianza en los resultados de los análisis químicos y microbiológicos. Las agencias gubernamentales y las organizaciones civiles a menudo requieren que los laboratorios utilicen métodos oficiales de AOAC), que consiste en medir la masa antes y después de colocar la muestra durante 24 horas en estufa a 50 C. La diferencia en masa se toma como representativa de la humedad.

2 - técnica alternativa que utiliza espectros IR de las muestras.

Para que esta técnica pueda ser utilizada debe estar despejada (ninguna banda de absorción) la zona de deformación OH del agua, que se encuentra en aproximadamente 1600 cm^{-1} . Se debe realizar un extracto con algún solvente que sea totalmente soluble en agua y que no presente bandas en esa zona.

Se preparan soluciones de solvente y agua de concentración en masa conocida, se realizan los espectros IR (ver figura 1), midiendo la absorbancia de la banda de deformación OH y se construye una curva de calibración (ver figura 2). A partir de la medida de la absorbancia de esta banda en la muestra y con la curva de calibración se determina la humedad de la muestra. Bajo estudio.

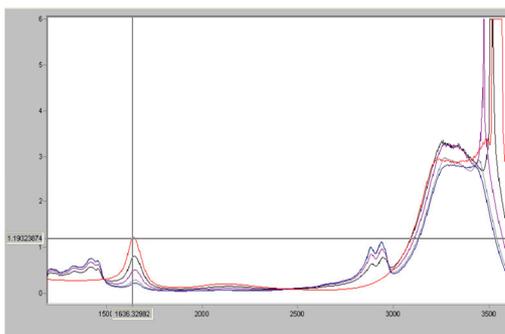


Figura 1. Espectros IR de soluciones acuosas de distinta composición.

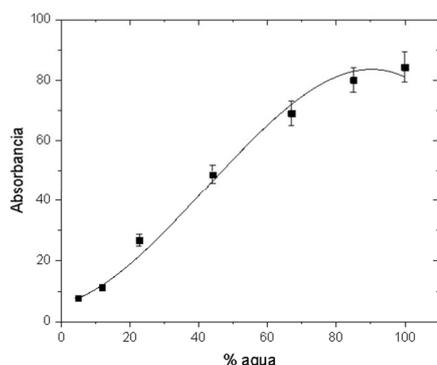


Figura 2. Curva de calibración absorbancia versus % en masa de agua.

Se eligió como solvente la propanona y se trituró y maceró en ella. Se utilizó un espectrógrafo Nicolet 5700 con celdas de CaF_2 .

Evaluación de los componentes bioactivos:

se realizó espectros UV de extractos etanólicos. Se ensayó con etanol absoluto y con etanol 96°, a diferentes tiempos de maceración y diferentes concentraciones.

Preparación de las muestras :

se separó pulpa, semilla y cascara de las patas. Se trituraron y se maceraron en alcohol etílico absoluto (AB) y con etanol de 96° (96) durante 15 minutos a 30°C . La concentración que se utilizó fue de 5 g de pulpa (P), semilla (S), cascara (c) del fruto en 15 ml de solvente.

Se separó otra porción de cascara, pulpa y semilla. Se trituraron y se maceraron en alcohol etílico absoluto y a 96° cada una de las partes del fruto durante 24 h a 30°C . Se colocó 5 g de cada muestra en 15 ml de los solventes utilizados.

También se prepararon otras concentraciones: 1g de muestra en 15ml de solvente y 0,5g de muestra en 15 ml de solvente.

Luego de obtener los extractos etanólicos a partir de cada parte del fruto, se determinaron los espectros UV-V mediante un Espectrofotómetro HITACHI U-1900.

4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Tabla1. Porcentaje de humedad en cáscara, semilla y pulpa.

	semilla	pulpa	cáscara
AOAC	60 ± 2	76 ± 1	67 ± 1
IR	42 ± 1	70 ± 2	57 ± 2

De la tabla se observa claramente que el mayor porcentaje de agua está en la pulpa. A pesar de que ambos métodos no presentan resultados coincidentes, están en el mismo orden.

En la figura 3 se puede observar claramente la causa de la diferencia, que es atribuible a que en el proceso de secado parte de los componentes fenólicos también se eliminan.

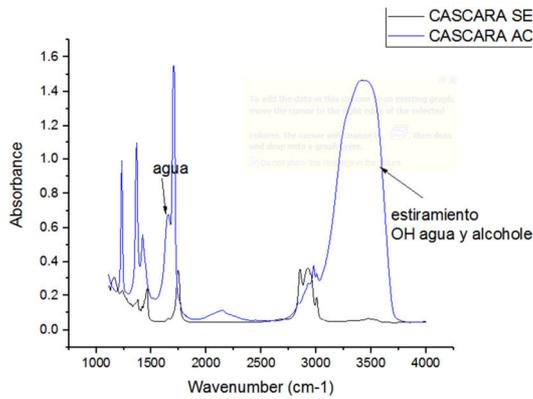


Figura 3. Espectros IR de una muestra de cáscara y de una de cáscara seca

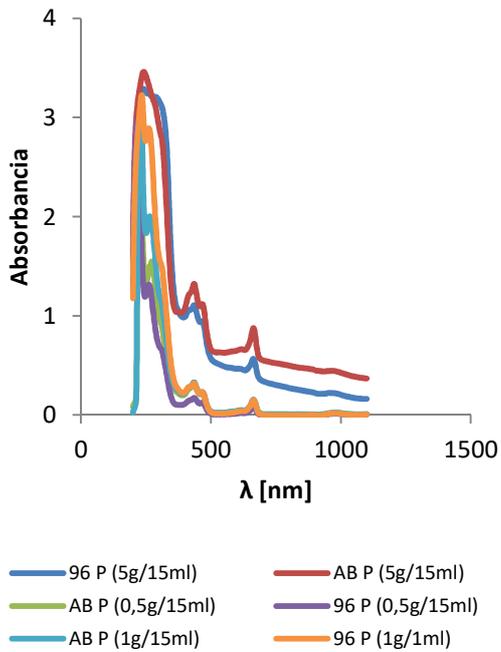


Figura 4. Espectros UV de los extractos de pulpa de palta a distintas concentraciones y distintos solventes.

Nota: Alcohol etílico 96° (96). Alcohol etílico absoluto (AB). Pulpa de palta (P)

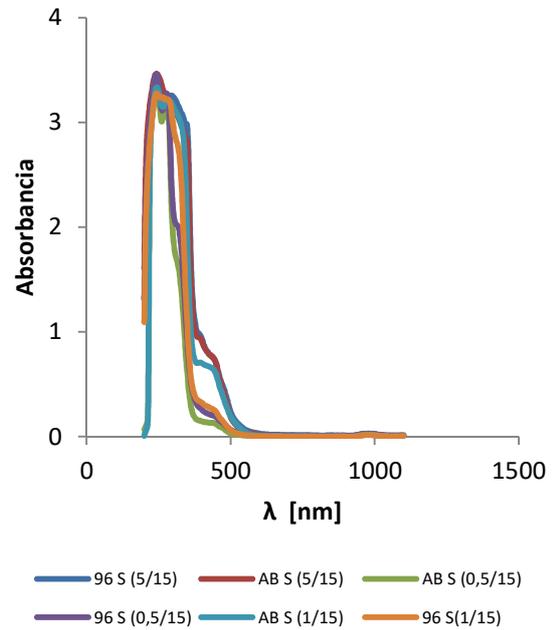


Figura 5. Espectros UV de los extractos de semilla de palta a distintas concentraciones y distintos solventes.

Nota: Alcohol etílico 96° (96). Alcohol etílico absoluto (AB). Semilla de palta (S)

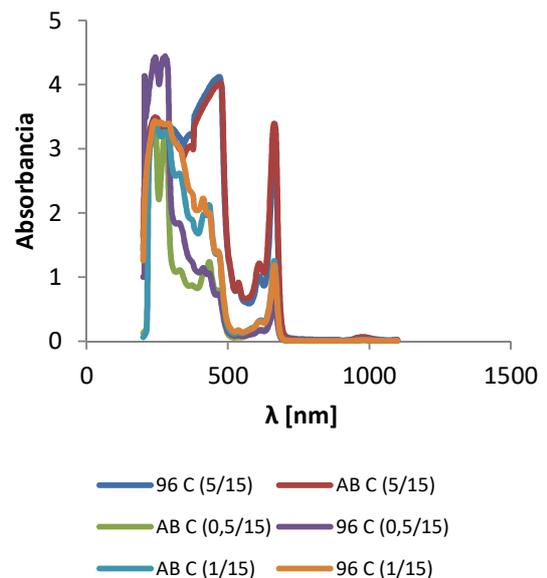


Figura 6. Espectros UV de los extractos de cáscara de palta a distintas concentraciones y distintos solventes.

Nota: Alcohol etílico 96° (96). Alcohol etílico absoluto (AB). Cascara de palta (C)

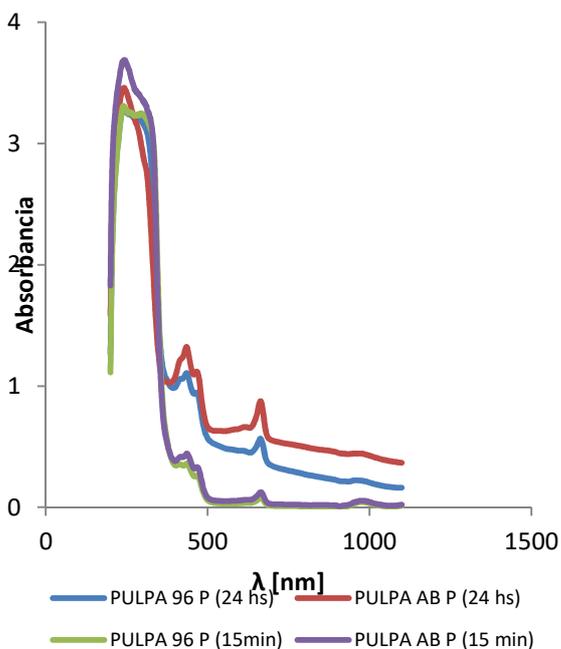


Figura 7. Espectros UV de los extractos de pulpa de palta a distintos tiempos de maceración y distintos solventes.

Nota: Alcohol etílico 96° (96). Alcohol etílico absoluto (AB). Pulpa de palta (P)

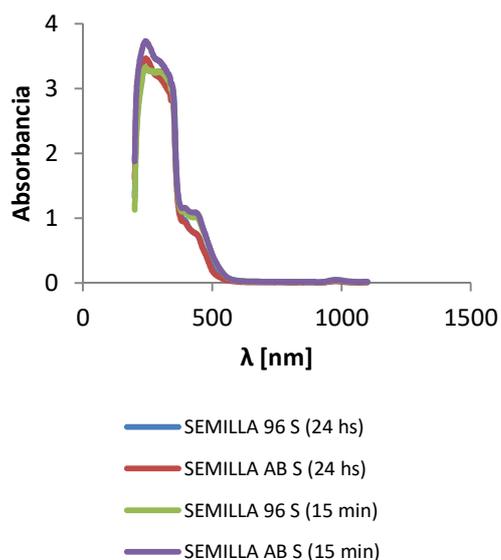


Figura 8. Espectros UV de los extractos de semilla de palta a distintos tiempos de maceración y distintos solventes.

Nota: Alcohol etílico 96° (96). Alcohol etílico absoluto (AB). Semilla de palta (S)

Se puede concluir de la observación de las figuras que la pulpa posee una gran variedad de componentes, que se aprecian mejor al disminuir la concentración y aumentar el tiempo de maceración.

Se observaron bandas en estos espectros correspondientes a clorofila 600-700 nm, beta caroteno 380-500 nm, kaempferol 260-370 nm, quercetina 250-370 nm y ácido clorogénico 220-360 nm, que concuerdan con la bibliografía consultada. Mediante el espectro UV-V se obtuvieron dos picos, 200 y 260 nm respectivamente.

Las mediciones de humedad con la técnica convencional AOAC y por Espectroscopía IR son similares dentro del error.

5 REFERENCIAS

AOAC. Official methods of analysis. (15th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC (1990).

Alvarez, L. D., Moreno, A. O., & Ochoa, F. G. 2012. Avocado. In M. Siddiq (ed), Tropical and Subtropical Fruits: Postharvest Physiology, Processing and Packaging (pp. 437-454). Oxford: Wiley-Blackwell

Araújo R.G.; Rodriguez-Jasso R.M.; Ruiz H.A.; Pintado M.M.E.; Aguilar C.N. 2018. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. Trends in Food Science & Technology, 80, 51-60.

Bailão EF, Devilla IA, da Conceição EC, Borges LL. Int. Bioactive Compounds Found in Brazilian Cerrado Fruits. J Mol Sci. 2015 Oct 9; 16(10):23760-83. Epub 2015 Oct 9.

Cowan, A. K., & Wolstenholme, B. N. 2016. Avocado. In B. Caballero, P. M. Finglas, F. Toldrá (Eds), Encyclopedia of Food and Health (pp. 294-300). Oxford: Academic Press.

Duarte, P. F., Chaves, M. A., Borges, C. D., & Mendonça, C. R. B. 2016. Avocado:

characteristics, health benefits and uses. *Ciência Rural*, 46(4), 747–754.

Krumreich F.D.; Borges C.D.; Mendonça C.R.B.; Jansen-Alves C.; Zambiasi R.C. 2018. Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chemistry*, 257, 376-381.

Paltas: bien conservadas duran más XXXIII Congreso Argentino de Horticultura <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=3352>

Plaza, L. Cano, M.P. Sánchez-Moreno, C. De Pascual-Teresa, S. De Ancos, B. 2009. Fatty Acids, Sterols, and Antioxidant Activity in Minimally Processed Avocados during

Refrigerated Storage. *J. Agric Food Chem*, 22,57(8), 3204-3209 doi: 10.1021/jf900541r.

Ranade, S. S., & Thiagarajan, P. 2015. A review on *Persea Americana* Mill. (Avocado)- Its fruit and oil. *International Journal of PharmTech Research*, 8(6), 72–77.

Zafar, T., & Sidhu, J. S. (2011). Avocado: Production, Quality, and Major Processed. Products. In N. Sinha (ed), *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing* (Vol. 1871, pp. 525–543). Oxford: Wiley-Blackwell.

Rendimiento y calidad de distintas soluciones para la reconstrucción de modelos tridimensionales

Carelli, Javier A.¹ y Luccioni, Griselda M.¹

(1) *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*

jcarelli@herrera.unt.edu.ar

gluccioni@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN: Hoy en día, es posible generar cartografía de manera sencilla y rápida, gracias al empleo de técnicas digitales y a la automatización de procesos. Actualmente, productos de gran utilidad cartográfica como los Modelos Digitales de Terreno (MDT) y ortofotografías, pueden ser confeccionados en base a imágenes tomadas por drones. La mayoría de los software de procesamiento de esta información, emplean algoritmos basados en técnicas denominadas SfM (*Structure from Motion*). El objetivo de este trabajo es comparar distintas opciones de procesamiento para analizar el rendimiento computacional y la calidad de las soluciones obtenidas. Para esto, se trabajó con bloques de imágenes obtenidas por drones y con técnicas de fotogrametría digital se realizaron la orientación interna de la cámara y las orientaciones exteriores de los haces de rayos. A partir de estos resultados se encontraron automáticamente zonas homólogas usando algoritmos de correspondencia de imágenes, obteniéndose la nube de puntos necesaria para formar el MDT. Puede concluirse que para la reconstrucción de algunas zonas resulta necesario una mayor densidad de puntos con más costo computacional.

ABSTRACT: Nowadays, it is possible to generate cartography easily and quickly, thanks to the use of digital techniques and process automation. Currently, products of great cartographic utility such as Digital Terrain Models (DTM) and orthophotographs, can be made based on images taken by drones. Most of the information processing software uses algorithms based on techniques called SfM (*Structure from Motion*). The aim of this paper is to compare different processing options to analyze the computational performance and the quality of the solutions obtained. For this, we worked with blocks of images obtained by drones and with digital photogrammetry techniques we performed the internal orientation of the camera and the external orientations of the beam of rays. From these results, homologous zones were automatically found using image matching algorithms, obtaining the necessary points cloud to form the DTM. It can be concluded that for the reconstruction of some areas a higher density of points with more computational cost is necessary.

Palabras claves: Fotogrametría Digital - Modelos Digitales de Terreno - reconstrucción.

Keywords: Digital Photogrammetry - Digital Terrain Models - reconstruction.

1 INTRODUCCIÓN

La producción de cartografía tuvo un impulso fundamental con la aparición de las técnicas fotogramétricas. La fotogrametría permite la reconstrucción del terreno (u otro objeto) a partir de fotografías.

Actualmente es posible generar productos fotogramétricos con fines cartográficos empleando software de relativo bajo costo.

El empleo de vehículos aéreos no tripulados (drones) está cada vez más difundido en

fotogrametría y cartografía, principalmente debido a su relativo bajo costo y a su versatilidad. Este tipo de plataformas no sólo permiten el empleo de cámaras digitales sino también sensores multispectrales, térmicos y de tecnología LIDAR con la incorporación de instrumentos auxiliares de navegación como GPS y sistemas inerciales (Nebiker & Lack, 2016). Otra característica destacada en esta etapa digital de la fotogrametría, es la automatización de los procesos. Esto genera un gran volumen de información a procesar y los algoritmos incorporan elementos de *Computer Vision*

relacionados con la Inteligencia Artificial, áreas del conocimiento que se encuentran en constante evolución.

Por otra parte, el manejo de estos grandes sistemas es muy demandante en recursos computacionales y obliga a una constante actualización de nuestro hardware, algo bastante difícil de lograr en universidades y pequeños grupos de trabajo por estas latitudes.

Una alternativa interesante a este problema es la incorporación de centros de cómputo de alto rendimiento en universidades nacionales y otros organismos, lo que posibilitará el manejo de grandes volúmenes de información. En una segunda etapa de esta investigación se prevé trabajar en estos servidores.

El objetivo de este trabajo es comparar distintas opciones de procesamiento para analizar el rendimiento computacional y la calidad en la reconstrucción, de las soluciones obtenidas.

2. CONCEPTOS FOTOGRAMÉTRICOS

2.1 Intersección espacial

En Fotogrametría la posición de un punto en el espacio se determina mediante la intersección de dos rectas determinadas por los centros de perspectiva O' , O'' , y las imágenes homólogas p' , p'' de ese punto (Fig. 1).

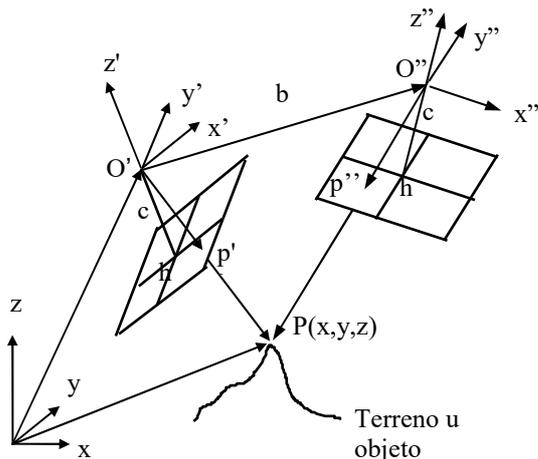


Figura 1: Intersección de dos rayos homólogos.

Normalmente se conocen los parámetros de la orientación interior de la cámara, distancia principal c y posición del punto principal h en el

plano imagen (Fig. 1). Resulta necesario, entonces, determinar las posiciones espaciales de los centros O' , O'' , y las orientaciones de ambos haces de rayos (Carelli & Juliá, 2009).

2.2 Orientación exterior

La posición y orientación de cada haz de rayos se denomina Orientación Exterior e implica la determinación de 6 incógnitas: las 3 coordenadas del centro de perspectiva y tres giros (los ángulos ω , φ , κ , por ejemplo). Los ángulos ω , φ , κ , son los formados por los ejes x' , y' , z' del sistema de la fotografía con los ejes x , y , z del sistema del terreno, considerando la secuencia en que se definen las rotaciones, ω (primaria) alrededor del eje x , φ (secundaria) alrededor del eje y cuya posición ha sido afectada por ω y, finalmente, κ (terciaria) alrededor del eje z que ha sido doblemente afectado por las rotaciones ω , φ .

Una manera analítica de encontrar los 6 parámetros de la orientación exterior de un haz de rayos es la siguiente: Cada punto origina un par de ecuaciones de colinealidad (1).

$$\begin{aligned} x'_j &= -c \frac{a_{11}(x_j - x_0) + a_{12}(y_j - y_0) + a_{13}(z_j - z_0)}{a_{31}(x_j - x_0) + a_{32}(y_j - y_0) + a_{33}(z_j - z_0)} \\ y'_j &= -c \frac{a_{21}(x_j - x_0) + a_{22}(y_j - y_0) + a_{23}(z_j - z_0)}{a_{31}(x_j - x_0) + a_{32}(y_j - y_0) + a_{33}(z_j - z_0)} \end{aligned} \quad (1)$$

Los coeficientes a son elementos de una matriz ortogonal obtenidos a partir de funciones trigonométricas de los ángulos ω , φ , κ .

Los valores x'_j , y'_j , son las coordenadas del punto j medidas en el fotograma y referidas a su punto principal, h ; los valores x_0 , y_0 , z_0 , ω , φ , κ , son los seis parámetros de la orientación exterior del haz de rayos, mientras que x_j , y_j , z_j , son las coordenadas del punto en el terreno. Tanto las coordenadas x_0 , y_0 , z_0 , como las x_j , y_j , z_j , están referidas al sistema del terreno, x , y , z (Fig. 1).

Si se conociese las coordenadas espaciales del terreno de al menos 3 puntos que aparezcan en ambas imágenes, con las (1) se podría formar un sistema de 6 ecuaciones, tanto para el fotograma izquierdo como para el derecho. Conocidas las orientaciones exteriores, después de resolver ambos sistemas, la posición de cualquier otro punto se obtendrá mediante la intersección de

rectas determinadas por los centros de perspectiva y las imágenes p' y p'' respectivamente (Fig. 1). Un problema importante se plantea porque las (1) no son lineales. La solución implica un proceso de linealización bastante extenso (Juliá, 1992), (Wolf, 1983).

2.3 Correspondencia de imágenes

Una de las principales ventajas de los procesos digitales es la obtención automática de puntos homólogos, esto es puntos que se encuentran en dos o más fotografías.

Si se define una ventana en el fotograma izquierdo, es posible encontrar el sector de imagen correspondiente en el fotograma derecho por medio de la comparación de densidades (niveles de gris o color). El algoritmo para la comparación más empleado es el de correlación cruzada. El procedimiento consiste en desplazar la ventana de ajuste, que tiene el mismo tamaño que la ventana de referencia o patrón, píxel a píxel a lo largo y a lo ancho de toda la ventana de búsqueda (Fig. 2).

En base a las densidades o valores de gris de esas matrices, se calcula el coeficiente de correlación ρ para cada nueva posición y el mayor de los coeficientes calculados definirá el mejor ajuste. A medida que el coeficiente de correlación se aproxima a 1, mejor será la semejanza existente entre ambas ventanas (Luccioni & Juliá, 2008).

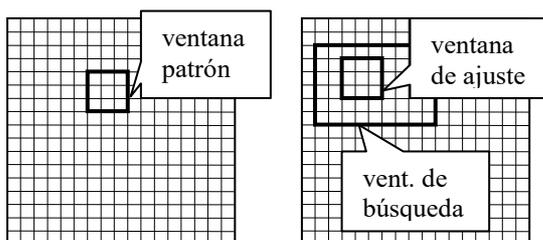


Figura 2: Correspondencia de imágenes.

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

El material empleado fueron 424 fotografías de un sector de la ciudad de San Miguel de Tucumán en el predio de la Universidad Nacional de Tucumán, obtenidas con un dron Phantom 4.

El vuelo se realizó a unos 100 metros de altura, con un recubrimiento longitudinal del 80% y un recubrimiento lateral del 60%. El tamaño del píxel en el terreno fue de aproximadamente 4 cm.

A partir de este bloque se seleccionó un grupo de 212 fotografías tratando de mantener las mismas características del bloque total para realizar una posterior comparación de tiempos de procesamiento.

Se emplearon además, 256 fotografías del Cristo de San Javier a fin de evaluar la calidad en la reconstrucción para este tipo de objetos.

El software empleado para el procesamiento de los datos fue el PhotoScan, de origen ruso. Existen distintas modalidades para el empleo de este software; una versión libre sin posibilidad de exportar resultados, una versión de prueba de 30 días y la versión con licencia. En este trabajo se empleó la versión de prueba aunque ya se solicitó formalmente, a través de nuestra facultad, la adquisición de la licencia académica del software. Las opciones y algoritmos que se mencionan en este trabajo hacen referencia a la versión 1.5 de PhotoScan denominada Metashape.

Se analizaron las distintas etapas del procesamiento con tres computadoras diferentes y se registraron los tiempos de ejecución. Las principales características de las tres computadoras pueden verse en la Tabla 1. Hay que destacar que la PC1 presenta el procesador más rápido aunque su memoria RAM es la menor.

A partir de técnicas de aerotriangulación fotogramétrica que incluye una compensación por el método de Haces de Rayos es posible determinar de manera simultánea las orientaciones exteriores de un número arbitrario de fotogramas y las coordenadas de los puntos de enlace (puntos medidos en los fotogramas cuyas coordenadas terreno se desconoce pero que actúan dando cohesión al bloque).

Tabla 1. Principales características de las computadoras empleadas.

Características	PC1	PC2	PC3
Procesador	Core i7-4790	Core i7-2600	Xeon E5-2630
Fecha de lanzamiento	Abril 2014	Enero 2011	Marzo 2012
Ranking de Rto. Intel	289	444	387

Frecuencia	3.60 Ghz	3.40 Ghz	2.40Ghz
RAM	8 Gb	16 Gb	64 Gb
Placa de video	Intel® Graphics 4600	Intel® Graphics 2000	NVIDIA Quadro M5000

Este proceso se basa en la ecuaciones de colinealidad, aunque con algunas modificaciones que incluyen la posibilidad de incorporar incógnitas adicionales, como por ejemplo, los parámetros de la orientación interior (Lerma García, 2002).

Cabe aclarar, que algunos software de procesamiento de información obtenida por drones, emplean algoritmos basados en técnicas SfM (*Structure from Motion*), que permite manejar imágenes tomadas en secuencias arbitrarias y con variaciones de escala, lo que los hace más robustos para usar con drones, donde las imágenes pueden experimentar grandes variaciones de escala debido a la inestabilidad de la plataforma (Reshetyuk & Martensson, 2016).

4. RESULTADOS

Como ya se mencionó se registraron los tiempos de ejecución de las distintas etapas del procesamiento para cada una de computadoras.

Además se realizó una comparación de tiempos de ejecución entre dos bloques de similares características constructivas pero con distinto número de fotografías (212 vs 424).*4.1 Etapa de alineación de cámaras*

Esta etapa involucra dos subprocesos; el primero consiste en la detección de puntos en una imagen y su correspondencia con puntos homólogos en las otras imágenes basado en algoritmos similares al mostrado en el punto 2.3.

Luego, en base a esto se obtienen las distintas posiciones y orientaciones que tenía la cámara en los instantes de toma, esto es la orientación exterior de cada haz de rayos como se muestra en la Fig. 3. También se obtienen estimaciones de los parámetros de la orientación interior de la cámara.

Este proceso es muy importante y comparativamente, no insume demasiado tiempo, por lo que se prefiere trabajar en un modo de calidad alto. En la Tabla 3 se muestran los tiempos de ejecución para los dos bloques de 212 y 424 fotografías. Los números de las columnas angostas representan el cociente entre los tiempos del bloque de 424 y el de 212 fotos. Del análisis de la tabla se observa una marcada diferencia en tiempo del subproceso de correspondencia de imágenes de la PC3 respecto de las otras. Esto se debe principalmente a la placa de video. El subproceso de alineación depende más de la velocidad del procesador. Puede notarse además, que no existe una relación lineal entre cantidad de fotos y tiempo de ejecución.

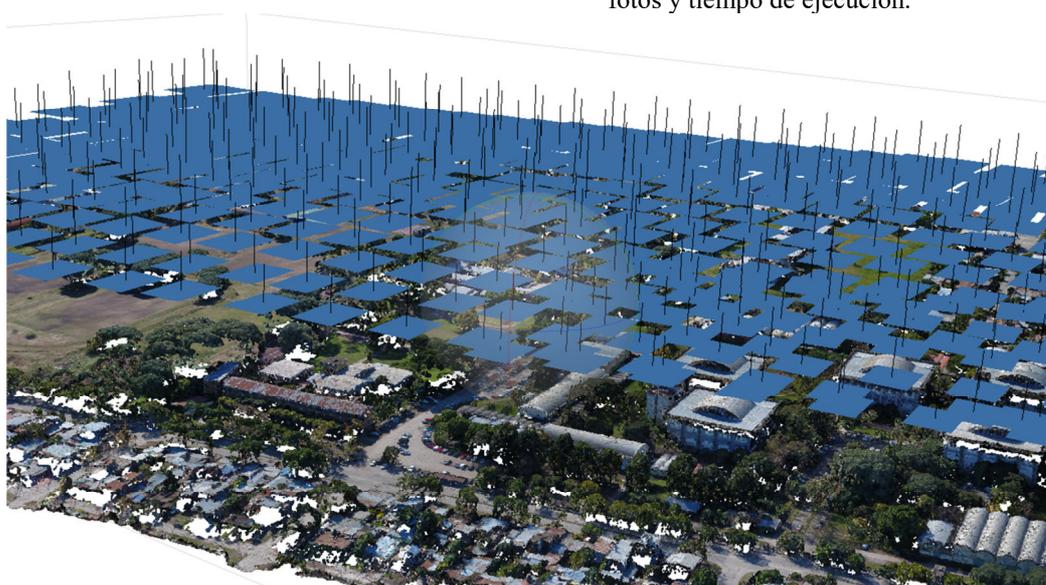


Figura 3: Alineación de cámaras.

Tabla 2. Rendimiento del proceso de alineación.

Bloque	Opción/Ptos aprox.	Subproceso	Rto. PC1		Rto. PC2		Rto. PC3	
212 Fotos	HIGH (250.000)	Correspondencia Imágenes	13m 57s		16m 47s		3m 53s	
		Alineación cámaras	1m 26s		1m 50s		1m 54s	
424 Fotos	HIGH (500.000)	Correspondencia Imágenes	44m 44s	3.2	53m 02s	3.2	9m 18s	2.4
		Alineación cámaras	3m 20s	2.3	4m 10s	2.3	4m 26s	2.3

4.2 Etapa de obtención de nube densa de puntos

Una vez orientados los fotogramas, se encuentran automáticamente las zonas homólogas a través de la correspondencia de imágenes. Con las coordenadas del centro (u otro punto) de los píxeles centrales de ambos sectores, se calculan por intersección en el espacio, las coordenadas del punto del terreno correspondiente. Repitiendo esta operación para una red de puntos de una cierta densidad, se obtendrá la nube de puntos necesaria para formar el MDT (Luccioni & Juliá, 2008).

Cabe aclarar, que con la nube de puntos generada en esta etapa es posible obtener un Modelo Digital de Superficie (MDS) pues se representan todos los elementos de la imagen (edificios, árboles, etc.). Si es necesario trabajar con un modelo a nivel terreno habrá que realizar un filtrado y obtener el MDT.

Esta etapa es crítica ya que es la que insume más tiempo de ejecución. Puede dividirse en dos subprocesos; la obtención de mapas de profundidad en la que se trabaja en el espacio imagen y la generación de la nube densa de puntos en el espacio objeto.

Existen cinco opciones de procesamiento con distintos niveles de resolución. Los modos *lowest*, *low*, *medium*, *high* y *ultra high*. Este último corresponde a la resolución original de las imágenes y luego se reduce en un factor 2. Esto implica que al aumentar de nivel, la cantidad de puntos es aproximadamente cuatro veces mayor. En este trabajo se emplearon las opciones *low*, *medium*, *high* y cuando fue posible *ultra high*. En la Fig. 4 puede observarse el resultado de la generación de esta nube densa de puntos para un sector de la zona de trabajo.



Figura 4: Nube densa de puntos.

Tabla 3. Rendimiento del proceso de generación de nube densa para el bloque de 424 fotos.

Proceso	Opción/Ptos aprox.	Subproceso	Rto. PC1		Rto. PC2		Rto. PC3	
Generación nube densa	LOW (11.000.000)	Mapas de profundidad	19m 57s		25m 21s		7m 23s	
		Generación nube densa	2m 24s		2m 58s		2m 38s	
	MEDIUM (45.000.000)	Mapas de profundidad	1h 20m	4	1h 31m	3.6	17m	2.3
		Generación nube densa	8m 15s	3.4	10m 12s	3.4	7m 20s	2.8
HIGH	Mapas de profundidad	5h 04m	3.8	5h 41m	3.7	46m 47s	2.7	

(180.000.000)	Generación nube densa	40m 07s	4.9	39m 11s	3.8	23m 12s	3.2
---------------	-----------------------	---------	-----	---------	-----	---------	-----

Tabla 4. Rendimiento del proceso de generación de nube densa para el bloque de 212 fotos.

Proceso	Opción/Ptos aprox.	Subproceso	Rto. PC1		Rto. PC2		Rto. PC3	
Generación nube densa	LOW (6.000.000)	Mapas de profundidad	8m 37s		11m 15s		3m 21s	
		Generación nube densa	0m 57s		1m 09s		1m 04s	
	MEDIUM (25.000.000)	Mapas de profundidad	33m 25s	3.9	40m 10s	3.6	7m 44s	2.3
		Generación nube densa	3m 07s	3.3	3m 52s	3.4	2m 56s	2.7
	HIGH (100.000.000)	Mapas de profundidad	2h 09m	3.9	2h 25m	3.6	21m 24s	2.7
		Generación nube densa	12m 01s	3.9	14m 32s	3.8	9m 17s	3.2
	ULTRA HIGH (400.000.000)	Mapas de profundidad	8h 17m	3.9	9h 13m	3.8	1h 12m	3.4
		Generación nube densa	3h 26m	17	1h 04m	4.4	36m 44s	4

En la Tabla 3 se muestran los tiempos de ejecución de los dos subprocesos de esta etapa para 3 niveles de resolución y considerando el bloque de 424 fotografías. Aquí, las columnas angostas representan la relación de tiempo entre un nivel y el inferior, esto es, el número 4 de la opción *medium* significa que insumió 4 veces más tiempo que el mismo proceso en la opción *low*. En la Tabla 4 se muestran los tiempos de ejecución de los dos subprocesos para 4 niveles de resolución y considerando el bloque de 212 fotografías.

La *performance* relativa de la PC3 respecto de las otras mejora a medida que elevamos el nivel de resolución. Esto es muy notorio en la opción *ultra high* de la Tabla 4 con un tiempo de aproximadamente 1 hora frente a 9 horas.

Otro aspecto destacado es que la PC1 demoró 17 veces más para generar la nube densa con la opción *ultra high* frente a la opción *high*. Esto se debe a la insuficiente memoria RAM necesaria para este proceso. De hecho, ni siquiera fue posible procesar el bloque de 424 fotos bajo esta opción con esta computadora.

Analizando comparativamente los tiempos de ejecución para ambos bloques de fotografías, se observaron valores entre 2.3 y 2.7 veces y de 3.4 veces en la opción *high* de la PC1. Se mantiene la no linealidad de la etapa anterior, incrementándose la relación en niveles más altos de procesamiento debido a la necesidad cada vez

mayor de recursos como memoria RAM y placa de video.

4.3 Etapa de modelado y texturado

A partir de la nube de puntos que es una representación incompleta de la superficie se obtiene un MDS, que es una representación completa de la superficie. Esto se logra, generalmente, a través de técnicas que incluyen la obtención de una red irregular triangulada, comúnmente conocida como TIN (*Triangulated Irregular Network*). El resultado de esta operación puede verse en la Fig. 5, para una representación del Cristo Bendicente de San Javier.

Opcionalmente, puede agregarse textura al modelo. Esto se logra a través de una técnica llamada *UV mapping* que consiste en proyectar una o varias imágenes bidimensionales sobre un modelo tridimensional. Esto se muestra en la Fig. 6, para el caso del Cristo de San Javier.

Esta etapa no insume tanto tiempo como la anterior. La densidad en la generación de la malla depende de la densidad de puntos obtenida en el paso anterior. Un aspecto a destacar en esta etapa es la demanda creciente de memoria RAM.



Figura 5: Modelado del Cristo Bendicente.



Figura 6: Texturado del Cristo Bendicente.

Incluso cuando se trata de reconstrucción en modos altos, de objetos de formas arbitrarias como el Cristo, la demanda de memoria es mayor y es conveniente usar placa de video para poder visualizar el modelo en pantalla.

En la Tabla 5 se muestran los tiempos de ejecución de la etapa de modelado con distintos niveles de resolución y considerando el bloque de 212 fotografías. Se han considerado dos opciones ultra high con 78 y 300 millones de triángulos. Puede observarse que hasta el modo *high* este proceso no insume demasiado tiempo y es función, principalmente, de la velocidad del procesador aunque ya empieza a evidenciarse una demanda creciente de memoria como se puede ver en el valor 5 de la columna angosta correspondiente a la PC1. Esto mismo ocurre para la PC2 con 78 millones de triángulos.

Cuando se incrementa la cantidad de triángulos del modelo a 300 millones sólo es posible procesarlo con la PC3 debido a la necesidad de memoria RAM (28 Gb. en este caso).

5. CONSIDERACIONES ADICIONALES

La necesidad de reconstruir el terreno o un objeto de la mejor manera posible trae aparejado un costo que se traduce en un mayor tiempo de procesamiento o en un hardware más adecuado del que a veces se dispone.

En las Figs. 7 y 8 puede observarse la diferencia en la calidad de la reconstrucción de un edificio al emplear las opciones *low* o *ultra high*. La primera resulta inaceptable en este caso.

Sin embargo, si observamos la Fig. 9 no apreciamos gran diferencia entre los dos niveles de resolución. Esto se debe a que, al tratarse de una zona llana, sin cambios bruscos de pendiente, el modelo puede formarse aceptablemente en base a una menor densidad de puntos.

6. CONCLUSIONES

Puede concluirse que si el terreno es llano u ondulado puede ser suficiente trabajar en un modo medio. Si se quieren reconstruir construcciones o edificios habrá que usar modos altos de procesamiento. Algo similar ocurre en zonas montañosas. Dependerá además, del número de fotografías a procesar y de la capacidad del hardware empleado (placa de video, procesador, memoria RAM, etc.).

Para la reconstrucción de objetos es conveniente usar los modos altos de procesamiento para representar un mayor grado de detalle, siendo recomendable el uso de placa video y memoria RAM suficiente.

Resulta muy peligroso extrapolar los tiempos de ejecución en función del número de fotografías ya que presenta un comportamiento no lineal y depende de muchos factores.

Tabla 5. Rendimiento del proceso de modelado para el bloque de 212 fotos.

Proceso	Opción/Triángulos aprox.	Subproceso	Rto. PC1		Rto. PC2		Rto. PC3	
Reconstr. Modelo	LOW (1.200.000)	Reconstrucción	0m 20s		0m 24s		0m 36s	
	MEDIUM (5.000.000)	Reconstrucción	1m 22s	4.1	1m 44s	4.3	2m 46s	4.6
	HIGH (20.000.000)	Reconstrucción	6m 51s	5	6m 51s	4	10m 59s	4
	ULTRA HIGH (78.000.000)	Reconstrucción			38m32s	5.6	44m 13s	4
	ULTRA HIGH (300.000.000)	Reconstrucción					1h 41m	2.3

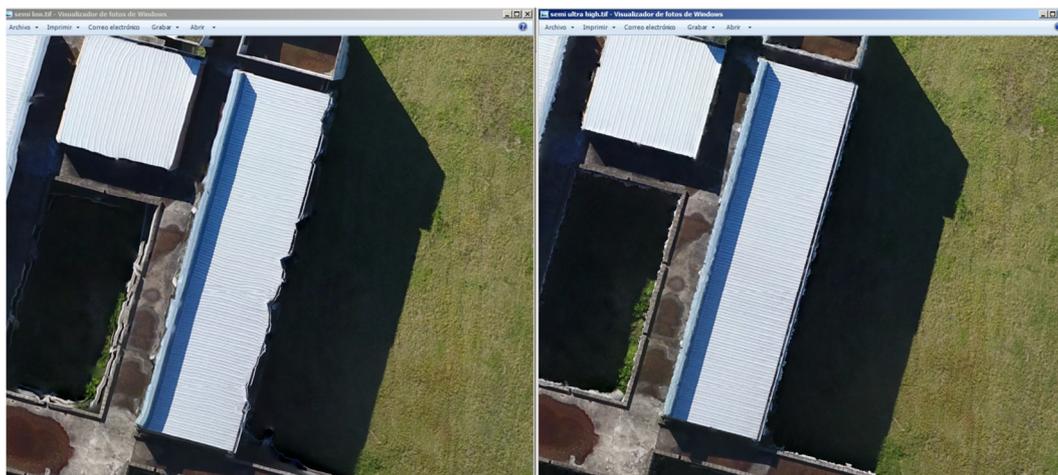


Figura 7: Reconstrucción de un edificio, opción *low* (izquierda), *ultra high* (derecha).

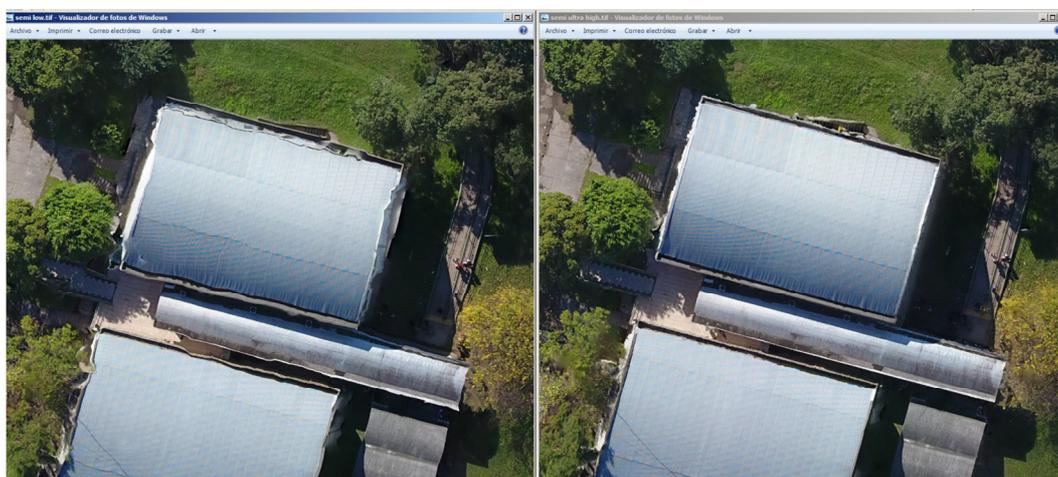


Figura 8: Reconstrucción de un edificio, opción *low* (izquierda), *ultra high* (derecha).

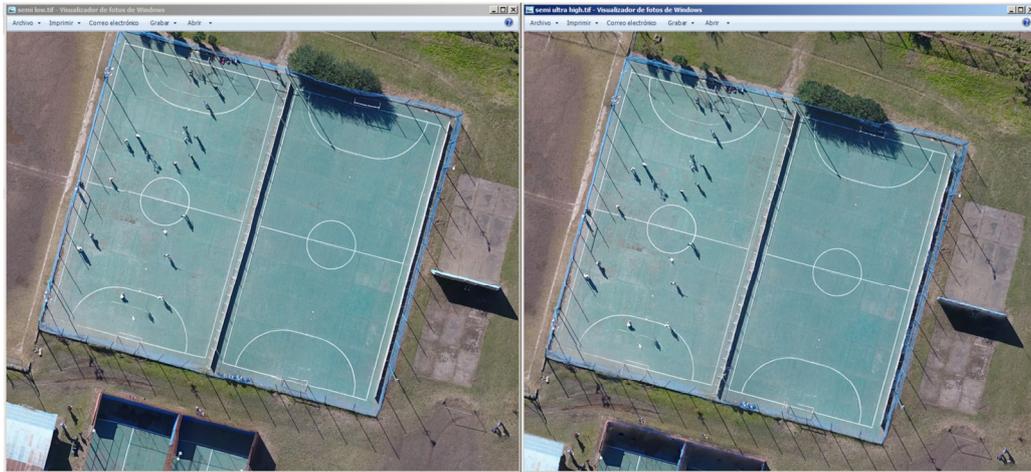


Figura 9: Reconstrucción de una zona llana, opción *low* (izquierda), *ultra high* (derecha).

REFERENCIAS

- Carelli, J.A. & J.E. Juliá, Restitución Fotogramétrica y materialización de una escultura, *Mapping* N° 133, 86-87, 2009.
- Juliá, J. E., *Apuntes de Fotogrametría Analítica*. Publicación de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Tucumán, 1992.
- Kraus, K., *Photogrammetry 2nd edition*. Walter de Gruyter, Berlín, 2007.
- Lerma García, J.L., *Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital*. Universidad Politécnica de Valencia, España, 2002.
- Luccioni, G.M. & J.E. Juliá, Correspondencia de imágenes basada en área, *Mapping* N° 124, 18-22, 2008.
- Nebiker, S. & N. Lack, *Multispectral and Thermal Sensors on UAVs*. UAS Edition. GIM International Vol. 30, 14 - 17, Geomares Publishing, Holanda, 2016.
- Reshetyuk, Y. & S.G. Martensson, *Generation of Highly Accurate Digital Elevation Models with unmanned aerial vehicles*. The Photogrammetric Record N° 154, Vol. 31, 143 - 165, Wiley Blackwell, Reino Unido, 2016.
- Wolf, P. R., *Elements of Photogrammetry*. Mc Graw- Hill Book Company, New York, 1983

Rendimiento comparativo de un secador solar contrastando el uso de chimenea con extractor eólico y extractor tipo H

Cattaneo, Carlos A.¹, Biasoni, Enrique M.¹, Villalva Gustavo A.¹, Larcher, Ledda I.¹.

(1) Universidad de Santiago del Estero-Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Departamento Físico-Matemático. cacatta@unse.edu.ar

RESUMEN: En este trabajo se usó un secador solar de tipo indirecto, sin acumulación térmica y con chimenea, en cuyo extremo se colocó un extractor tipo eólico o uno tipo H. Estos sistemas extractores bajan la presión en la parte superior de la chimenea con el fin de que aumente el flujo de aire. Además, a cada extractor de chimenea se le realizaron dos tipos de configuraciones que permiten el aprovechamiento de radiación solar para calentar el aire que circula por la chimenea. Para comparar la eficiencia de los distintos tipos de chimenea durante el proceso de secado, se realizaron ensayos usando acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla*). Para cada configuración ensayada se determinó el rendimiento del equipo: con el extractor eólico varía entre 4,41 al 7,13 % en cada configuración, mientras que con el extractor tipo H el rendimiento varía del 4,18 al 6,2 %. En tanto que los rendimientos instantáneos del colector solar varían del 18 al 38 % con el extractor eólico 17 % con el extractor tipo H.

ABSTRACT: Along this work an indirect type solar drier without thermal accumulation and with a chimney, at which end an eolic or an H-type extractor was set. These extractor systems lower the pressure in the upper part of the chimney in order to increase the air flow. Furthermore, each chimney extractor got two different configurations to allow solar radiation heat the air circulating along the chimney. To compare efficiency of different types of chimney during the drying process, experiments were conducted using chard (*Beta vulgaris* var. *Cicla*). The performance of the equipment was determined for each configuration: with the eolic extractor varies between 4,41 and 7,13 % at each configuration, while with the H-type the performance varies between 4,18 and 6,2 %. Whereas the instantaneous yields of the solar collector vary from 18 to 38% with the wind extractor and from 17 % with the H-type extractor.

Palabras clave: Rendimiento, secadero, chimenea

Keywords: Performance, drier, chimney.

1. INTRODUCCION

Los sistemas de ventilación pasiva se están proponiendo cada vez más como una alternativa a los sistemas de ventilación mecánica debido a sus beneficios potenciales en términos de costo operacional, requerimiento de energía y emisión de dióxido de carbono. La chimenea solar es un excelente sistema de ventilación pasivo que se basa en la fuerza motriz natural, es decir, la energía del sol (Kasaeian et al 2017). Una cantidad significativa de trabajo de investigación se ha hecho sobre la chimenea solar desde la década de 1990. La mayor parte de las investigaciones se centra en los efectos de la geometría y ángulo de inclinación en el

rendimiento de ventilación de una chimenea solar (Kasaeian et al 2017).

Según Duran et al. una manera que un secador solar puede trabajar con convección natural de forma más eficiente, es mediante el uso de una chimenea solar, aprovechando el gradiente térmico que se produce en ella. (Duran, Condorí, & Altobelli. 2015).

Este sistema tiene un funcionamiento que se autorregula con la radiación solar, es económico en cuanto a su construcción, no necesita de sistemas complejos de control y es independiente de las fuentes externas de energía (Román, 1992). Según la ecuación de Bernoulli, en la chimenea la velocidad del flujo de aire es directamente proporcional a la diferencia de presión entre la columna de aire a la salida y la atmosférica, e

inversamente proporcional a la densidad del aire. Es decir que se aumenta el tiraje de la chimenea incrementando su altura, esto mejora la diferencia de presión, o aumentando la temperatura de salida, lo cual disminuye la densidad del aire. (Duran, Condorí & Altobelli, 2015).

Los trabajos de Bansal et al (1993) definen en chimeneas solares de sistemas productores de energía eléctrica, mostraron que las temperaturas promedio del aire en la salida de la chimenea solar y en la superficie de captación de energía pueden aumentar significativamente con la radiación solar incidente.

Según Bansal, Mathur & Bhandari (1993), la influencia de la chimenea solar se reduce a medida que aumentan la velocidad del viento, estos resultados obtuvo mediante modelos matemáticos, para estudiar cómo influye la velocidad del viento, y mencionando el concepto de aumentar el flujo de aire mediante el aumento de las irradiaciones solares. También determinaron que para bajas velocidades del aire en el interior, el efecto de la chimenea solar es sustancial en el aumento de la convección natural. Estos equipos constan de tres partes principales: el colector solar, la cámara de secado, y la chimenea (Cattaneo et al., 2017). Figura (1).

El mecanismo que impulsa la circulación de aire en sistemas pasivos considera la Fuerza de flotabilidad del aire. En este caso, la ganancia de presión es directamente proporcional a la diferencia de densidad del aire entre la chimenea y el medio ambiente, a la misma altura. (Duran, Condorí, & Altobelli. 2015).

Este tipo de chimenea se denomina como de tipo solar, trabaja esencialmente con el principio de un colector (Villalba et al., 2014) solar de aire que aumenta la temperatura del aire a través de la chimenea.

Estudios realizados por Kasaeian et al. (2017) presentan resultados obtenidos en estos equipos, donde examinan la manera en que el aire es calentado por radiación solar en la chimenea.

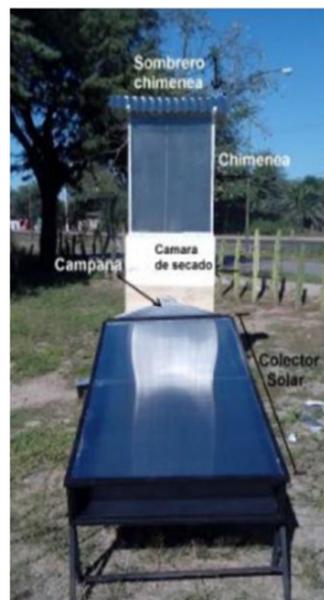


Figura 1 Configuración de chimenea con sombrerete en el equipo de secado solar (Cattaneo et al 2017).

El desarrollo y utilización del concepto de chimenea solar fue propuesto Lal, Kaushik & Bhargav (2013). La chimenea solar se utilizó sólo para la calefacción del espacio y, en la actualidad, se puede utilizar tanto para la calefacción y la ventilación de la construcción. Actualmente se trabaja en el mejoramiento de los rendimientos mediante diferentes mecanismos que tienden a aumentar el flujo másico (Lal, Shiv et al., 2013)

2. EQUIPO

Se presenta un secador de tipo solar, indirecto, sin acumulación térmica, y con diferentes formas de extracción flujos, el equipo tiene una estructura de chimenea (Figura 3) que permite realizar cambios dentro de su estructura y cambios en el sistema extractor colocado a la salida de la chimenea, de esta manera se obtienen diferentes configuraciones de chimeneas con la intención de cambiar el mecanismo de extracción de aire. Las Figuras 1 muestran el equipo de secado ensayado anteriormente (Cattaneo et al., 2015) con un sombrerete, en la Figura 2 se ven los distintos sistemas de extracción de chimenea utilizados en los ensayos actuales. En el secador de la Figura 1 y 2 se diferencia sólo en el sistema extractor y se pueden distinguir tres partes principales: el

colector solar, la cámara de secado y la chimenea solar.

Las chimeneas que se observan en Figura 2 son de tipo solar con diferentes mecanismos de extractores (figuras a y b), estas chimeneas dejan de ser de tipo solar realizando el tapado de la cubierta de policarbonato alveolar (Cattaneo et al., 2017).

En este equipo el aire, a temperatura ambiente, ingresa al colector y circula entre el espacio existente entre la placa colectorora y la cubierta, lamiendo la superficie del colector ocasionado que el aire se caliente. Luego, el aire caliente ingresa a la cámara de secado y, a medida que circula en la cámara, se pone en contacto directo con el producto a secar, extrayendo el contenido de agua que se libera a la atmósfera por el sistema de chimenea.

Además para asegurar un mejor flujo de aire se coloca un sistema extractor a la chimenea, este sistema extractor busca producir un sistema de baja presión en la parte superior de la chimenea con el fin de que aumente el flujo de aire.

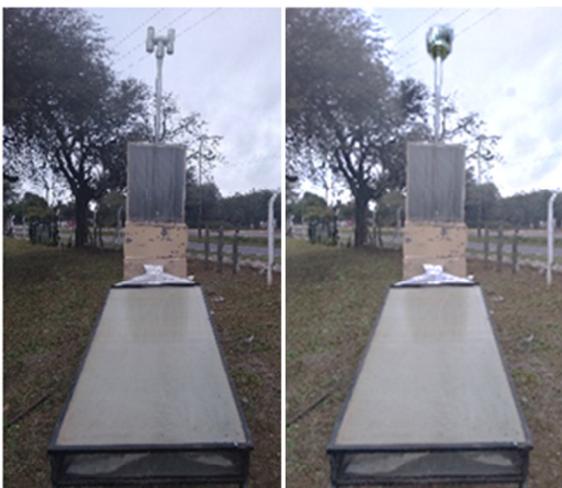


Figura 2 Configuraciones de chimenea con diferentes mecanismos de extracción.

3.1 Colector

El colector solar es de tipo placa plana de forma de un paralelepípedo rectangular recto, cuyas dimensiones interiores son 2m de largo, 1 metros de ancho y 0,2 m de altura, cubierto por una placa de policarbonato alveolar transparente de 4 mm de espesor (Cattaneo et al., 2015). (Figura 3)

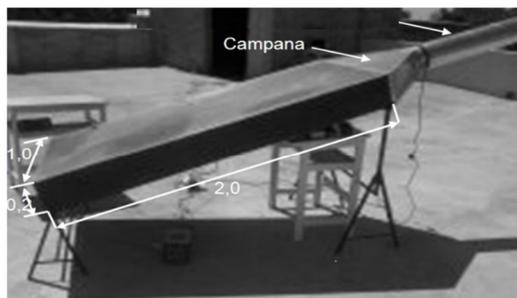


Figura 3 Sistema colector de energía solar.

El colector solar es una unidad independiente que está unido a la cámara de secado, mediante una conexión directa con la boca de salida del colector solar por medio de un tubo de 20 cm de diámetro.

3.2 Cámara de secado

La cámara de secado se construyó en madera de algarrobo; sus dimensiones son: 1,3 m ancho, 0,5 m profundidad, y 1,2 m altura; puede albergar 8 bandejas de 45 cm por 45 cm. Su diseño no permite el ingreso de radiación solar a efectos de secar productos alimenticios sin modificar sus propiedades. (Villalba et al., 2014)

3.3 Chimenea

La estructura consta de una chimenea externa unida a la cámara de secado. Su forma es prismática con base rectangular; sus dimensiones son 1,3 m ancho, una profundidad de 10 cm y 1,5 m altura. (Figura 2)

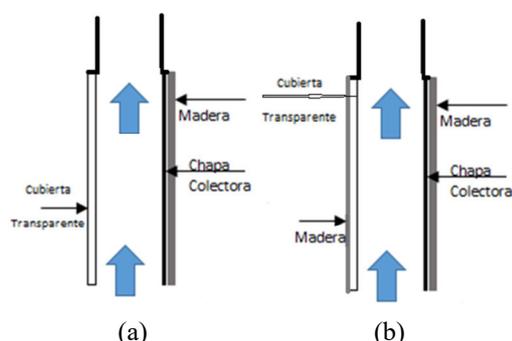


Figura 4 Arreglo de Chimenea solar y chimenea no solar o convencional

El diseño de la chimenea permite realizar modificaciones en la configuración de la misma, permitiendo o no el ingreso de radiación. A las que llamaremos Chimenea solar o Chimenea

convencional, respectivamente y pueden verse en la Figura 4.

De esta manera se obtuvieron las cuatro configuraciones ensayadas:

- Chimenea Solar-eólica: Corresponde a una chimenea solar, con la cara frontal transparente que permiten que ingrese radiación solar al interior de la chimenea y donde se colocó una placa plana vertical absorbadora de energía dentro de la chimenea, a la salida de la chimenea se acopló un extractor eólico, todas las restantes caras son de madera de algarrobo que actúan como aislantes de radiación solar hacia el interior, además de evitar la conducción térmica por sus paredes. Figuras 2(a) y 4(a).

- Chimenea Eólica: Corresponde a una chimenea convencional, donde la cara frontal transparente es tapada, lo cual no permite que ingrese radiación solar al interior de la chimenea y a la salida de la chimenea se acopló un extractor eólico; en este caso todas las caras actúan como aislantes de radiación solar hacia el interior, y además de evitan la conducción térmica por sus paredes. Figuras 2(a) y 4 (b)

- Chimenea Solar-H: Corresponde a una chimenea solar, con la cara frontal transparente que permiten que ingrese radiación solar al interior de la chimenea y donde se colocó una placa plana vertical absorbadora de energía dentro de la chimenea, a la salida de la chimenea se acopló un extractor tipo H, todas las restantes caras son de madera de algarrobo que actúan como aislantes de radiación solar hacia el interior, además de evitar la conducción térmica por sus paredes. Figuras 2 (b) y 4(a)

- Chimenea tipo H: Corresponde a una chimenea convencional, donde la cara frontal transparente es tapada, lo cual no permiten que ingrese radiación solar al interior de la chimenea y a la salida de la chimenea se acopló un extractor tipo H, en este caso todas las caras actúan como aislantes de radiación solar hacia el interior, y además de evitan la conducción térmica por sus paredes. Figuras 2(b) y 4(b)

4 METODOLOGÍA

Para evaluar el funcionamiento de las diferentes configuraciones de chimenea en el secador solar construido, durante la experiencia de secado se registraron diferentes variables de interés para la cuantificación de indicadores del desempeño del

las diferentes configuraciones del equipo. Tales variables fueron: temperatura de entrada al colector, temperatura de salida del colector o ingreso a cámara de secado, y otros registros que se tuvieron en cuenta fueron la temperatura en el interior de la cámara de secado y a la salida de la misma, que coincide con la temperatura de entrada a la chimenea. También se midió la radiación solar, sobre el plano inclinado de la superficie absorbadora, la masa de muestra a secar antes y después del secado, y el caudal del aire a la salida de los extractores.

Las muestras se colocaron de forma uniforme en las ocho bandejas tratando de que tener intersticios en las muestras de cada bandeja, para permitir que el aire circule a través de las muestras a secar y se registró la evolución de la pérdida de masa de agua total.

Con objeto de determinar la efectividad del funcionamiento de las configuración de chimenea, se realizaron ensayos utilizando muestras de acelga, para la preparación de la muestra, se tuvieron en cuenta los criterios utilizados por Villalba et al. (2014) Se determinó el rendimiento del secadero, el cual está relacionado con la capacidad de extraer agua del producto a secar, porcentaje agua perdida en la muestra a secar y el rendimiento del colector. (Duffie et al., 2013.)

4.1 Rendimiento secadero

Para determinar el rendimiento general del secadero se utiliza la relación propuesta por Cattaneo et al (2015) (Ecuación 1).

$$\eta = \frac{\Delta m \cdot h}{A \cdot I \cdot t} \quad 1$$

Donde Δm la masa total de agua perdida en el secadero, h calor latente de vaporización del agua a la temperatura de secado, A área del colector y $I \cdot t$ energía de radiación por área.

De esta manera se obtuvo el rendimiento del secadero para cada configuración de chimenea.

También se midieron las temperaturas de entrada y salida del colector y de la chimenea. Para poder evaluar en comportamiento de cada configuración de chimenea y determinar el rendimiento del colector, se midieron las velocidades del aire a la salida del colector y de la chimenea.

4.2 Rendimiento Colector

El rendimiento instantáneo del colector se calcula según la (Ecuación 2) (Duffie and Beckman 2013)

$$\eta = \frac{\dot{m}C_p(T_s - T_e)}{AI_i} \quad 2$$

Donde \dot{m} es el flujo másico que surge del producto densidad por caudal, siendo la densidad altamente dependiente de la variable temperatura, de modo que se atendió la corrección pertinente según este criterio en su determinación, C_p calor específico del aire, T_s temperatura de salida del aire del colector, T_e temperatura de entrada del aire del colector, A área del colector e I_i intensidad de la radiación instantánea. La diferencia de temperatura entre la enteeda y salida del colector que aparece en esta expresión están tomadas en el mismo instante de tiempo.

5 RESULTADOS

El secadero se ensayó en la provincia de Santiago del Estero durante el período marzo abril de 2019, secando acelga.

Los ensayos se realizaron por duplicado para cada configuración Figura 2 (a) y (b) con el fin de corroborar las mediciones.

Los ensayos se efectuaron entre las horas 10:00 y 16:00 hs de cada día, y se colocaron las cantidades de muestras de acelga en promedio de cada día, fueron de 3 kg, variando entre 350 a 400 gr por bandeja

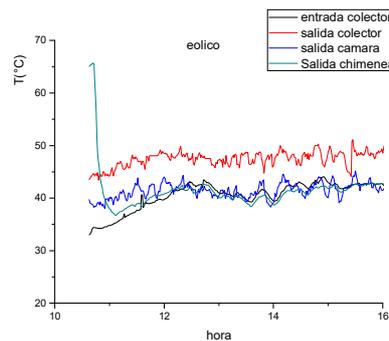
5.1 Temperaturas medidas en el equipo durante los ensayos

En la figuras 5(a) y 5(b) se muestran las temperaturas medidas, mediante termocuplas tipo K con un adquiredor de datos de construcción propia que guarda valores de temperaturas por cada segundo, en el colector durante proceso de secado para un ensayo en diferentes configuraciones con extractor eólico; se aprecia una marcada diferencia en la temperatura del aire a la entrada y salida del colector.

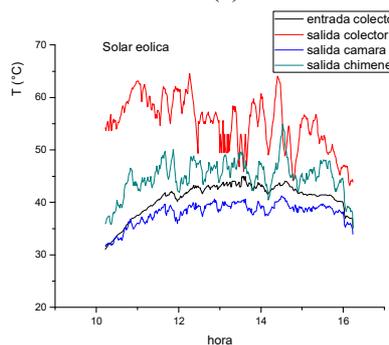
A partir de dichas mediciones en el colector para las diferentes configuraciones se obtuvieron los rendimientos instantáneos del colector para cada caso.

Las Figuras 5 se muestran las temperaturas de entrada y de salida en la chimenea y el colector donde se obtuvo, el aumento de la temperatura de

salida de la chimenea durante el ensayo; este comportamiento al igual que en el colector coincide con la evolución de la radiación solar. La radiación fue medida con un sensor piranométrico tipo fotovoltaico previamente calibrado, y utilizando un multímetro para adquirir los datos de radiación.



(a)



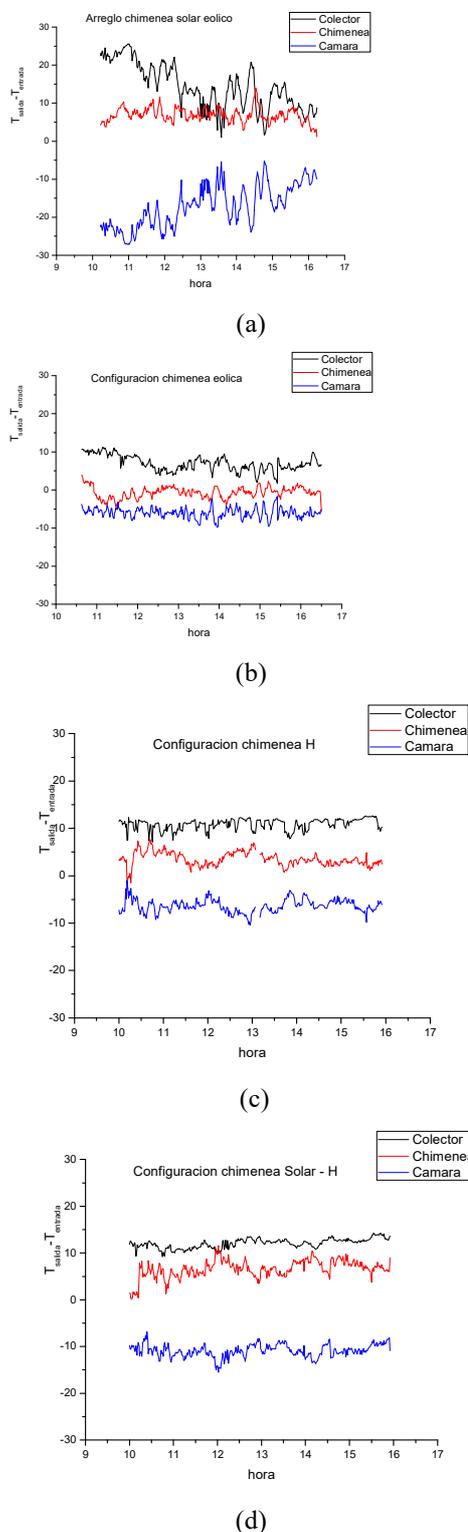
(b)

Figura 5 Temperaturas de entrada y salida del colector en marzo 2019.

5.2 Temperaturas Secador

En las Figuras 6(a) y 6(b) se presentan las diferencias de temperatura entre la entrada y salida del colector, cámara de secado, y chimenea para las diferentes configuraciones.

Puede apreciarse que, durante los ensayos, en la cámara de secado las temperaturas disminuyen a la salida, por esto la diferencia es en general negativa, indicando que la energía del sistema se utiliza para calentar y secar el producto. Figura 6.



Figuras 6 Diferencias de temperaturas, colector, Cámara de secado y chimenea con diferentes extractores

5.3 Velocidades de aire medidas en diferentes configuraciones de chimenea durante los ensayos

En las mediciones de velocidad se utilizó un anemómetro de hilo caliente tipo telescópico marca Testo; se midieron velocidades del aire a la salida de la chimenea y el colector para las diferentes configuraciones durante las horas ensayadas; se calculó un valor medio de datos distintos valores obtenidos ya que este tipo de mediciones son muy oscilantes en cada ensayo y, además, se apreciaron diferencias para las diferentes configuraciones.

En la tabla (1) se puede observar para las diferentes configuraciones de chimenea una diferencia del valor promedio de velocidades tomando las velocidades media de salida del colector ($VMSC$) y las velocidades medias de salida del colector la chimenea ($VMSch$), siendo, en general, mayor en la salida de la chimenea.

Tabla (1) velocidades promedio

Conf. chimene	Solar eólico m/s	Eólico m/s	Solar - H m/s	H m/s
$VMSC$	1,3+/-0,3	0,9+/- 0,2	0,8+/- 0,1	0,7+/-0,1
$VMSch$	1,4+/- 0,4	1,2+/- 0,3	1,1+/- 0,2	0,9+/- 0,6

5.4 Rendimiento del equipo

En la Tabla (2) se presentan los resultados del rendimiento del secadero donde puede observarse claramente que la configuración solar alcanza mayores rendimientos que la configuración no solar; además también se aprecia que el extractor eólico permite alcanzar mejores rendimientos del equipo.

Tabla (2) Rendimientos del secadero

Configuración chimenea	Solar eólico (%)	Eólico (%)	Solar - H (%)	H (%)
Rendimiento equipo	7,13	4,41	6,2	4,18

5.5 Rendimiento instantáneo del colector para diferentes configuraciones de chimenea

Mediante el cálculo de los rendimientos instantáneos para el colector fue posible observar que, durante su funcionamiento para las horas ensayadas, el comportamiento del colector oscila alrededor de un valor medio para cada ensayo y además se apreciaron diferencias para las diferentes configuraciones. (Cattaneo et al., 2015) En la Tabla (3) se presentan los valores medios de los rendimientos instantáneos del colector en diferentes configuraciones. Puede notarse que durante su funcionamiento para las horas ensayadas, el comportamiento del colector oscila alrededor de este valor. En todos los casos los errores fueron determinados mediante la dispersión o desviación. Este índice que se interpreta como mayor grado de apartamiento de los valores individuales respecto del promedio.

Tabla (3) Rendimientos promedios del colector

Configuración chimenea	Solar eólico (%)	Eólico (%)	Solar - H (%)	H (%)
Rendimiento Instantáneo Colector	38+/-11	18 +/-6	17+/-7	17+/-6

6 CONCLUSIONES

El desempeño del equipo ensayado es aceptable para un secador solar, siendo en todos los casos mayores que el secador solar indirecto ensayado en 2017 de convección natural. (Cattaneo et al., 2017).

Tabla (4) Comparación rendimientos del secadero

Configuración chimenea	SE (%)	E (%)	SH (%)	H (%)	C (%)	SC (%)
Rendimiento equipo	7,13	4,41	6,2	4,18	3,1	1,86

Resulta evidente que los sistemas extractores mejoran el rendimiento con respecto al de convección natural, debido al flujo másico bajo en este último.

Se puede inferir que para los extractores usados en las configuraciones de chimeneas solares ensayadas, el flujo de aire aumenta en el tipo solar, y también en la tipo eólico con respecto al tipo H. Tabla (4)

Los rendimientos del equipo, en general, van del 4 al 7 %, estos valores son totalmente aceptables para el secador, ya que son configuraciones totalmente pasivas, y se ven totalmente aumentadas con respecto a la configuración con

sombbrero ensayada por Cattaneo et al (2017) para el mismo equipo.

Los rendimientos del colector con chimenea configuración solar eólico del 38 % muestran una mejoría muy importante con respecto al extractor tipo H así como también a la configuración con sombrero ensayada por Cattaneo et al (2015)

REFERENCIAS

- Kasaeian, A. B., Sh Molana, K. Rahmani, & W. Dongsheng. A review on solar chimney systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 954-987, 2017.
- Duran, G., M. Condori, & F. Altobelli. Simulation of a passive solar dryer to charqui production using temperature and pressure networks. *Solar Energy* 119, 310-318, 2015.
- Bansal, N. K., R. Mathur, & M. S. Bhandari. "Solar chimney for enhanced stack ventilation." *Building and environment* 28, no. 3: 373-377. 1993.
- Cattaneo, C. A., E. Biasoni & G. Villalba, Ensayos de secadero solar con modificaciones en la configuración de la chimenea en Santiago del Estero. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, 3, 2017.
- Cattaneo C., G. Villalba, E. Biasoni, A. Gomez Khairallah, S. Togo & A. Rossi, Caracterización de un colector solar de aire para aplicaciones en Santiago del Estero. *X Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA*, 2015.
- Duffie, John A. y W.A. Beckman. *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley & Sons, 2013.
- Villalba G., A. Gomez Khairallah, E. M. Biasoni, A. Rossi & C. Cattaneo. Secadero solar para pequeñas producciones de hortalizas de Santiago del Estero. *II Congreso Argentino de Ingeniería CADI 2014*. Capitulo 10, T_485, 2014. ISBN: 978-987-1662-51-7, 2014.
- Kasaeian, A. B., Sh Molana, K. Rahmani, & D. Wen. "A review on solar chimney systems." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, 954-987, 2017.
- Lal, Shiv, S. C. Kaushik, & P. K. Bhargav. "Solar chimney: a sustainable approach for ventilation and building space conditioning." *International Journal of Development and Sustainability* 2, no. 1, 277-279, 2013.

Diagnóstico del concepto de factorización de polinomios en alumnos ingresantes a la carrera de Licenciatura en Geología

Cisterna Fernández, María Inés ¹; Álvarez, Rocío ²; Herrera, Carlos G. ³; Moreno, Oscar Eduardo ⁴

(1) *Depto. de Formación Básica, Facultad de Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca. seminescist@yahoo.com.ar*

(2) *Depto. de Formación Básica, Facultad de Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca. roalvarez1998@gmail.com*

(3) *Depto. de Formación Básica, Facultad de Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca. cgherrera@tecno.unca.edu.ar*

(4) *Depto. de Formación Básica, Facultad de Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca. oscarmoreno@tecno.unca.edu.ar*

RESUMEN: Una de las problemáticas que se enfrenta en el ámbito de la enseñanza universitaria de las disciplinas tecnológicas es la falta de habilidades o procedimientos generales matemáticos de los alumnos ingresantes. Uno de los conceptos básicos es divisibilidad de polinomios y su aplicación a los procedimientos de factorización, ya que el mismo se emplea para salvar indeterminaciones que surgen al efectuar el cálculo de límites indeterminados, cuando se dicta este contenido en la asignatura Matemáticas perteneciente al primer año de la carrera de Licenciatura en Geología. Por ello se evaluó mediante el diseño e implementación de un cuestionario adecuado, los distintos niveles de comprensión de conceptos matemáticos necesarios para el cursado de la asignatura Matemática de primer año de la Carrera, y en especial lo referente a la divisibilidad de polinomios. Resultados salientes de esta evaluación revelan un conocimiento parcial del concepto de divisibilidad, y su aplicación al procedimiento de factorización. Si bien en general los alumnos reconocen la importancia del conocimiento de las raíces de un polinomio para poder efectuar la conversión a su forma factorizada, una cantidad importante de ellos no tiene incorporada la representación simbólica exacta de esta forma, por lo que no arriban a resultados correctos.

ABSTRACT: One of the problems faced in the field of university teaching of the technological disciplines is the lack of skills or general mathematical procedures of first year students. One of these basic concepts is the notion of divisibility of polynomials and their application to the factoring procedures, since it is used to save the indeterminations that arise when calculating indeterminate limits, in the subject Mathematics that belongs to the first year of the degree in Geology. For this reason, the different levels of comprehension of mathematical concepts necessary for the course of Mathematics of the first year of the degree, and especially regarding the divisibility of polynomials, were evaluated through the design and implementation of a questionnaire. Results of this evaluation reveals a partial knowledge of the concept of divisibility, and its application to the factoring procedure. Although students recognize the importance of knowledge of the roots of a polynomial to be able to convert to the factored form, a significant number of them do not have the exact symbolic representation of the factored form incorporated, so they do not arrive at the correct results.

Palabras Claves: Diagnóstico, Ingreso, Divisibilidad, Polinomios

Keywords: Diagnosis, Incoming Students, Divisibility, Polynomials

1 INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas que se enfrenta en el ámbito de la enseñanza universitaria de las disciplinas tecnológicas es la falta de habilidades o procedimientos generales matemáticos de los alumnos ingresantes. Uno de los conceptos básicos es divisibilidad de polinomios y su aplicación a los procedimientos de factorización. Si bien el mismo no forma parte de los contenidos de la asignatura Matemática de la Carrera de Licenciatura en Geología si no del curso de nivelación, se emplea para salvar las indeterminaciones que surgen al efectuar el cálculo de límites indeterminados, cuando se dicta este contenido en la asignatura Matemáticas perteneciente al primer año de la carrera de Licenciatura en Geología. Al respecto, en la línea de factorización de polinomios se pueden citar a (Salazar Fino, 2013) quien propuso el uso de Tabletas Algebraicas para representar polinomios debido al énfasis que se da a los elementos visuales y táctiles (forma, color, tamaño, longitudes), y según su teoría, el libre tránsito entre las diferentes representaciones de un objeto matemático le permite al estudiante tener una mayor comprensión del mismo. Las configuraciones hechas con las Tabletas Algebraicas para representar los polinomios son consideradas, por Duval como una representación que facilita la interiorización de un objeto”.

En (Méndez Olave, 2012), se eleva una propuesta para la enseñanza - aprendizaje de la factorización de polinomios cuadráticos, sustentado en los trabajos de Regine Douad y sobre el juego de marcos de su teoría Dialéctica: Herramienta Objeto, ella destaca el rol de la articulación de marcos matemáticos como un medio para acceder a “formulaciones diferentes de un problema que sin ser necesariamente equivalentes permiten un nuevo acercamiento a las dificultades encontradas y la puesta en escena de útiles y técnicas que no se impusieron en la primera formulación”. Según estos autores, hay dos aspectos relevantes en las dificultades que presentan los alumnos al factorizar polinomios cuadráticos: primero, no comprenden que deben encontrar dos polinomios irreducibles, que al multiplicarlos den la expresión original, y el segundo aspecto, encontrar dos números, que dependen de operaciones claramente establecidas,

entre los coeficientes del polinomio y que permitan su factorización. Estas dos dificultades no pueden ser resueltas solo considerando el marco algebraico, como se evidencia en el análisis de los procedimientos y conocimientos que hay que poner en juego al factorizar. En su artículo propone la elaboración de un marco figural como sistema matemático, que permita dar sentido a los procedimientos que los alumnos realizan en él, sirviendo este, de medio para comprender la factorización de polinomios cuadráticos. En esta teorización se identifican objetos, que permiten generar polinomios, se admiten axiomas y definiciones y se deducen propiedades, que son análogas a las propiedades de los polinomios del marco algebraico. Esta propuesta surge desde el enfoque didáctico, sobre la enseñanza de la matemática, la dialéctica herramienta – objeto y el juego de marcos matemáticos de Regine Douady, y constituye un ejemplo operacional de esta teoría.

En (Baltazar, 2003), se reportan las dificultades de los estudiantes de octavo grado con la factorización de polinomios. Se aplicó una prueba con una situación problema a 36 estudiantes; los resultados evidencian dificultades con el uso de los signos y en el análisis e interpretación de los elementos que intervienen en la situación, los cuales llevan al estudiante a comunicar resultados erróneos; esto llevó a concluir que se deben implementar metodologías que contengan recursos didácticos y clases teórico prácticas más dinámicas que despierten el interés en el estudiante y, a través de esto, lograr que desarrollen habilidades mentales que fortalezcan su aprendizaje.

El presente trabajo tiene por finalidad efectuar, en primer lugar, un diagnóstico de las condiciones en que se encuentran los alumnos que cursan la asignatura Matemáticas de la carrera de Licenciatura en Geología, en lo referente a los distintos niveles de comprensión de conceptos matemáticos necesarios para el cursado de esta asignatura; especialmente el concepto de Divisibilidad y su aplicación a la Factorización de Polinomios, y posteriormente, en base a los resultados obtenidos y habiendo identificado las principales deficiencias conceptuales, se tiene previsto efectuar un análisis desde el punto de vista de la teoría APOE., efectuando una descomposición genética del concepto de Divisibilidad, y teniendo en cuenta todas las

posibles articulaciones o vinculaciones con otros conceptos matemáticos necesarios para su comprensión completa e integral; para luego poder realizar una mejor reestructuración y articulación de dichos contenidos y diseñar estrategias didácticas que tiendan a lograr aprendizajes significativos.

2 MARCO TEÓRICO

6.1 2.1 La Teoría APOE

Esta investigación está fundamentada en la teoría APOE (Acción, Proceso, Objeto, Esquema) propuesta por Dubinsky (1991). El proceso de investigación, en esta teoría, conlleva el realizar un modelo cognitivo mediante el cual un estudiante puede construir un concepto matemático, llamado descomposición genética. Esta consiste en una hipótesis, sobre una descripción detallada de las construcciones que los estudiantes pueden hacer para aprender un concepto. La descomposición genética se pone a prueba con los estudiantes y los datos que se obtienen, se pueden emplear para refinarla, a fin de dar cuenta de mejor manera de las construcciones de los estudiantes al aprender dicho concepto (Dubinsky, 1991), y también se puede utilizar como una guía, en el diseño de material didáctico.

En ese sentido, el conocimiento matemático de un individuo, es su tendencia a responder a las situaciones problemáticas, reflexionando sobre ellas y construyendo o reconstruyendo acciones, procesos y objetos matemáticos y organizarlos en esquemas, a fin de manejar las situaciones (Dubinsky, 1996). Se mencionan las estructuras mentales denominadas: acción, proceso, objeto y esquema, que constituyen la parte primordial de esta teoría.

Una acción consiste en una transformación de un objeto, como resultado de un estímulo externo y se realiza como una reacción a sugerencias que proporcionan detalles de los pasos por seguir (Asiala, 1996). Cabe recalcar que la construcción de acciones viene a ser crucial al inicio de la formación de un concepto.

Cuando una acción, o una serie de acciones se repite y el individuo reflexiona sobre ellas, se puede interiorizar en un proceso (Asiala, 1996). Así, el individuo puede pensar en un concepto en términos generales y no precisa hacer cálculos

explícitos. Este sujeto, también es capaz de incorporar estas acciones a su conocimiento, y decide llevarlas a cabo por su propia cuenta, sin necesidad de indicaciones externas.

Cuando un individuo reflexiona sobre las operaciones aplicadas a un proceso como un todo, realiza las transformaciones, ya sean acciones o procesos, que pueden actuar sobre él y puede construir de hecho esas transformaciones, entonces, ha logrado encapsular este proceso en un objeto (Asiala, 1996).

Con respecto al logro del último nivel, denominado esquema, se puede decir que un esquema para un concepto en matemática, es una colección coherente de acciones, procesos y objetos y otros esquemas relacionados entre sí, consciente o inconscientemente en la mente de un individuo, que se pueden utilizar en una situación problemática, que tiene relación con ese concepto matemático (Trigueros, 2005). La coherencia, se refiere a que el estudiante puede decidir si alguna situación matemática se puede trabajar utilizando el esquema.

En la teoría APOE se parte de un análisis de los conceptos matemáticos, en el que se ponen de relieve las construcciones cognitivas que pueden ser requeridas en su aprendizaje. A este análisis se le conoce como descomposición genética del concepto; es decir: una descomposición genética parte del análisis de las construcciones que el sujeto hace, conforme aprende el concepto matemático, en términos de lo que es observable. En la descomposición genética que se preparó para el concepto continuidad de una función, se describen las construcciones mentales que se consideran como prerrequisitos, o dicho de otro modo, son las estructuras mentales (acciones, procesos, objetos y esquemas) que determinan un camino, mediante el cual un estudiante puede construir de manera adecuada dicho concepto.

3 METODOLOGÍA

La investigación realizada es de carácter exploratoria y descriptiva, ya que se buscó dilucidar cuales son los distintos niveles de comprensión alcanzado por los alumnos con respecto al concepto de divisibilidad de expresiones algebraicas, y describir los tipos de dificultades de aprendizaje que fueron detectadas al evaluar estos distintos niveles.

La población en estudio consistió en alumnos de primer año de la carrera de Licenciatura en

Geología que cursan regularmente la asignatura Matemática, y la muestra seleccionada fue de 13 alumnos que hayan cumplimentado y aprobado el curso de nivelación obligatorio, que son los inscriptos a primer año de la carrera de Licenciatura en Geología.

El instrumento de recolección de datos consistió en proponerles a los alumnos que cursan la asignatura Matemática de la carrera de Licenciatura en Geología dos cuestionarios, mientras que en la interpretación o evaluación de los resultados, se hizo tanto un análisis cuantitativo, como un análisis cualitativo de los mismos.

Los cuestionarios estuvieron referidos a los siguientes ejes temáticos:

El primero consistió en tres ejercicios, en el primero de ellos se les presentó un polinomio en cuya expresión algebraica, además de estar expresado en función de la variable "x", aparecía incluida una constante indefinida "k", cuyo valor había que determinar, sabiendo que el mismo era divisible por un binomio que se suministró como dato. En los otros dos ejercicios restantes se les solicitó, en el segundo ejemplo construir un polinomio cuyos ceros o raíces eran conocidas, y sabiendo además, el valor numérico que adoptaba el polinomio para un valor determinado de la variable independiente "x"; y en el tercer ejemplo, además de estos datos, se sabía que el polinomio solicitado era divisible por un binomio dado. El primer cuestionario incluyó los siguientes ejercicios:

1) Hallar el valor de "k" para que el Polinomio:

$$P(x) = kx^2 + kx + 4 \text{ sea divisible por } (x+2)$$

2) Construir un polinomio $P(x)$ de segundo grado cuyas raíces sean $x_1 = -2$; y $x_2 = 3$ y tal que $P(0) = -12$.

3) Construir un polinomio $P(x)$ de tercer grado, cuyas raíces sean $x_1 = -2$; y $x_2 = 3$, que sea divisible por $(x - 2)$ y tal que $P(0) = 16$.

El objetivo al plantearles el ejercicio N° 1 fue que los alumnos aplicaran el Teorema de la Raíz y de la Divisibilidad; es decir que, sabiendo que el polinomio dado era divisible por el binomio $(x + 2)$, inmediatamente deberían deducir que el valor: -2 es raíz de este polinomio, y por lo tanto, dicho valor hace que el polinomio se anule

(se hace igual a cero), de donde podrían despejar el valor de "k" desconocido.

En los ejercicios 2 y 3 los alumnos deben aplicar la descomposición factorial de un polinomio $P(x) = a(x - x_1)(x - x_2)$, usando los opuestos de las raíces dadas; y luego aplicar el concepto de Valor Numérico de una Expresión Algebraica reemplazando el valor de "x" (indicado entre paréntesis) que se le da como dato, e igualar el polinomio al resultado indicado; y en base a ello, obtener el valor de "a" desconocido, y finalmente construir el Polinomio solicitado.

En el segundo cuestionario se les pidió la resolución de cuatro ejercicios, en los que en tres de ellos se requirió la factorización de polinomios de grados diversos, a partir del cálculo de sus raíces o ceros, y aplicando posteriormente el teorema del factor, es decir, llevar los polinomios dados a forma factorizada (descomposición factorial de un polinomio). En el cuarto ejercicio se les presentó un cociente cuyo denominador podía ser simplificado al descomponer por factorización el numerador, obteniéndose así, una expresión más reducida.

El segundo cuestionario incluyó los siguientes ejercicios:

1) Factorizar la siguiente expresión algebraica:

$$P(x) = x^2 - 6x + 9 .$$

2) Factorizar el polinomio de tercer grado siguiente: $Q(x) = x^3 - x$.

3) Factorizar el polinomio de segundo grado siguiente: $P(x) = x^2 - 5x + 4$.

4) Factorizar el numerador de la siguiente fracción, y llevar la expresión resultante a una forma más reducida: $\frac{x^2 - 4}{x + 2}$

El objetivo perseguido al plantearles los ejercicios 1,2, y 3 fue que los alumnos reconocieran, según el tipo de polinomio a factorizar, a qué casos de factorización corresponden, y deducir cuales son las posibles raíces de los mismos, para aplicar luego el concepto de divisibilidad dividiendo dichos polinomios por las posibles raíces, y pasándolos posteriormente a la forma factorizada. Por ejemplo, el ejercicio 1, es un Trinomio Cuadrado Perfecto, y tiene dos raíces iguales a 3; el ejercicio 2 es un binomio con un factor común (la variable "x"), y por lo tanto, una de las raíces es cero, y el ejercicio 3 es un trinomio de segundo grado, y pueden hallarse sus raíces aplicando la Fórmula de Bhaskara. .

En el ejercicio 4, además de factorizar el numerador (que constituye una diferencia de cuadrados), se debe reconocer si hay factores binómicos que aparecen tanto en el numerador como en el denominador, y luego proceder a simplificarlos, en el caso que los hubiere, para obtener una forma más reducida.

4 RESULTADOS

Los resultados de carácter cuantitativo de ambos cuestionarios, teniendo en cuenta que a la primera instancia asistieron un total de 13 alumnos, y que a la segunda asistieron un total de 10 alumnos; se presentan en Tablas 1 y 2. Se indica el porcentaje de respuestas correctas considerando los alumnos que respondieron el cuestionario, 13 en el primer caso, 10 en el segundo.

Tabla 1: Respuestas de los Ejercicios del Primer Cuestionario.

DESCRIPCIÓN	EJERCICIO 1	EJERCICIO 2	EJERCICIO 3
CORRECTAS	6	0	0
INCORRECTOS	7	13	13
% CORRECTOS	46.15	0.00	0.00

Tabla 2: Respuestas de los Ejercicios del Segundo Cuestionario

DESCRIPCIÓN	EJERCICIO 1	EJERCICIO 2	EJERCICIO 3	EJERCICIO 4
CORRECTAS	1	2	2	7
INCORRECTOS	9	8	8	3
% CORRECTOS	10.00	20.00	20.00	70.00

El análisis cualitativo efectuado con los resultados de la aplicación de los cuestionarios nos permitió arribar a las siguientes conclusiones:

- En la mayoría de los casos, los alumnos procedían a calcular las raíces de los polinomios presentados, pero después omitían la expresión final del polinomio en su forma factorizada (descomposición factorial de un polinomio), o lo expresaban en forma

incorrecta, incluyendo binomios en los que los signos de las raíces no eran los opuestos.

- Al calcular el valor de la constante " k " indefinida, no procedían a igualar el polinomio a cero, con lo que evidenciaron no tener bien en claro el concepto de raíz de un polinomio y de divisibilidad por un binomio dado.
- Al factorizar polinomios de alto grado, muchas veces aplicaron correctamente el primer caso de factorización, que es factor común, pero no siguieron posteriormente factorizando el polinomio de menor grado resultante, mostrando claramente dificultades para resolver ejercicios relativos a combinación de casos de factorización.
- Es notoria también una dificultad para distinguir el tercer caso de factorización (trinomio cuadrado perfecto) del quinto caso de factorización (diferencia de cuadrados), ya que si bien calculaban correctamente sus raíces, posteriormente confundían estos casos al llevar el polinomio a la forma factorizada.
- En aquellos ejemplos en que las raíces halladas eran iguales, al efectuar el producto de los binomios idénticos que aparecen en la forma factorizada, en muchos casos no supieron expresarlos en forma más resumida aplicando el concepto de producto de potencias de igual grado.

5 CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados salientes de este trabajo revelan un conocimiento parcial del concepto de divisibilidad, y su aplicación al procedimiento de factorización. Si bien en general los alumnos reconocen la importancia del conocimiento de las raíces de un polinomio para poder efectuar la conversión a su forma factorizada, una cantidad importante de ellos no tiene incorporada la representación simbólica exacta de esta forma, por lo que no arriban a resultados correctos.

Se hace necesario, para lograr la completa comprensión de los conceptos de divisibilidad y factorización de un polinomio un cambio de estrategias en el dictado del contenido, partiendo de los conceptos de producto y divisibilidad de polinomios. Para ello es necesario realizar una descomposición genética del concepto en el marco de la teoría APOE, y en función de esa

descomposición genética plantear una secuencia didáctica del concepto en el curso de nivelación.

REFERENCIAS

- Asiala, M., Brown, A., DeVries, D. J., Dubinsky, E., Mathews, D., & Thomas, K. (1996). A framework for research and curriculum development in undergraduate mathematics education. *Maa Notes*, 37-54.
- Baltazar, A., Rivera, J., Martínez, R., Cárdenas, H., & Amaya, T. (2015). Errores y dificultades que presentan los estudiantes de octavo grado al factorizar polinomios.
- Dubinsky, E. McDonald. M.(1991). APOS: A Constructivist Theory of Learning in Undergraduate Mathematics Education Research. New ICMI Study Series.
- Dubinsky, E. (1996) Aplicación de la perspectiva piagetiana a la educación matemática universitaria. *Educación matemática*, 8(3), 24-41
- Olave, T. M. (2012). Marco Figural como Medio para Factorizar Polinomios Cuadráticos. *Bolema-Boletim de Educação Matemática*, 26(44), 1395-1416.
- Salazar, V. P., Jiménez, S. M., & Mora, L. C. (2013). Tablet algebraicas, una alternativa de enseñanza del proceso de factorización.
- Trigueros, M. (2005). La noción de esquema en la investigación en matemática educativa a nivel superior. *Educación matemática*, 17(1), 5-31.

Modelación numérica de pavimentos de asfaltos

Danna, Javier A.¹; Vrech, Sonia M.^{1,2} y Etse, Guillermo J.^{1,3}

(1) *Cátedra Mecánica Técnica, Mecánica Técnica I (FACET-UNT), Centro de Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería (CEMNCI); cemnci@herrera.unt.edu.ar*

(2) *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET); svrech@herrera.unt.edu.ar*

(3) *Cátedra Estudios de Materiales I (FACET-UNT), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET); getse@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN: Se propone predecir el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas sometidas a cargas del tránsito con la intención de reducir el volumen del material en obra, fundamentalmente por cuestiones medioambientales. Las carpetas de rodamiento se deterioran cuando prestan servicio a un gran número de vehículos durante muchos años bajo procesos de humedecimiento y secado, provocando envejecimiento prematuro, pérdida de resistencia y rigidez. Si bien, en caso de bajos niveles de tránsito los pavimentos bien diseñados muestran una adecuada recuperación, bajo condiciones extremas de exposición sufren daños irrecuperables. La normativa vigente de diseño de pavimentos se encuentra desactualizada en nuestro país y los resultados experimentales disponibles certificados a nivel internacional son escasos, lo que alienta a realizar simulaciones numérico-computacionales. En este trabajo se propone la simulación numérica de una serie de probetas de mezclas asfálticas, sometidas a esfuerzos de tracción. La capacidad predictiva de la formulación propuesta se verifica comparando los resultados numéricos con los correspondientes a ensayos de tracción directa obtenidos de la bibliografía.

ABSTRACT: In this work, a constitutive formulation to predict the mechanical behavior of asphalt mixtures subjected to traffic loading is proposed, with the aim to reduce the material volume, mainly due to environmental issues. Pavements distress when roads suffer a large number of vehicles for many years, under wetting and drying processes, causing premature aging, loss of resistance and stiffness. In the case of low traffic levels, well-designed pavements show adequate recovery. Although under extreme exposure conditions, they suffer irrecoverable damage. In our country, the current pavement design regulations are outdated and the experimental results lack of internationally certified. This fact encourages numeric-computational simulations. In this work, the numerical simulation of a series of asphalt mix specimens, subjected to tensile stresses, is proposed. The predictive capacity of the proposed formulation is verified by comparing the numerical results with those corresponding to direct tensile test from the literature.

Palabras claves: Pavimento - Concreto Asfáltico - Carga Mecánica - Modelación Numérica

Keywords: Pavement - Asphalt Concrete - Mechanical Load - Numerical Modeling

1 INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de obras de infraestructura en Argentina, convierte al diseño de pavimentos en una temática de interés central. En nuestro país, aún en vías de desarrollo, por año se construyen cientos de kilómetros de rutas uniendo pueblos cada vez más remotos.

Por otro lado, el asfalto con el que se construyen las vías de transporte es un material altamente contaminante, debido a su contenido bituminoso. Es necesario racionalizar su uso fundamentalmente por cuestiones medioambientales. Con la intención de reducir al mínimo necesario la cantidad de metros cúbicos de pavimento vertido en obra, se desarrolla un programa numérico-computacional, de manera de

caracterizar y evaluar los parámetros de las mezclas en sus cantidades óptimas.

El estudio de pavimentos no se ha desarrollado aún en profundidad. Ni desde el punto de vista numérico ni desde el experimental. En Argentina hasta la fecha se realizaron algunos estudios aislados en las provincias de Santa Fe y Tucumán, pero todavía queda mucho por investigar. Debido a la escasa cantidad de datos experimentales existentes, se propone analizar probetas por medio de métodos numérico-computacionales.

Con este objeto se desarrolló un programa de elementos finitos para considerar la dependencia de la respuesta mecánica respecto del tiempo.

2 ESTADO DEL ARTE

En general, los materiales que componen las estructuras civiles cuando son sometidos a cargas muestran una dependencia del tiempo. Es decir, aquellos materiales en los que es perceptible el tiempo que transcurre desde que se aplica un estado de cargas hasta que alcanza un nuevo estado de equilibrio. Según sea su composición, el tiempo transcurrido será mayor o menor.

Otro efecto importante de este tipo de materiales es la influencia de la velocidad de aplicación de la carga. En algunos materiales, cuanto mayor sea la velocidad de aplicación de una carga, mayor el aumento de resistencia y rigidez. Hay un cierto umbral dependiente del material a partir del cual una carga se puede considerar dinámica, siendo casos típicos las acciones sísmicas, vibraciones, problemas de impacto, etc. Por ejemplo en el hormigón, los primeros ensayos experimentales tendientes a clarificar la respuesta dinámica se realizaron a principios de la década del 40, y algunos de ellos se pueden consultar en Evans (1942), Watstein, (1953), Hughes y Gregory (1972).

Las teorías constitutivas de Perzyna (1966) y Duvaut – Lions (1972) son las más utilizadas para caracterizar el comportamiento mecánico de materiales dependientes del tiempo. Se enmarcan en la Mecánica del Continuo, en particular en las leyes constitutivas basadas en leyes de flujo. En otros modelos, como el de Krieg & Krieg (1977) se determina la solución exacta del problema para Viscoplasticidad, a partir de la expresión diferencial de la consistencia, así como del operador viscoplástico tangente. Esta solución fue

utilizada a posteriori para comparar con predicciones numéricas.

En Ponthot (1995), se pueden consultar posteriores avances en el desarrollo del entendimiento de estos materiales, y en Wang (1997), donde se presentan formulaciones viscoplásticas semejantes a la Teoría del Flujo de Plasticidad. Sin embargo, se aplican hipótesis simplificativas acerca de la condición de consistencia viscoplástica.

En estudios más recientes, se consideran modelos teóricos para describir el comportamiento de materiales cohesivo-friccionales, bajo cargas estáticas o de baja velocidad. Entre éstos, se encuentran los basados en la Plasticidad de Etse & William (1994), y de Plasticidad acoplada con Daño, como los de Burlion et al. (2000) y el de Luccioni & Rougier (2005). Otros, son los modelos de Daño Viscoso (Luege, 1999), y donde se incluye además, la viscoelasticidad (Gonzales et al. 2007).

En Carosio (2001), se plantean los conceptos de Viscoplasticidad Continua y Consistente, partiendo de la base del modelo de Perzyna. Se realiza la extensión viscoplástica en forma consistente para modelos cohesivo-friccionales complejos, tales como el modelo extendido de León y el modelo de Drucker-Prager con ley de endurecimiento/ablandamiento parabólico. Se aplica este modelo en el ensayo de extracción de pilotes de hormigón armado.

En Lorefice (2007), se aplica la teoría Viscoplástica de Perzyna para el análisis numérico de probetas de hormigón, con la intención de evaluar los procesos de falla que se dan en las estructuras. Se enfoca en la respuesta estructural dependiente de la velocidad de aplicación de carga y en los fenómenos de fluencia lenta y relajación.

En trabajos más recientes, se desarrollaron algoritmos de integración numérica tanto para el caso inviscido como para el viscoso, y se implementaron en un programa de elementos finitos 2-D dinámico (Araoz, 2012). Este programa permite resolver problemas no-lineales de la Mecánica de Sólidos en pequeñas deformaciones, y se aplicó a cargas explosivas.

Otro estudio concreto de esta teoría se puede consultar en el trabajo de Caggiano et al. (2018), para el comportamiento de interfase entre hormigón y bandas de fibra de carbono.

Con respecto al concreto asfáltico, actualmente no hay modelos numérico-computacionales lo

suficientemente completos, para describir su comportamiento. En una propuesta más reciente se desarrolló un modelo constitutivo de daño viscoso por fatiga, implementado en ABAQUS (Abu Al-Rub et al., 2013). Se realizaron pruebas de laboratorio de velocidad de deformación constante en ensayos uniaxiales para diferentes temperaturas, tomando como variable el envejecimiento (endurecimiento) por oxidación. Se evaluaron los efectos viscoelásticos, viscoplásticos y visco-daño.

3 MARCO TEORICO

La respuesta tiempo-dependiente de un material se puede identificar a partir de tres tipos pruebas: creep, relajación y velocidad de aplicación de la carga. En las de creep, las tensiones son aplicadas de manera instantánea y se mantienen constantes en el tiempo mientras que las deformaciones pueden cambiar. En las de relajación, la deformación total se aplica instantemente y se mantienen en el tiempo, mientras cambian las tensiones. En las pruebas de velocidades de deformación constante se comparan las curvas tensiones-deformación para diferentes velocidades de aplicación de la carga.

Existen diversos modelos teóricos para representar el comportamiento de los materiales dependientes del tiempo. Desde los más simples como los de Maxwell y Kelvin, hasta los más complejos como los de Perzyna y Duvaut-Lions. Existen otros más sofisticados, pero los cuatro primeros son los más difundidos. En la Tabla 1 se puede ver un resumen de algunos de éstos y el año en que fueron publicados.

Tabla 1. Modelos teóricos dependientes del tiempo más difundidos

Viscoelasticidad	Viscoplasticidad
Maxwel (1868)	Perzyna (1966)
Kelvin (1875)	Lubliner (1990)
	Duvaut-Lions (1972)

El modelo de Maxwell es el más simple para representar el comportamiento reológico de materiales viscoelásticos. Se coloca en serie un resorte y un amortiguador (Figura 1). La solución de la ecuación diferencial de este problema permite obtener la una relación entre el tiempo y la deformación.

El modelo de Duvaut-Lions fue presentado en el año 1972. Está basado en la sobretensión que se genera en un material viscoso. Al aplicar una carga el estado tensional puede venir dado por un punto ubicado por arriba de la superficie de fluencia en el espacio de tensiones $\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3$, pero al cabo de un tiempo vuelve a posicionarse sobre la superficie. La velocidad de deformación viscoplástica será proporcional a la sobretensión (Ecuación 1):

$$\dot{\epsilon}_{vp}^{DL} = \frac{E^{-1}}{\eta} : (\sigma - \dot{\sigma}_{ep}) \quad (1)$$



Figura 1. Modelo reológico de Maxwell

La solución tiempo-dependiente se encuentra interpolando entre la solución instantánea y la invíscida. En la bibliografía se pueden encontrar diferentes formas de esta expresión. La que se aplica en este trabajo, coincide con la Ec 4.24 del trabajo de Carosio (2001) (Ecuación 2)

$$\Delta\sigma_{vp}^{DL} = \left(1 - \frac{\Delta t}{\eta}\right) \Delta\sigma_{el} - \frac{\Delta t}{\eta} \Delta\sigma_{ep} \quad (2)$$

donde $\Delta\sigma_{vp}^{DL}$ es el incremento de tensión viscoplástica, $\Delta\sigma_{el}$ el incremento de tensión elástica, $\Delta t/\eta$ el cociente entre el incremento de tiempo y el tiempo de relajación, y $\Delta\sigma_{ep}$ es el incremento de tensión elatoplástica de referencia, es decir obtenidas desde el modelo invíscido. Esta ecuación se construye haciendo el arreglo geométrico mostrado en la Figura 2.

Los casos límite para esta respuesta son:

- $\Delta t \rightarrow 0 \rightarrow \Delta\sigma_{vp} = \Delta\sigma_e$, respuesta instantánea, el material se comporta como elástico.
- Material muy viscoso $\frac{\Delta t}{\eta} \rightarrow 0$

3.1 Concreto asfáltico

El asfalto es un material denso, muy viscoso, que tiene su origen en el petróleo (hidrocarburos). Se obtiene desde depósitos como arenas petrolíferas

y lagos de brea, o proviene de la destilación del petróleo crudo. El concreto asfáltico es un material que depende fuertemente de la temperatura, la velocidad de aplicación de la carga y los materiales constituyentes. En cuanto a los materiales, tienen una gran influencia el tipo de asfalto (bituminoso o emulsivo), la gradación de los agregados (tamaño máximo, contenido de filler) y contenido de vacíos. También pueden contener diferentes tipos de componentes adicionales como nanopartículas de hierro, polímeros modificados, etc.

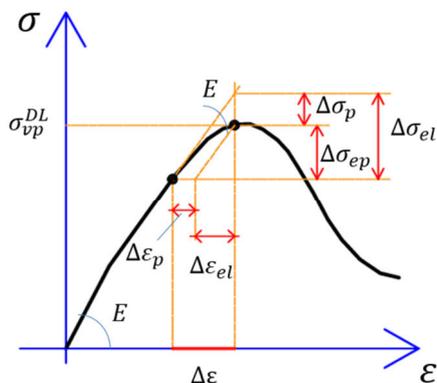


Figura 2. Arreglo geométrico en la curva $\sigma - \epsilon$ para materiales viscoplasticos

Algunos de los parámetros más frecuentemente medidos para caracterizar el asfalto son la viscosidad, el módulo dinámico y la resistencia a la fatiga.

3.2 Viscosidad

Es una medida de la resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o de tracción. Se modela el comportamiento interno de los materiales como si fueran láminas que se deslizan rozándose una sobre otras. El cambio de forma no se produce de manera instantánea, sino que se hará de manera paulatina más lento cuanto mayor sea la viscosidad. En la Figura 3, se puede ver un elemento de fluido en un flujo de Couette. El comportamiento de un fluido Newtoniano está gobernado por la ecuación (3), donde la tensión es proporcional a la velocidad de deformación.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{U}{h} = \mu \frac{d\alpha}{dt} \quad (3)$$

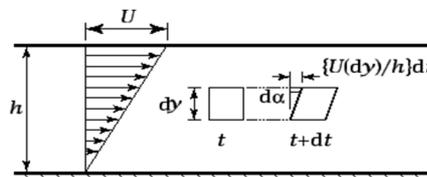


Figura 3. Esquema de fluido newtoniano

τ es la tensión de corte, μ el coeficiente de viscosidad y $\frac{du}{dy}$ la velocidad de desplazamiento de una lámina de fluido. Un valor de referencia de este parámetro se puede ver en el apartado 5.

3.3 Módulo dinámico

Es una medida de la rigidez de las mezclas asfálticas que mide la relación entre la tensión y la deformación. A diferencia del hormigón, se determina en ensayos con cargas pulsantes y tiempos de aplicación próximos a los que induce el tránsito. Uno de los ensayos más comúnmente usados para su determinación es el Mashall. No es un parámetro muy utilizado para caracterizar el concreto asfáltico ya que depende fuertemente de un gran número de variables. Entre ellos la temperatura, la velocidad de aplicación de la carga, método de confección de las probetas, forma y temperatura de mezclado, etc. Un valor de referencia de este parámetro se puede ver en el apartado 5.

4 MODELOS NUMÉRICOS

Para analizar el comportamiento del concreto asfáltico, se realizaron ensayos numéricos de tracción uniaxial en probetas cilíndricas (Figura 4). Se utilizaron inicialmente algunos softwares comerciales como el Ansys Workbench, Ansys APDL y Sap 2000, aunque no se obtuvieron los resultados esperados.

Luego, se utilizó un código de Elementos Finitos previamente desarrollado en Matlab para predecir el comportamiento del hormigón modelado como un material elatoplástico. La descripción del código fuente se puede consultar en Vrech & Etse (2009). Este código fue adaptado para tener en cuenta la dependencia de la solución respecto del tiempo utilizando la teoría de Duvaut-Lions.

4.1 Modelo unidimensional

Previamente, se desarrolla un modelo numérico basado en la ecuación de Duvaut-Lions, para el caso de tracción unidimensional. El comportamiento plástico mostrado por el material se calibra con resultados experimentales. Este es el caso donde el cociente $\Delta t/\eta$ vale 1. Luego el parámetro $\Delta t/\eta$ toma los valores 0.99, 0.97, 0.95, 0.93 y 0.90 y se calculan las tensiones viscoplásticas.

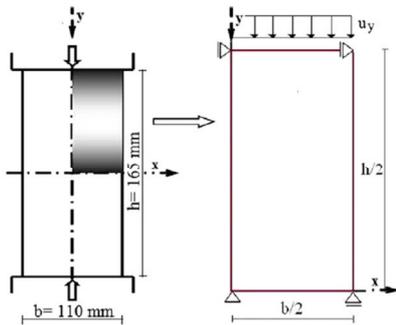


Figura 4. Probeta de concreto asfáltico y condiciones de carga y contorno

4.2 Modelo bidimensional

Es un modelo constitutivo elatoplástico que utiliza el criterio de fluencia de León Drucker Prager (LDP). En la Ec (4) se expresa el criterio de falla en términos de las variables de presión $-p^*$ y la tensión desviadora ρ^* normalizadas. La representación en el espacio ρ^* vs. $-p^*$ se muestran en la Figura 5.

$$F(p^*, \rho^*) = \frac{3}{2}\rho^{*2} + m_0 \left(\frac{\rho^*}{\sqrt{6}} + p^* \right) - c_0 \quad (4)$$

Siendo,

$$p^* = \frac{I_1}{3f'_c} \text{ y } \rho^* = \frac{\sqrt{2}J_2}{f'_c}, \quad (5)$$

f'_c representa la resistencia a tracción uniaxial, I_1 y J_2 el primer y segundo invariantes del tensor de tensiones y el tensor de tensiones desviador respectivamente, c_0 el parámetro cohesivo y m_0 el friccional.

5 DATOS EXPERIMENTALES

Con el objeto de calibrar el modelo propuesto, se recopila información proveniente de campañas experimentales realizadas en otros centros de

investigación. Se consideran especialmente los resultados de ensayos de la prueba Fénix, realizados en la Universidad Politécnica de Cataluña (Miró R. et al, 2014), (Pérez-Jiménez F. et al, 2013).

La prueba Fénix es un ensayo de tracción directa, monótonica con velocidad de desplazamiento constante generalmente de 1mm/min. La metodología fue presentada inicialmente para evaluar la resistencia a la fisuración del concreto asfáltico. Es un procedimiento simple y se realiza a un costo relativamente bajo. Las probetas utilizadas son de forma semicilíndrica, que se adhieren a unas placas en sus planos diametrales con una resina epoxi. En la línea media de la superficie plana se les realiza una muesca. Durante el ensayo, se registran las fuerzas resultantes mientras se aplican desplazamientos controlados a una velocidad de 1mm/min. Las dimensiones de las probetas son 63,5 mm de altura y 101,6 mm de diámetro. La configuración del ensayo se puede ver en la Figura 6.

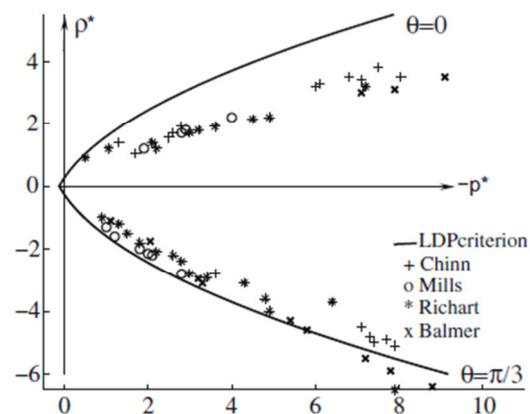


Figura 5. Criterio de falla de Leon-Drucker Prager y resultados experimentales

Otros ensayos realizados en mezclas asfálticas, se puede consultar en Vinay Kumar & Sireesh Saride (2018). Se realizaron pruebas de tracción directa de probetas rectangulares de dos capas de materiales asfálticos, unidas por una malla de material geosintético.

De López-Montero & Miró (2016), se extrajeron los resultados de una probeta caracterizada como *Aged+immersed*. El tipo de asfalto es 50/70 y el ensayo se realizó a 20°C. El tamaño máximo del agregado es 16 mm (AC16S, de acuerdo a la nomenclatura Europea). El contenido de bitumen

es 4,5% por peso de la muestra y un contenido de aire del 3%.

En este trabajo se adopta un valor de referencia de la viscosidad del binder de 400 centipoise, determinado por un viscosímetro de Brookfield para una temperatura de 60°C (Vinay Kumar & Sireesh Saride, 2018). El poise es la unidad de viscosidad dinámica del Sistema Cegesimal (1 poise = 0,1 Pa·s). Con respecto al módulo elástico, el valor de referencia adoptado es de 3229 MPa, obtenido para una muestra de propiedades S-20, bitumen B-60/70, a una temperatura de 20°C (Pérez-Jiménez et al, 2012).

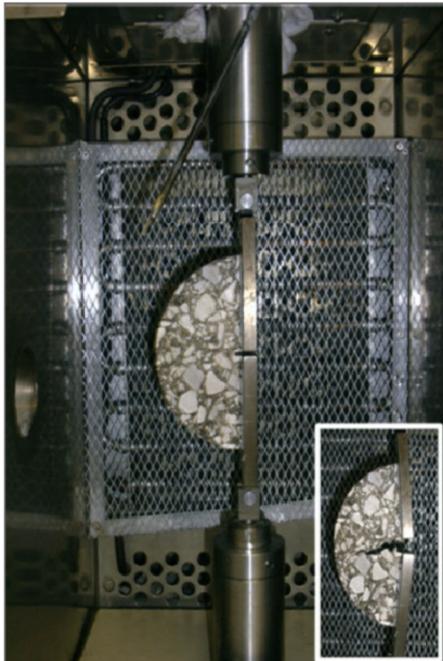


Figura 6. Configuración del ensayo Fénix

6 RESULTADOS

En la Figura 7 se presentan los resultados numéricos y experimentales de la prueba unidimensional.

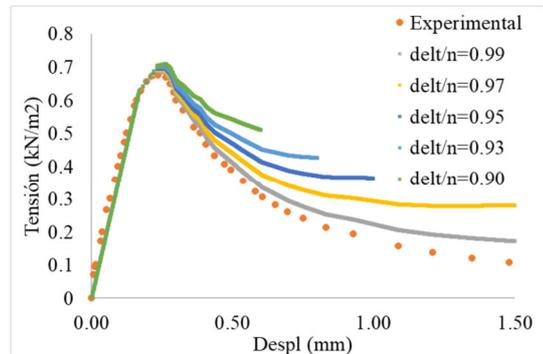


Figura 7. Curvas $\sigma - d$ correspondientes al modelo unidimensional

Como se esperaba, se observan las etapas: elástica lineal, de endurecimiento parabólico y de ablandamiento exponencial. El comportamiento viscoplástico se activa una vez que se alcanza la etapa no lineal del material.

Se puede ver claramente el aumento en la resistencia del material cuando se aumenta la velocidad de aplicación de carga. Así también, cuando el material es menos viscoso, el comportamiento tiende al elástico lineal.

En la Figura 8 se muestran las curvas $\sigma - d$ (tensión-desplazamientos) correspondientes a los resultados del modelo bidimensional. Se destaca la sensibilidad del estado tensional al cociente $\Delta t/\eta$.

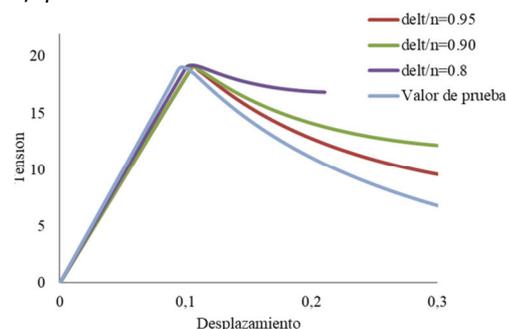


Figura 8. Curvas $\sigma - d$ correspondientes al modelo bidimensional

7 CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un modelo constitutivo para predecir el comportamiento del concreto asfáltico. Se muestran los resultados de ensayos numéricos-computaciones de una serie de probetas sometidas a tracción uniaxial.

Se recopila información proveniente de ensayos que siguen la metodología Fénix, realizados en la

Universidad Politécnica de Cataluña. Se extrajeron las curvas tensión-desplazamiento y datos de viscosidad y módulo dinámico.

Se calibra un modelo numérico unidimensional utilizando resultados experimentales. Se muestran los resultados tensión desplazamiento para cinco valores de $\Delta t/\eta$.

El modelo numérico bidimensional es sensible del al cociente $\Delta t/\eta$.

8 TRABAJOS FUTUROS

Se propone para investigaciones futuras:

Avanzar en el entendimiento del comportamiento del asfalto como material cohesivo-friccional.

Determinar los coeficientes $\Delta t/\eta$ a partir de resultados experimentales y realizar los ajustes con los modelos numéricos.

Extrapolar los resultados desde otros tipos de ensayos y configuraciones geométricas.

Evaluar la forma en la que se diseñan actualmente las capas de rodamiento de los pavimentos de asfaltos.

Computar los materiales necesarios considerando por un lado el diseño actual, y por otro según los resultados obtenidos.

9 AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CIMNE por la asistencia en el modelado numérico-computacional. Se agradece el financiamiento al CONICET, Proyecto PIP 11220170100795CO y a SCAIT-UNT, Proyecto PIUNT E613.

10 REFERENCIAS

Abu Al-Rub Rashid K., K. Darabi Masoud, K Sun-Myung, D N Little, Ch J Glove, Mechanistic-based constitutive modeling of oxidative aging in aging-susceptible materials and its effect on the damage potential of asphalt concrete, *Construction and Building Materials* 41: 439–454, 2013.

Araoz G., Modelo para hormigón bajo cargas explosivas, Tesis de Doctorado, Instituto de Estructuras, UNT, Tucumán, 2012.

Caggiano A., Martinelli E., Said Schicchi D., Etse, G., A modified Duvaut-Lions zero-thickness interface model for simulating the rate-dependent bond behavior of FRP-concrete joints, *Composites Part B*, 2018.

Carosio A., Viscoplasticidad Continua y Consistente, Tesis de Doctorado, Instituto de Estructuras, UNT, Tucumán, 2001.

Duvaut G. & J.L. Lions, *Les inequations en mecanique et en physique*, Dunod, Paris, 1, 1972.

Etse G. & K Willam, Fracture energy formulation for inelastic behavior of plain concrete, *Int. Journal of Engineering Mechanics*, 120: 1983–2009, 1994.

Evans E A, Extreme Pressure Lubrication, *Proceedings of the Institution of Automobile Engineers*, 37(1) 265-266, 1942.

Gonzales J M, J Miquel Canet, S Oller, R Miró, A viscoplastic constitutive model with strain rate variables for asphalt mixtures-numerical simulation, *Computational Materials Science* 38: 543-560, 2007.

Krieg, R.D., D.B Krieg; Accuracies of numerical solution methods for the elastic-perfectly plastic model; *J. Pressure Vessel Tech*, 99: 510–515, 1977.

López-Montero T. & R Miró, Differences in cracking resistance of asphalt mixtures due to ageing and moisture damage, *Construction and Building Materials*, 112: 299–306, 2016.

Lorefice R, Modelación de la respuesta dinámica del hormigón mediante los criterios meso y macro mecánicos, Tesis de Doctorado, Centro de Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería, Tucumán, 2007.

Luccioni B. & V Rougier, A plastic damage approach for confined concrete, *Computers and Structures*, 83: 2238-2256, 2005.

Luege M., Simulación del comportamiento de materiales bajo cargas explosivas, Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, 1999.

Miró R., Martínez A., Pérez-Jiménez F., Botella R., Analysis of cracking resistance of bituminous mixtures using Fenix test, *Construction and Building Materials*, 59: 32–38, 2014.

Pérez-Jiménez F., R Botella, Hoon K Moon, M Marasteanu., Effect of load application rate and temperature on the fracture energy of asphalt mixtures. Fénix and semi-circular bending tests, *Construction and Building Materials* 48: 1067–1071, 2013.

Pérez-Jiménez F., G Valdés, R Botella, R Miró, Martínez A., Approach to fatigue performance using Fénix test for asphalt mixtures,

- Construction and Building Materials 26: 372–380, 2012.
- Perzyna P, Fundamental problems in viscoplasticity. Advances in Applied Mechanics, 9: 244-368, 1966.
- Ponthot J.P., Radial return extensions for viscoplasticity and lubricated friction, Proc. International Conference on Structural Mechanics and Reactor Technology Smir-t U13, Brazil, 2: 711-722, 1995.
- Vinay Kumar V & S Saride, Evaluation of cracking resistance potential of geosynthetic reinforced asphalt overlays using direct tensile strength test, Construction and Building Materials 162: 37–47, 2018.
- Vrech, S.M. & G.J Etse., Gradient and fracture energy-based plasticity theory for quasi-brittle materials like concrete, Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. 199: 136–147, 2009.
- Wang W.M., L.J. Sluys, and R. De Borst, Viscoplasticity for instabilities due to strain softening and strain-rate softening, International Journal for Numerical Methods in Engineering, no. 40: 3839-3864, 1997.
- Watstein D, Effect of straining rate of the compressive strength and elastic properties on concrete, ACI Journal, 49: 729-744, 1953.

San Pedro de Colalao: la vinculación de la ciudad con sus ríos

Dantur, Ana I.^{1,2}; Corral, Sandra M.¹; Ferrari, Ricardo R.^{3,4}; Páez, Gabriel S.¹

(1) *Depto. de Geodesia y Topografía, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán; anadantur@yahoo.com.ar*

(2) *Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.*

(3) *Depto. de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*

(4) *Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional.*

RESUMEN: A través de este trabajo de docencia y extensión, con alumnos de las Facultades de Arquitectura y de Ciencias Exactas y Tecnología de la UNT, se analiza la relación que tiene la localidad de San Pedro de Colalao, departamento Trancas, con sus dos ríos inmediatos, el río Tacanas y el río Tipas, en el noroeste de la provincia de Tucumán.

La ciudad que nace como villa veraniega, se localiza en la ladera de las Cumbres de Santa Bárbara y a la vera de dos ríos, que forman el río Acequiones, perteneciente a la cuenca Salí-Dulce.

La fuerte presencia en el territorio de ambos ríos y los servicios ambientales que prestan al área urbana, se contraponen con la escasa vinculación que tienen con ese recurso natural la ciudad y sus habitantes.

Como conclusión se deduce que estos cursos de agua, que fueron originalmente la prioridad para la fundación de la villa turística, hoy no están revalorizados. Los ríos se encuentran con accesos restringidos debido al avance de urbanizaciones irregulares, que convierten sus márgenes en territorios negados al uso público y en contraposición con la Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos, sobre el uso del suelo en líneas de ribera.

ABSTRACT: Through this teaching and outreach work with students from the Facultad de Arquitectura y Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología at the UNT, we analyzed the relation that the locality of San Pedro de Colalao, Trancas department, has with its two immediate rivers: the Tacanas river and the Tipas river, in the northwest of the Tucumán province. The city, which was born as a summertime village, its placed in the eastern hillside of the Santa Bárbara mountains and bordering with two rivers, that form the Acequiones river, part of the Salí-Dulce watershed. The strong presence these two rivers have in the territory and the environmental services they provide to the urban area contrast with the currently scarce relationship that the city and its citizen have of this natural resource. As a conclusion we infer that these water courses, that originally were the priority for the settlement of the touristic village, currently are not valued and have restricted access due to the expansion of irregular urbanizations that turned the river banks into territories denied for the public use, contradicting the Native Forest Land Use Zoning law upon the riversides' land uses.

Palabras clave: Relación ciudad – río, Urbanizaciones Irregulares, OTBN, Desarrollo Sustentable
Palabras clave: City-River relationship, Irregular Urbanizations, OTBN, Sustainable Development.

1 INTRODUCCIÓN

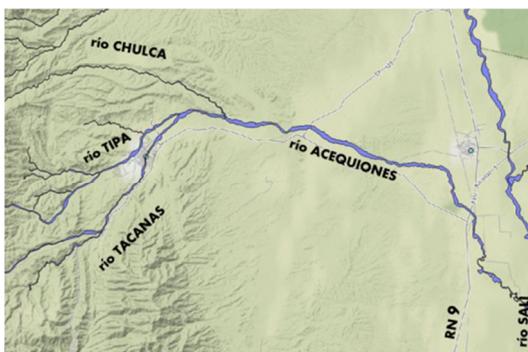
La génesis de las ciudades, la forma en que surgen, son una impronta que incide en su patrón de crecimiento y desarrollo posterior. Las transformaciones de los asentamientos humanos responden a cambios socioeconómicos y culturales que se proyectan en el territorio. En

este trabajo se analiza el origen del poblado, su dinámica en el tiempo y su modo de vinculación con sus recursos del medio físico y biológico.

A través de este trabajo de docencia y extensión, con alumnos de las Facultades de Arquitectura y de Ciencias Exactas y Tecnología de la UNT, de las carreras de Agrimensura y Geodesia y Geofísica, se analiza la vinculación que tiene la

localidad de San Pedro de Colalao, departamento Trancas, Tucumán, con sus dos ríos inmediatos. Para su estudio se realizó una visita de campo, recopilación de información bibliográfica y búsquedas en internet, y se procesó mediante la utilización de sistemas de información geográfica (SIG), mediante la implementación de software libre de QGIS.

Ubicada a una distancia de 92 km al noroeste de la ciudad Capital de Tucumán, el poblado de San Pedro de Colalao, se asienta al este de las Cumbres de Santa Bárbara y a la vera de dos ríos, el río Tacanas y el río Tipas, como lo muestra la Fig. 1, que junto al río Chulca forman el río Acequiones, perteneciente a la cuenca Salí-Dulce. Ésta es la principal cuenca de la provincia de Tucumán.



1.1.1.1 Figura 1: Subcuenca río Acequiones.

Desde el aspecto de la administración local, la provincia de Tucumán está dividida en 19 municipios de diferente jerarquía y 93 comunas rurales, persistiendo aún territorios sin jurisdicción, que no corresponden ni a comunas ni a municipios. La provincia se divide en 17 departamentos sólo a fines estadísticos y electorales.

El pueblo de San Pedro de Colalao se encuentra en la comuna rural del mismo nombre y pertenece al departamento de Trancas. Limita al norte y oeste con la provincia de Salta, al sur con la comuna rural de Choromoro y al oeste con la jurisdicción del municipio de Trancas, como se puede apreciar en la Fig. 2.

Se accede desde el norte y el sur por la ruta nacional N° 9 tanto desde la provincia de Salta como desde la ciudad Capital. De la RN N° 9 hacia el oeste se accede por la ruta provincial N°

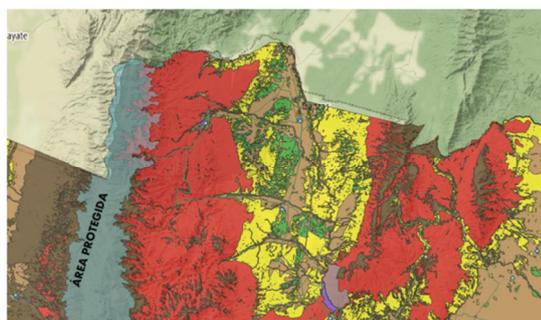
311, la que continúa hacia la localidad de Hualinchay. En San Pedro de Colalao nace la ruta provincial N° 351 que la comunica con la localidad de Chulca.

San Pedro de Colalao tiene una estructura territorial marcada por la fuerte presencia de ambos ríos y los cerros que prácticamente la rodean.



1.1.1.2 Figura 2: Departamento de Trancas y comuna rural de San Pedro de Colalao.

La comuna tiene una importante extensión de su territorio bajo la máxima protección del bosque nativo como zona roja, de acuerdo a la Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos – OTBN¹.



1.1.1.3 Figura 3: OTBN y área protegida Cumbres Calchaquíes.

La Fig. 3 muestra en color celeste, al oeste de la comuna, un área protegida como parque provincial Cumbres Calchaquíes, la cual tiene una franja dentro de la zona roja de acuerdo a la ley de bosques como selva de yungas, y otra franja

¹ Ley Nacional N° 26.331 y Provincial N° 8.304

bajo zona marrón, correspondiente a la ecorregión de altos andes.

2 DESARROLLO DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Si bien nace como villa veraniega sus orígenes se remontan a la fundación de la encomienda de San Pedro de Colalao, de 47 indios a cargo de españoles. En 1858 los lugareños donan terrenos para la iglesia y ponen en venta lotes. Así comienza a formarse el núcleo de población. Ya en 1902 edifica la iglesia de San Pedro de Colalao. Su génesis vinculada a la tradición religiosa, es una impronta que se mantiene no sólo por la fiesta de la virgen de Lourdes sino a través de conventos y casas de retiro, que persisten con fuerza en la localidad.



Figura 4: Foto histórica de San Pedro de Colalao.



Figura 5: Foto histórica de San Pedro de Colalao.

Sus primeros habitantes inicialmente forman parte de los pueblos originarios correspondiente a las culturas ayampitin, ampajango y candelaria. Tras la conquista española en el s XVII, gradualmente la zona fue poblada por gauchos criollos que se instalan en la localidad. Desde 1914, como al resto de la provincia, llegan una gran cantidad de inmigrantes desde Siria, Líbano, Francia, Italia y España. En los últimos años se radica una importante comunidad de inmigrantes bolivianos.

Formalmente el casco central de la villa responde a la cuadrícula de tradición española, con la plaza como centro de la urbanización, alrededor de la cual está la iglesia y las viviendas tradicionales. Las Figuras 4, 5, 6 y 7 son una recopilación de fotos históricas del surgimiento de San Pedro de Colalao.



Figura 6: Foto histórica de San Pedro de Colalao.



Figura 7: Foto histórica de San Pedro de Colalao.

La tipología arquitectónica alrededor de la plaza es en su mayoría italianizante, con molduras en cornisas, alturas de edificación homogéneas, en donde se destaca sólo la iglesia.

Las veredas son sobreelevadas y se utiliza como material de revestimiento piedras y lajas en veredas y zócalos. El casco central, si bien tiene una homogeneidad edilicia que le da carácter de valor tipológico arquitectónico, las ampliaciones y refacciones para usos comerciales actuales, desvirtúan ese carácter, como se puede apreciar en las Figuras 8, 9, 10 y 11.

Si bien en el crecimiento de la localidad se comienza a observar nuevas urbanizaciones como barrios cerrados, y asentamientos precarios, en

general San Pedro de Colalao no tiene sectores urbanos exclusivos y excluyentes como las grandes áreas metropolitanas, sino que se trata de una ciudad que, desde el aspecto socio-territorial, confluyen en una heterogénea convivencia.



Figura 8: Fachada este de la plaza principal Leocadio Paz.



Figura 9: Fachada oeste de la plaza principal Leocadio Paz.



Figura 10: Fachada norte de la plaza principal Leocadio Paz.



Figura 11: Fachada sur de la plaza principal Leocadio Paz.

Actualmente es una localidad que cuenta con 3.065 habitantes (CNPhyV², 2010), y representa un incremento del 28% frente a los 2.389 habitantes del censo de 2001.

Tiene la dinámica de las ciudades veraniegas, que modifican su volumen de población principalmente en el mes de enero y durante la festividad religiosa del día de Virgen de Lourdes y los festivales de la humita y de la nuez, instancias en que la localidad recibe aproximadamente 30.000 turistas en un fin de semana.

² Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda.

Esta situación se evidencia además con la cantidad de residencias que permanecen cerradas la mayor parte del año, ya que forman parte de segundas viviendas de veraneo. El INDEC³ registra la cantidad de 472 hogares⁴ y de 1303 unidades de viviendas, superando ampliamente las viviendas pertenecientes a no residentes respecto a las viviendas de la población permanente.

El ritmo de la población se caracteriza, fuera de la temporada turística, por ser apaciguado y tranquilo. Ese estilo de vida a su vez resulta atractivo para algunos propietarios de viviendas de veraneo, los cuales al alcanzar su edad jubilatoria, optan por radicarse en forma definitiva en el pueblo, en virtud a la accesibilidad al área metropolitana de San Miguel de Tucumán. Ya sea por estas preferencias o por corrientes inmigratorias de población boliviana que se instala en áreas semirurales para dedicarse a la horticultura y/o al comercio, es que San Pedro de Colalao tiene un índice ascendente en cantidad de habitantes permanentes y una importante expansión de su mancha urbana.

En el desarrollo de este trabajo se analizan tres instancias del área de expansión de la mancha urbana medida en hectáreas, en 1984, 2006 y 2019.



Figura 12: Imagen procesada del Google Earth de la mancha urbana 1984.

La Fig. 12 muestra que en el año 1984, la ciudad ocupa una extensión de 85,9 hectáreas.

³ Instituto Nacional de Estadística y Censos

⁴ Hogar según en INDEC: persona o grupo de personas que viven bajo el mismo techo y comparten los gastos de alimentación.

El patrón de crecimiento continúa con la parcela fundacional de forma cuadrada, alrededor de la plaza y en dirección este – oeste acercándose a los ríos Tipas y Tacanas.

Hacia el año 2006, como se puede apreciar en la Fig. 13, el crecimiento ya expresa una expansión fuera del radio periférico del casco central, en dirección norte- sur, dejando intersticios de vacíos como suelo rústico. También se propaga hacia la ruta provincial N° 311, a manera de nodo satélite, principalmente como desarrollo de áreas rurales, con la transformación del uso del suelo, de actividad ganadera a agricultura. La mancha urbana pasa de 85,9 hectáreas en 1984, a tener 270 hectáreas en 2006, lo que significa más de tres veces el área de 1984 en 27 años.

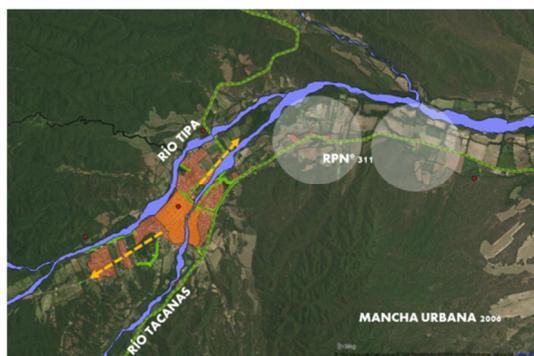


Figura 13: Imagen procesada del Google Earth de la mancha urbana 2006.

Ya en 2019, 13 años después, se registra una mancha urbana de 450,9 hectáreas, que representa un incremento del 66% con respecto a la superficie de 2006, como lo muestra la Fig. 14.

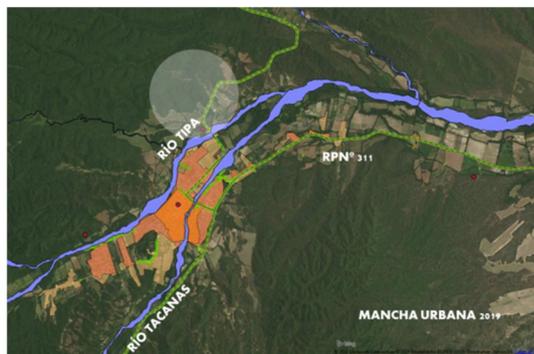


Figura 14: Imagen procesada del Google Earth de la mancha urbana 2019.

Si bien los cortes de registros no son de igual período, permite una comparación cuantitativa del crecimiento de la mancha urbana, expresado en la Fig 15. Esta expansión, sin la presencia de las autoridades locales, mediante códigos y ordenanzas, sólo responde a una lógica individual de mercado.

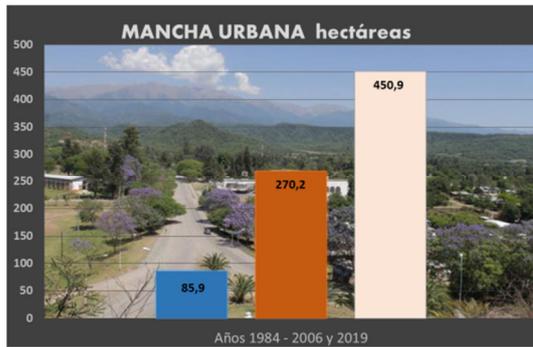


Figura 15: Crecimiento urbano en hectáreas, 1984-2006-2019.

A su vez se manifiesta un patrón de crecimiento morfológico mixto, ya que en ciertos sectores mantiene la cuadrícula fundacional, como se puede apreciar en las Figuras 16 y 17, mientras en otros sectores se adapta a condicionantes de pendiente, deformando esa cuadrícula según la geomorfología del terreno. Eso se observa hacia el este del río Tacanas.

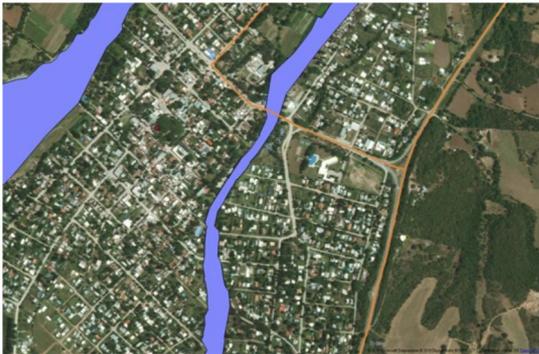


Figura 16: Imagen del Google Earth de la parcela urbana.



Figura 17: Amanzamiento y parcelas urbanas.

Hacia la RP N° 311, se observa una tipología de asentamiento lineal, a lo largo de la ruta, en donde la cuadrícula desaparece completamente, obteniéndose lotes de gran tamaño, de usos mixto, residencial y productivo, como lo muestran las Figuras 18 y 19.



Figura 18: Imagen procesada de la expansión lineal.



Figura 19: Parcelas alargadas de la expansión lineal.

La expansión de la ciudad es limitada hacia la margen oeste del río Tipas, debido a la falta de accesibilidad ya que sólo hay un puente de comunicación con la localidad rural de Chulca. No obstante esto no impidió asentamientos ilegales sobre el margen noroeste del río Tipas. La fuerte presencia en la ciudad de ambos ríos y los servicios ambientales que los factores del medio físico prestan al área urbana, se contraponen con la escasa vinculación que tienen la ciudad y sus habitantes, con sus ríos. Poco a poco la ciudad avanza sobre las riberas, con ocupaciones ilegales de sectores privados y públicos, transformando el beneficio de sus riberas en un uso exclusivo, que impiden a los ciudadanos disfrutar del recurso que otrora diera vida a la localidad veraniega. La misma situación se observa tanto en el río Tacanas, como en el río Tipas.



Figura 20: Basura arrojada al río Tacanas.

Los cursos de agua, que fueron originalmente la prioridad para la fundación de la villa turística, hoy no están revalorizados, como se muestra en las Figuras 20 y 21. Los ríos se encuentran con accesos restringidos debido al avance de urbanizaciones irregulares, que convierten sus márgenes en territorios negados al uso público.



Figura 21: Ocupación ilegal sobre la ribera del río Tacanas.

La Fig. 22, esquematiza las restricciones en las líneas de ribera de acuerdo a la Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos – OTBN-.

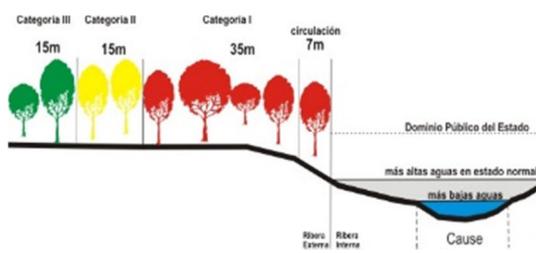


Figura 22: Esquema de riberas de la ley de OTBN.

Específica que la línea de ribera externa, requiere una distancia de resguardo como mínimo de 57 metros, que incluye: 7 metros de circulación como camino de sirga, más 35 metros, ambos en zona roja de categoría I, de máxima preservación, más 15 metros en zona amarilla de categoría II, de uso del suelo acorde a un plan de manejo.

Si se demarca un área de influencia (buffer) con el programa QGIS, a lo largo de los ríos inmediatos a la zona urbana, Fig. 23, se observa que las mismas están antropizadas, invadiendo las construcciones a la línea de ribera externa, las cuales ya carecen de bosques nativos. Este aspecto es una alerta a considerar en zonas a donde aún no avanzó la urbanización, de manera de prevenir y planificar dicha expansión.

Se observa que las construcciones que avanzan sobre la línea de ribera afectada por la Ley de OTBN, son tanto residencias turísticas consolidadas, como viviendas precarias, e instalaciones de equipamiento comunitario perteneciente a la comuna.

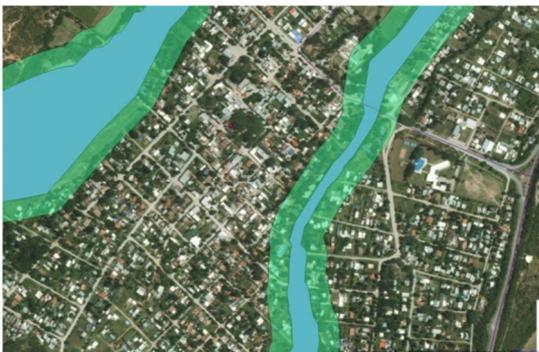


Figura 23: Buffer sobre la línea de ríos mostrando el avance de la urbanización sobre las riberas

3 CONCLUSIONES

Como conclusión se observa la falta de un ordenamiento del territorio y planificación urbana, que impide preservar los recursos naturales y posibilitar al conjunto de los ciudadanos de disfrutar de los servicios ambientales y turísticos que ofrecen los cursos de agua a la ciudad.

La ocupación del espacio público de riberas no sólo es un problema dominial de privatización de un área que debería resultar un paseo a lo largo de las márgenes de los ríos, hoy impedido al público, sino que redundo en la afección de los cauces, ya que los bosques de ribera colaboran en la preservación de los mismos, aportando corredores y hábitat para la fauna y la preservación de la biodiversidad.

Con el crecimiento de la localidad se fue perdiendo el carácter original arquitectónico, acompañando cambios socioeconómicos de la

población. Sin embargo estas nuevas tendencias constructivas pueden rescatar y revalorizar las edificaciones de época y reproponer un modelo de ciudad en convivencia con los nuevos desafíos. Por lo expuesto se requiere una mayor injerencia de los gobiernos locales en la determinación de políticas públicas, respecto al manejo del territorio, mediante planes de ordenamiento territorial, de planificación urbana y clasificación de usos del suelo, así como a la implementación de órganos de contralor para el cumplimiento de los mismos.

4 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Di Lullo R. El espacio Público Urbano. Consideraciones y actuaciones. LIGHaM. 2015.
 Dirección de General de Catastro de Tucumán. GIS mapas. 2019.
 Directrices para la Ordenación del Territorio (DOT) en la Provincia de Tucumán, Argentina. Instituto de Planeamiento y Desarrollo Urbano. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional de Tucumán. 1994.
 Lineamientos Estratégicos para el Desarrollo de Tucumán. Gobierno de Tucumán. 2007.
 Ley Nacional N° 26.331 - OTBN
 Ley Provincial de Tucumán N° 8.304 – OTBN
 Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2001.
 Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2010.

Aportes del Proyecto Nexos 1 para la articulación educativa en matemática entre el nivel medio y el universitario en Tucumán

Flores, Raúl F.¹; López, Estela M.²; Plaza, Lilian N.²; Valdeón, Daniel H.²

(1) *Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán.*
rflores@herrera.unt.edu.ar

(2) *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*
elopez@herrera.unt.edu.ar, nplaza@herrera.unt.edu.ar, dvaldeon@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN: La escasa vinculación entre los distintos niveles educativos es una de las preocupaciones más relevantes que manifiestan los docentes, en especial la de los primeros años, tanto del nivel medio como los de la universidad. La articulación entre la Universidad y el Nivel Secundario es una temática abordada hace mucho tiempo por las políticas educativas, pero la misma no ha conducido a un sistemático accionar conjunto entre las instituciones involucradas. En este contexto, se concreta el Proyecto Nexos, una experiencia de articulación entre la Secretaría Académica de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) y la Dirección de Enseñanza Media del Ministerio de Educación de la Provincia de Tucumán, a través de una propuesta pedagógica para capacitar a docentes del nivel medio en temas y metodologías incorporados en los contenidos generales de los cursos de ingreso de las facultades donde se exigen contenidos mínimos de matemática, siendo los ejes temáticos abordados: números reales, aplicaciones en notación científica, proporciones y porcentajes, modelización matemática. En esta experiencia se propone promover la articulación educativa entre la escuela media y la universidad para favorecer la vinculación de los docentes del nivel medio con las actividades curriculares iniciales en la universidad.

ABSTRACT: The low link between the different educational levels is one of the most relevant concerns expressed by teachers, especially in the early years, both at the middle level and at the university level. The articulation between the University and the Secondary Level is a long-term issue addressed by educational policies, but it has not led to a systematic joint action among the institutions involved. In this context, an experience of articulation between the Academic Secretariat of the National University of Tucumán (UNT) and the Directorate of Secondary Education of the Ministry of Education of the Province of Tucumán, through a pedagogical proposal to train teachers of the medium level in subjects and methodologies incorporated in the general contents of the courses of entry of the faculties where minimum contents of mathematics are required, being the thematic axes addressed: real numbers, applications in scientific notation, proportions and percentages, mathematical modeling. This experience aims to promote the educational articulation between the middle school and the university in order to favor the connection of the teachers of the middle level with the initial curricular activities in the university.

Palabras claves: Articulación – Universidad - Escuela Media - Ingreso

Keywords: Articulation - University - Middle School - Entry

1 INTRODUCCION

La articulación entre la Universidad y el Nivel Secundario es una temática abordada desde hace muchos años por distintas políticas educativas y está presente para intentar resolver en forma conjunta diversas problemáticas, ya que el diagnóstico muestra al sistema educativo como un

grupo de instituciones separadas y aisladas entre sí al momento de implementar acciones conjuntas entre niveles educativos. La preocupación por el desempeño de los alumnos de primer año de carreras universitarias (ingresantes), que surge de numerosos y desfavorables indicadores de deserción y bajo rendimiento académico, ha llevado a las universidades del país a investigar

las causas que subyacen en esta problemática e implementar acciones concretas para mejorar los índices de retención, sobre todo en el primer año del cursado universitario. La UNT no escapa a la realidad descrita anteriormente, ya que la problemática del bajo nivel de conocimientos previos de matemática en los ingresantes a las distintas unidades académicas, tiene indicadores iniciales similares a los registrados en las evaluaciones de calidad educativa, que indica que en matemática, el 70,2% de los estudiantes de 6º año del nivel secundario está por debajo o en el nivel básico y en la provincia de Tucumán este número alcanza el 80%, (Operativo Nacional de Evaluación de Calidad Educativa Aprender 2016). Información obtenida del Sistema abierto de consulta del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. (aprenderdatos.educación.gov.ar)

2 OBJETIVOS

La capacitación de los docentes del nivel medio en contenidos comunes de los cursos de ingreso y/o ambientación, así como de la oferta académica de la UNT, permitiría optimizar esfuerzos para mejorar el rendimiento inicial de los alumnos y evitar el abandono temprano es algo que preocupa tanto a la UNT como al Ministerio de Educación de la Provincia de Tucumán. Según los objetivos planteados por la Ley de Educación Nacional 26.206, se desea lograr que, a través de la capacitación de los docentes del nivel medio, los alumnos puedan ingresar y permanecer exitosamente en el Nivel Superior Universitario.

La articulación es un componente esencial de la política educativa y también se transforma en una de las preocupaciones más relevantes que manifiestan los docentes, tanto de la universidad como del nivel medio. Dicha preocupación se traduce en la escasa vinculación entre las instituciones y su consecuente fragmentación evidenciada en los procesos de aprendizaje de los alumnos. Por un lado, desde el ámbito universitario se reconocen problemas referidos a las dificultades en la comprensión y producción de textos, en ortografía y en la resolución de problemas, entre otros. Por otro lado, la escuela media se desliza en un camino de tensiones vinculado a la preparación de los jóvenes para afrontar estudios superiores y a las condiciones

establecidas e impuestas para la misma. Es por ello que el desafío de cada nivel está en recuperar el sentido de su finalidad, en lo que hace a lograr capacidades, estrategias, actitudes y aptitudes pedagógicas correspondientes y entablar un trabajo conjunto.

Teniendo en cuenta esto, los objetivos del trabajo realizado fueron:

- La capacitación de los docentes del nivel medio en contenidos comunes de los cursos de ingreso y/o ambientación, así como de la oferta académica de la UNT
- La articulación entre el nivel medio y la Universidad.

3 CONTENIDOS

Los contenidos se organizaron teniendo en cuenta lo prescripto en el Diseño Curricular Jurisdiccional del Ciclo de Especialización en Matemática correspondiente a la Formación General Básica, Orientada y Especializada. También se tuvieron en cuenta los contenidos de los cursos de ingreso en las Facultades con exámenes de Matemática.

Los temas abordados fueron:

- Conjuntos Numéricos
- Aplicaciones universitarias de la Notación Científica
- Análisis de gráficos
- Modelización de situaciones problemáticas.

Tales temas fueron solicitados por docentes/directivos del nivel medio, entendiendo que la articulación educativa induce a la interacción de partes y reconociendo que ambas son distintas entre sí y a la vez constituyen un todo (Luchetti 2005). Aceptando, además, que la articulación “no es acordar sólo qué enseñar, sino descubrir comprometidamente cuáles y cómo están contruidos los saberes de niños y jóvenes” (Martini y Sánchez Araujo 2002).

Esta experiencia se desarrolló durante el año 2018, siendo inicialmente necesario diseñar los mecanismos para optimizar los recursos en los diferentes niveles, de manera que la aproximación a la experiencia universitaria a través del contenido fuera el eje del proceso de enseñanza y aprendizaje. Cada institución (Universidad y Ministerio) participó desde su especificidad para construir esta experiencia conjunta. La UNT rescató los aprendizajes previos de los aspirantes a ingresar a las carreras de las Facultades con

contenidos de matemática en sus cursos de ingresos para resignificarlos en los contenidos de Nexos con una propuesta de enseñanza y aprendizaje, sustentada en los Diseños Curriculares Jurisdiccionales del Ciclo Básico y Orientado de todas las orientaciones y profundizó la temática para esta actividad teniendo en cuenta los cuadernillos de ingreso de las unidades académicas donde se requiere Matemática para su ingreso.

4 METODOLOGÍA

Esta experiencia se desarrolló durante el año 2018, siendo inicialmente necesario diseñar los mecanismos para optimizar los recursos en los diferentes niveles, de manera que la aproximación a la experiencia universitaria a través del contenido fuera el eje del proceso de enseñanza y aprendizaje. Cada institución (Universidad y Ministerio) participó desde su especificidad para construir esta experiencia conjunta. La UNT rescató los aprendizajes previos de los aspirantes a ingresar a las carreras de las Facultades con contenidos de matemática en sus cursos de ingresos para resignificarlos en los contenidos de Nexos con una propuesta de enseñanza y aprendizaje, sustentada en los Diseños Curriculares Jurisdiccionales del Ciclo Básico y Orientado de todas las orientaciones y profundizó la temática para esta actividad teniendo en cuenta los cuadernillos de ingreso de las unidades académicas donde se requiere Matemática para su ingreso.

Esta propuesta educativa se efectuó con 150 docentes de matemática de los últimos cursos de colegios secundarios públicos correspondientes a los cinco circuitos territoriales jurisdiccionales de Tucumán, tres de ellos a capacitar en el Centro de Innovación y Desarrollo (CIIDEPT) de la Ciudad de San Miguel de Tucumán y dos de ellos en la Ciudad de Monteros.

La modalidad de trabajo elegida fue el aula taller que pone el eje en la participación de todos los protagonistas en el proceso de enseñanza y aprendizaje. La misma incluye instancias individuales y grupales. Las individuales posibilitan la reflexión personal y la confrontación entre lo que cada docente sabe y las dificultades y dudas, entre otros aspectos. Las instancias grupales constituyen un trabajo que se

hace con otros, caracterizado por la cooperación y la tolerancia (Pasel y Asbornó 1993)

Para abordar los contenidos mencionados en el punto anterior se utilizaron las siguientes herramientas:

- Teoría y ejemplos presentados con anterioridad en sitio web.
- Videos motivacionales introductorios.
- Planteo de situaciones problemáticas propias del nivel universitario.
- Trabajos prácticos con distintas técnicas y metodologías de resolución de problemas
- Construcción y análisis de gráficos
- Discusión y reflexión de resultados. Elaboración de conclusiones a partir de los mismos.

Desde el punto de vista pedagógico, una experiencia de innovación es aquella que introduce algo nuevo o una estrategia recuperada y que produce mejora integrando contenidos, distinguiéndose del cambio porque la innovación es planeada, deliberada y más sistematizada. Por lo expresado, esta experiencia educativa es innovadora al propiciar una mejora en la vinculación académica entre diferentes ámbitos de la Educación con la comunidad. El formato adoptado favorece el compromiso de capacitadores y capacitandos, lo que implica una manera distinta de presentar el contenido respecto a la forma habitual que los docentes asumen en el desarrollo de las asignaturas. La integración de contenidos como estrategia pedagógica, evita la fragmentación de los mismos y propicia una explicación de los fenómenos desde la perspectiva de la complejidad.

5 RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron recabados por medio de encuestas realizadas a docentes participantes en este trabajo.

El 90% de los mismos valoró las actividades en general como muy buenas.

En cuanto a los contenidos manifestaron haberlos aprendido en diferentes asignaturas de su formación profesional y que los perfeccionaron en esta experiencia por la visión universitaria que tuvieron.

También expresaron que esta actividad les permitió:

- 1°. Contactarse con la universidad

- 2°. Afianzar contenidos
- 3°. Integrar contenidos.
- 4°. Intercambiar ideas con pares y con docentes universitarios.
- 5°. Plantear dudas entre sus pares.

Para el 100% de los docentes la experiencia resultó importante ya que les permitió profundizar, ampliar contenidos, aprender nuevos y vivenciar la actividad diaria de sus colegas. Igualmente el 100% de los encuestados manifestó su deseo de que esta actividad continúe y un 60% consideró que es útil porque ayudaría a los alumnos indecisos respecto de sus futuros estudios, ya que sus respectivos docentes tomarían conocimiento de los contenidos universitarios desde los docentes universitarios.

De los 150 docentes esperados confirmaron asistencia 138, de los cuales asistieron 91 docentes, y de ellos aprobaron la capacitación 76 docentes (83,5% de los asistentes), cuya distribución por circuitos se presenta en la siguiente tabla

Tabla 1. Distribución por Circuitos Jurisdiccionales

Circuitos	Asistentes	Aprobados (%)
Dos	27	93%
Uno y Tres	29	79%
Cuatro y Cinco	35	80%

En cuanto a las actividades realizadas, la que más opiniones a favor tuvo fue la de los Videos Motivacionales.

En las discusiones que se generaron, en forma posterior a la proyección de los videos o de los análisis de los Trabajos prácticos, se pusieron de manifiesto:

- El problema de Interpretación de consignas,
- La importancia de analizar en forma crítica las herramientas que INTERNET pone en nuestras manos,
- El cómo sacar algo positivo de algo que presenta errores o dificultades.
- Aspectos lógicos en la demostración de afirmaciones o negaciones.
- Problemas en las definiciones de algunas operaciones.

6 CONCLUSIONES

Las actividades efectuadas durante este trabajo posibilitaron reflexiones que estimulan la continuidad de este tipo de proyecto entre instituciones.

Se destaca el trabajo interinstitucional que ofrece excelentes posibilidades de mejorar la calidad de lo que se transmite, en la medida que cuenta con múltiples enfoques especializados sobre el tema. De acuerdo a los resultados de las encuestas aplicadas, se observó que una gran parte valoró la actividad como muy buena, tanto en lo referente a la vivencia universitaria como a la continuidad entre los contenidos en la escuela y los recibidos en la universidad, siendo estos últimos presentados con el adecuado lenguaje científico y técnico, contribuyendo a la formación específica sobre el tema de un modo eficaz.

Las producciones grupales mostraron el cumplimiento de las pautas establecidas, la dedicación y creatividad en los trabajos prácticos, la buena predisposición a la producción innovadora y la participación a través del planteo de dudas, entre otros.

Toda la actividad se realizó en un clima muy favorable que estimuló el planteo y la aclaración de dudas y conceptos, con gran participación de la mayoría de los docentes presentes.

La tarea fue un desafío para los capacitadores, dado que requirió un estudio exhaustivo de los videos a fin de sacar provecho, no sólo cognoscitivo, sino también actitudinal de los mismos. También exigió un trabajo muy cuidado en la redacción y propuesta de ejercicios en los trabajos prácticos, para que permitieran detectar posibles errores conceptuales en los capacitandos. Nexos también permitió fortalecer relaciones interpersonales entre capacitadores, capacitandos y capacitadores y capacitandos.

A través de este proyecto se afianzaron las actividades de docencia y extensión, lo que enriquece y mejora la práctica pedagógica y propicia apertura y comunicación entre las instituciones, de acuerdo a los requerimientos de la sociedad actual.

7 REFERENCIAS

- Dipolitto, A. y Beri, C. 2006. Una experiencia de articulación Universidad- Escuela Media: del modelo al proyecto. Facultad de Ciencias Naturales y Museo - Universidad Nacional de La Plata, Experiencias de Extensión. 1-9. "<http://www.fcnym.unlp.edu.ar/experiencias2006>".
- Fernández, A.R.; Lucchese, M.; Novella, M.; Quiroga, P.; Mitchell, M.; Ryan, L.; Enders, J. 2008. Educación y Salud aliadas para mejorar la calidad de vida. Módulo III. Programa de Apoyo a la Articulación Universidad - Escuela Media II. Pág: 38-41. Editorial Brujas. Córdoba. Argentina.
- Ferré, N. 2006. Articulación entre escuela media y universidad. Anales de la educación común. Publicación de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. "servicios2.abc.gov.ar/lainstitucion/.../revista/.../anales/.../6_unmdp_st.p.d".
- Francisco, V.; Zelzman, C. y Daraio, V. 2007. La ciencia como vínculo entre la Universidad y la Escuela Media. Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Pág: 5-7. "<http://exactas.uba.ar/extension/index.php>".
- Luchetti, E. 2005. Introducción a la Articulación Educativa. Articulación. Pág. 11-13. Editorial Bonum. Buenos Aires. Argentina.
- Marquina, M. 2003. Diagnóstico y Prioridades en Materia de Articulación de la Educación superior. En Políticas de Estado para la Universidad Argentina. Balance de una gestión en el nuevo contexto nacional e internacional. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Secretaría de Políticas Universitarias. Páginas: 128-144. "http://www.academia.edu/240088/Elsis_tema_argentino_de_educacion_superior_en_el_marco_del_Sector_Educativo_del_MERCOSUR".
- Martini, A. y Sánchez Araujo, S. 2002. La problemática de la Articulación Escolar, 68, Educando Ediciones. Córdoba. Argentina.
- Pasel, S. y Asborno, S. 1993. Aula Taller, Didáctica, 19-21, Aique, Buenos Aires.
- Santiago, G. 1999. Diseño Curricular Ciclo de Especialización. Primer Versión

Refuerzo de estructuras de hormigón con hormigón de altas prestaciones reforzado con fibras (HAPRF)

Frediani, Matías¹; Almenar, Martín¹; Luccioni, Bibiana¹

(1) *Instituto de Estructuras, Facultad de Ciencias Exactas Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*

mati_frediani@hotmail.com; malmenar@herrera.unt.edu.ar; bluccioni@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN: La incorporación de fibras de alta calidad en matrices de hormigón de muy Alta Resistencia permite obtener materiales especialmente aptos para soportar acciones extremas, por lo que resultan materiales promisorios para reforzar y mejorar la durabilidad de edificios y diversas obras de infraestructura. El objetivo de este trabajo es estudiar numéricamente el comportamiento mecánico en flexión de estructuras de hormigón reforzadas con HAPRF a los fines de analizar el efecto de las distintas variables (contenido y tipo de fibras, espesor del refuerzo) y contribuir a un diseño más eficiente de las técnicas de intervención. Para tal fin, se calibran modelos numéricos que son capaces de reproducir el comportamiento de ensayos experimentales realizados en elementos de HAPRF. Luego se simulan vigas de hormigón reforzadas con HAPRF sometidas a flexión ensayadas por otros investigadores. Finalmente, con los modelos calibrados se estudia el efecto de las variables de diseño antes mencionadas en el comportamiento de las vigas reforzadas. Los resultados muestran que la eficiencia del refuerzo crece con el espesor del recubrimiento y el contenido de fibras, pero se deben tener en cuenta limitaciones constructivas y el costo para determinar el diseño óptimo del refuerzo.

ABSTRACT: The incorporation of high quality fibers in very high strength concrete matrixes leads to materials that are especially suitable to withstand extreme actions. For this reason, these materials are adequate for reinforcement and durability improvement of buildings and infrastructure constructions. The general objective of this work is to numerically study flexure behavior of concrete structural elements reinforced with HAPRF. This general goal includes the analysis of the effect of the different variables (content and type of fibers, thickness of the reinforcement). The results of this analysis can contribute improving the efficiency of the intervention techniques. For this purpose, numerical models are calibrated to reproduce the behavior of experimental tests carried out on HAPRF elements. Then the models are used to reproduce reinforced concrete beams reinforced with HAPRF under flexure. Finally, the effect of the aforementioned design variables on the behavior of reinforced beams is studied using the calibrated models. The results show the efficiency of the intervention increases with the fiber content and thickness of the reinforcement layer. The definition of the optimal design should include other criteria like constructive limitations and cost analysis.

Palabras claves: HAPRF – Refuerzo - Vigas de hormigón - Modelos Numéricos

Keywords: HPFRC – Reinforcement - Concrete beams - Numerical Models

1 INTRODUCCIÓN

Las construcciones civiles constituyen un porcentaje significativo del capital de un país. Tanto el mantenimiento como la reconstrucción implican la disponibilidad de recursos importantes que, sin duda, deben ser optimizados.

Los HAPRF incorporan fibras de alta calidad en matrices de muy alta resistencia (>100 MPa) permitiendo obtener materiales especialmente aptos para soportar acciones extremas, por lo que resultan materiales promisorios para reforzar y mejorar la durabilidad de edificios y diversas obras de infraestructura.

El refuerzo de estructuras de hormigón armado con HAPRF presenta algunas ventajas frente a

otros sistemas como mayor resistencia a las altas temperaturas, a la radiación ultravioleta y mayor compatibilidad con el hormigón de la estructura a reforzar, lo que evita la falla frágil de la interfaz (Nanni, 2012).

Aunque los resultados existentes muestran las potenciales aplicaciones de HAPRF como capa de refuerzo, se requiere mayor investigación para entender su comportamiento frente a cargas extremas. La combinación de alta performance con alta eficiencia económica es todavía difícil de alcanzar (Tysmans et al., 2015).

El objetivo general de este trabajo es contribuir al desarrollo del diseño y aplicación de HAPRF para un mejor aprovechamiento de las ventajas y alternativas de estos materiales para refuerzo de estructuras de hormigón armado. El objetivo particular es la reproducción numérica del comportamiento de elementos de hormigón armado reforzados con HAPRF sometidos a flexión y comparación con resultados experimentales.

Los compuestos con fibras se pueden simular con modelos formulados en distintas escalas. En los macro-modelos el comportamiento del compuesto se representa mediante un modelo de material homogéneo equivalente con propiedades promedio. Este tipo de modelo se usa normalmente en los enfoques fenomenológicos en los que las leyes constitutivas se derivan de ensayos de laboratorio (Yu et al., 2015). En este trabajo las simulaciones numéricas se realizaron mediante el programa Ansys Workbench, utilizando un macro modelo disponible en su biblioteca.

2 MODELO CONSTITUTIVO UTILIZADO

Para la reproducción del comportamiento del hormigón se utilizó un modelo elastoplástico. En dicho modelo la relación entre el tensor de tensiones σ , el tensor de deformaciones ϵ y el tensor de deformaciones plásticas ϵ^{pl} queda dada por

$$\sigma = C (\epsilon - \epsilon^{pl}), \quad (1)$$

Donde, C es el tensor constitutivo elástico de cuarto orden para un material elástico lineal e isotrópico. Dicho tensor queda determinado mediante los parámetros elásticos E y μ que son el módulo de Young y el coeficiente de Poisson respectivamente. El incremento de las

deformaciones plásticas se calcula mediante la siguiente regla de flujo

$$\dot{\epsilon}^{pl} = \dot{\lambda} \frac{\partial Q_{MW}}{\partial \sigma}, \quad (2)$$

donde Q_{MW} es una función de Potencial que se definirá posteriormente y $\dot{\lambda}$ es el incremento del multiplicador plástico. El multiplicador plástico puede ser determinado mediante las condiciones de carga y descarga que se definen a continuación

$$f_{MW} \leq 0, \quad \dot{\lambda} \geq 0, \quad f_{MW} \dot{\lambda} = 0, \quad (3)$$

Donde f_{MW} es la superficie de fluencia. Este modelo utiliza la superficie de fluencia de Menetrey y Willam (1995), la cual se esquematiza en la Fig. 1. Dentro de dicha superficie el material tiene un comportamiento elástico lineal isotrópico, al alcanzar la misma el material comienza a experimentar deformaciones plásticas, que se determinan con las expresiones definidas previamente.

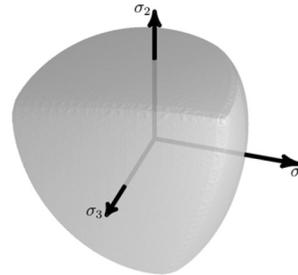


Figura 1: Superficie de Fluencia de Menetrey-Willam.

La superficie de fluencia se define como:

$$f_{MW} = \frac{c_2}{c_3} \left[\sqrt{\frac{2}{3}} I_1 + r \sqrt{2J_2} \right] + 2J_2 - \frac{1}{c_3}, \quad (4)$$

donde, I_1 es el primer invariante de σ y J_2 el segundo invariante del tensor desviador de tensiones S . En la ecuación (1), c_2 , c_3 y r dependen de parámetros del material material y de las funciones de Hardening and Softening:

$$c_2 = \frac{1}{\sqrt{6}} \left[\frac{1}{R_c} - \frac{1}{R_b} + \frac{R_b - R_t}{R_c^2} \right], \quad (5)$$

$$c_3 = \frac{3}{2} \frac{1}{R_c^2}, \quad (6)$$

$$r = \frac{4(1-e^2)\cos^2\theta + (2e-1)^2}{2(1-e^2)\cos\theta + (2e-1)\sqrt{4(1-e^2)\cos^2\theta + 5e^2 - 4e}}, \quad (7)$$

con:

$$\bar{R}_t = R_t \Omega_{tc}, \quad \bar{R}_c = R_c \Omega_c, \quad \bar{R}_b = R_b \Omega_c, \quad (8)$$

$$\Omega_{tc} = \begin{cases} \Omega_t & \kappa_c \leq \kappa_{cm} \\ \Omega_t \Omega_c & \kappa_c > \kappa_{cm} \end{cases}, \quad (9)$$

$$\epsilon = \frac{\bar{R}_t}{\bar{R}_b} * \frac{\bar{R}_b^2 - \bar{R}_c^2}{\bar{R}_c^2 - \bar{R}_t^2}, \quad e = \frac{1+\epsilon}{2-\epsilon}, \quad (10)$$

$$\cos 3\theta = \frac{3\sqrt{3}}{2} \frac{J_3}{\sqrt{J_2^3}}, \quad (11)$$

donde: R_t , R_c y R_b son las residencias a tracción, compresión y biaxial respectivamente. Ω_t y Ω_c son las funciones de Hardening and Softening, las cuales dependen de κ_t y κ_c que son la variable de endurecimiento en tracción y compresión respectivamente. J_3 es el tercer invariante del tensor desviador de tensiones \mathbf{S} y κ_{cm} es un parámetro material que resulta un umbral en la función Ω_c y se detallará más adelante.

El incremento de las variables de endurecimiento puede calcularse como:

$$\dot{\kappa}_c = \frac{\alpha_c}{R_t} \boldsymbol{\sigma} \cdot \dot{\boldsymbol{\epsilon}}^{pl}, \quad (12)$$

$$\dot{\kappa}_t = \frac{\alpha_t}{R_t} \boldsymbol{\sigma} \cdot \dot{\boldsymbol{\epsilon}}^{pl}, \quad (13)$$

donde, $\boldsymbol{\sigma} \cdot \dot{\boldsymbol{\epsilon}}^{pl}$ denota el producto escalar entre el tensor de tensiones y el incremento del tensor de deformaciones plásticas respectivamente. α_c y α_t son las funciones de peso en compresión y tracción respectivamente definidas como:

$$\alpha_c = 1 - \alpha_t, \quad (14)$$

$$\alpha_t = \begin{cases} 0 & \tan \alpha < -2 \\ \frac{1}{1+e^{-10 \tan \alpha}} & -2 \leq \tan \alpha \leq 2, \\ 1 & \tan \alpha > 2 \end{cases} \quad (15)$$

$$\tan \alpha = \frac{I_1}{\sqrt{J_2}}. \quad (16)$$

La función de Hardening and Softening en compresión se definen como:

$$\Omega_c = \Omega_{ci} + (1 - \Omega_{ci}) \sqrt{2 \frac{\kappa_c}{\kappa_{cm}} - \frac{\kappa_c^2}{\kappa_{cm}^2}},$$

para $\kappa_c < \kappa_{cm}$,
(17)

$$\Omega_c = 1 - (1 - \Omega_{cu}) \left(\frac{\kappa_c - \kappa_{cm}}{\kappa_{cu} - \kappa_{cm}} \right)^2,$$

Para $\kappa_{cm} < \kappa_c < \kappa_{cu}$,
(18)

$$\Omega_c = \Omega_{cr} + (\Omega_{cu} - \Omega_{cr}) e^{2 \frac{\Omega_{cu} - 1}{\kappa_{cu} - \kappa_{cm}} \frac{\kappa_c - \kappa_{cu}}{\Omega_{cu} - \Omega_{cr}}},$$

para $\kappa_c > \kappa_{cu}$,
(19)

donde κ_{cm} y κ_{cu} son parámetros del material que corresponden al valor de la variable de endurecimiento en compresión en la transición de sus distintas ramas. En particular κ_{cm} es el valor de la variable de endurecimiento en compresión en el pico de la función Ω_c y se produce cuando $\Omega_c = 1$. Ω_{ci} es el valor inicial de Ω_c , Ω_{cu} es el valor correspondiente a κ_{cu} y Ω_{cr} es el valor que se tiene cuando κ_c tiende a infinito.

La función de Hardening and Softening en tracción se definen como:

$$\Omega_t = e^{-\frac{\kappa_c}{a_t}}, \quad (20)$$

$$a_t = \frac{g_{ft}}{R_t}, \quad (21)$$

$$g_{ft} = \max\left(\frac{G_{ft}}{L_i}, \frac{R_t^2}{E}\right), \quad (22)$$

donde G_{ft} es la energía de fractura en tracción. L_i es la longitud efectiva del elemento y debe determinarse de manera que se cumpla la siguiente ecuación

$$\int_0^\infty \Omega_t d\kappa_t = \frac{g_{ft}}{R_t}. \quad (23)$$

Las funciones de Hardening and Softening en tracción y compresión pueden apreciarse en la Fig. 2. Dichas funciones pueden ser obtenidas experimentalmente mediante ensayos uniaxiales de tracción y compresión.

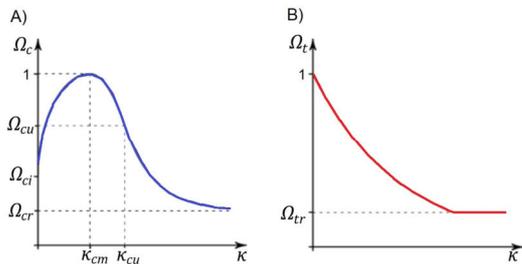


Figura 2: Funciones de Hardening and Softening en (A) tracción y (B) Compresión.

El modelo utiliza flujo no asociativo, por lo que la función de potencial se define como:

$$Q_{MW} = 2J_2 + B_g \sqrt{2J_2} + C_g \frac{1}{\sqrt{3}} I_1, \quad (24)$$

$$B_g = \frac{2\bar{R}_c \tan \Psi - \sqrt{2}\bar{R}_t}{\sqrt{3}(1 - \sqrt{2} \tan \Psi)}, \quad (25)$$

$$C_g = \frac{B_g}{\sqrt{2}} + \frac{2\bar{R}_t}{\sqrt{3}}. \quad (26)$$

Donde Ψ es el ángulo de dilatancia.

A modo de resumen se puede decir que el modelo cuenta con 3 juegos de parámetros que se deben definir:

- Parámetros Elásticos: E y μ .
- Parámetros de la Superficie de Fluencia y Función Potencial: R_t , R_c , R_b y Ψ .
- Parámetros de las funciones de Hardening and Softening: κ_{cm} , κ_{cu} , Ω_{ci} , Ω_{cu} , Ω_{cr} , Ω_{tr} y G_{ft} .

3 ENSAYOS NUMÉRICOS EN VIGAS ENTALLADAS

Una vez seleccionado el modelo a utilizar, se procedió al ajuste de los parámetros del hormigón simple y del hormigón reforzado con 40kg/m³ y de 80 kg/m³ fibras de acero con gancho (longitud=60mm y diámetro=0.7mm), a partir de ensayos de laboratorio de flexión de vigas entalladas. En la Fig. 3 se muestra un esquema de la geometría, condiciones de cargas y desplazamientos de los ensayos realizados.

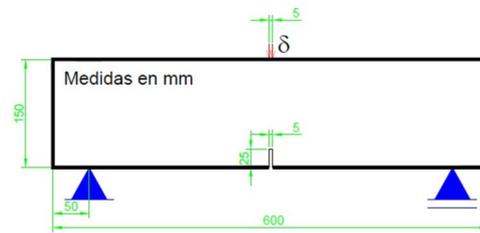


Figura 3: Esquema de los ensayos de flexión en vigas entalladas.

En la Fig. 4 se muestra un esquema de la malla de elementos finitos donde se aprecia la zona central enmarcada en un rectángulo rojo. En dicho sector se realizaron diferentes refinamientos de malla, (Fig. 5) para probar la objetividad de la respuesta respecto del tamaño de la malla.

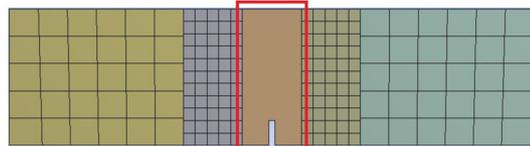


Figura 4: Malla de elementos finitos en vigas entalladas.

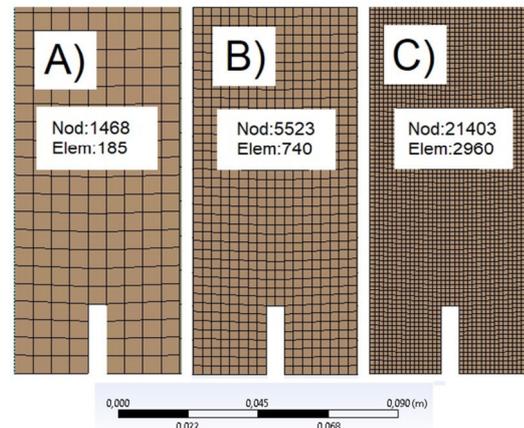


Figura 5. Refinamientos de malla en la sección central de las vigas entalladas.

Los diagramas carga vs desplazamiento vertical en la sección central obtenidos numéricamente para las distintas mallas de elementos finitos se pueden ver en la Fig. 6 donde se observa que la respuesta es prácticamente independiente del tamaño de la malla.

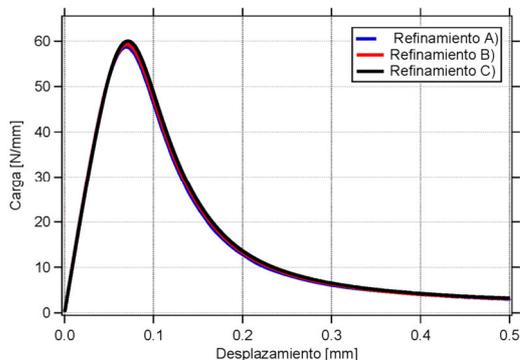


Figura 6. Curvas carga-desplazamiento. Efecto del tamaño de la malla.

Luego, adoptando la malla de la Fig. 5. A, se realizaron ensayos variando la energía de fractura y la resistencia a tracción, para analizar la influencia de dichos parámetros en la respuesta. Las curvas de respuesta obtenidas (Carga vs desplazamiento vertical en sección central) se muestran en Fig. 7 y Fig. 8 respectivamente. Finalmente, se realizó el ajuste de la respuesta experimental de vigas entalladas de hormigón simple y de hormigón con 40kg/m³ y de 80kg/m³ de fibras. En la Fig. 9 se muestran los resultados numéricos y su comparación con los resultados experimentales Carga vs CMOD que se encuentran en Isla et al. (2015) y Luccioni et al. (2017).

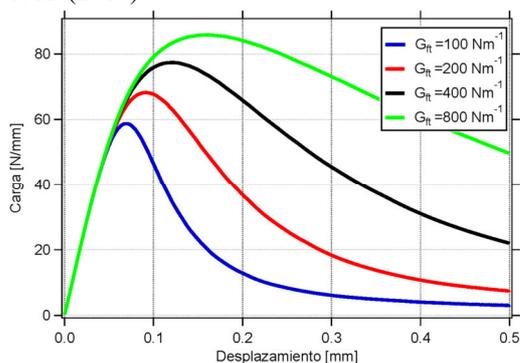


Figura 7. Curvas carga-desplazamiento. Efecto de la energía de fractura.

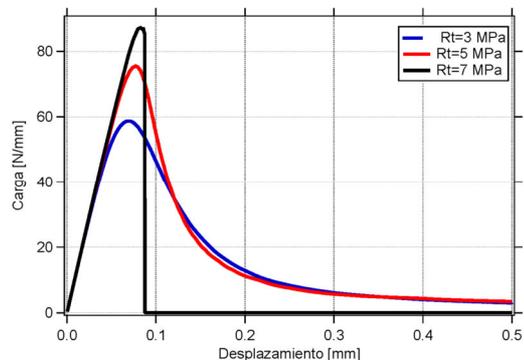


Figura 8. Curvas carga-desplazamiento. Efecto de resistencia a tracción.

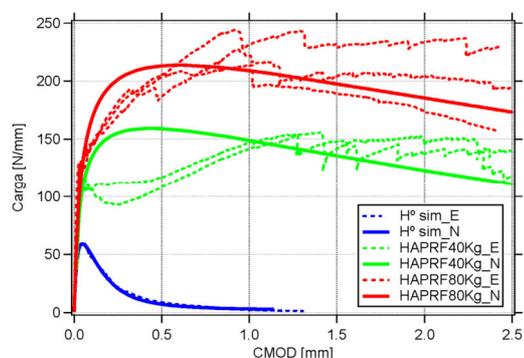


Figura 9. Ajuste de respuesta experimental

La Tabla 1 contiene los parámetros finales obtenidos para lograr el ajuste.

Tabla 1. Parámetros ajustados en ensayos.

Parámetro	H° Sim.	HAPRF40	HAPRF80
E [MPa]	27000	25000	25000
μ	0.2		
R_c [MPa]	37	100	100
R_t [MPa]	2.7	4.5	6
R_b [MPa]	45	120	120
Ψ [°]	10		
κ_{cm}	0.001		
κ_{cu}	0.002		
Ω_{ci}	0.33		
Ω_{cu}	0.7		
Ω_{cr}	0.05		
G_{ft} [N/m]	200	10000	20000
Ω_{tr}	0.05		

Las Fig. 10 y 11 muestran los mapas de deformaciones plásticas y tensión horizontal para un desplazamiento vertical del centro de la viga de 0.5 mm de la viga de la Fig. 5 A.

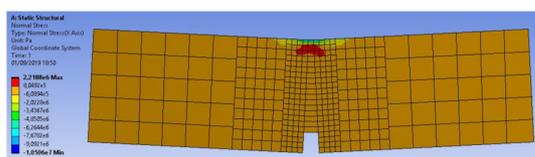


Figura 10. Mapa de tensiones horizontales para $\delta = 0.5\text{mm}$. Deformada $\times 100$.

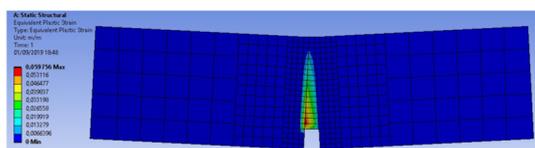


Figura 11. Mapa de deformaciones plásticas para $\delta = 0.5\text{mm}$. Deformada $\times 100$.

4 ENSAYOS NUMÉRICOS EN VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO

Posteriormente, se utilizó el modelo para reproducir numéricamente la respuesta de vigas de hormigón armado reforzadas con capas de HAPRF sometidas a flexión. La geometría, posición de cargas y apoyos utilizada responde a ensayos experimentales realizados por Al Osta et al. (2017) que se esquematizan en la Fig. 12 A. Se simularon numéricamente 3 ensayos correspondientes a las secciones transversales que se muestran en las Fig. 12 B, C y D.

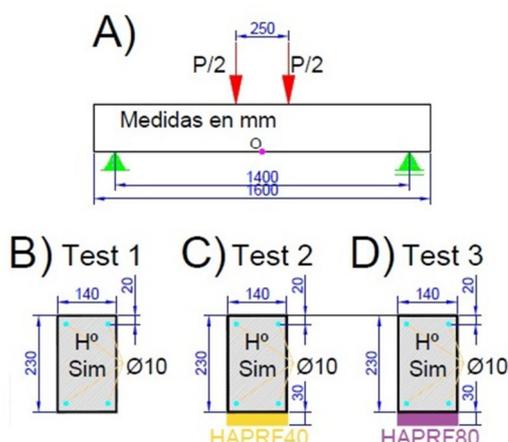


Figura 12. Ensayos de vigas de H° reforzadas con HAPRF

El Test 1 corresponde a una viga de hormigón armado. En los Test 2 y 3 se añaden a la viga del

Test 1, dos refuerzos distintos de hormigón con fibras. En la Tabla 1 se indican las propiedades de los materiales tanto de la viga como del refuerzo.

Las barras de acero utilizadas en todos los ensayos fueron de 10 mm de diámetro sus propiedades mecánicas se tomaron conforme a lo indicado en Al Osta et al. (2017). Para el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson del acero se consideraron los siguientes valores $E=240000\text{ MPa}$ y $\mu=0.3$ respectivamente. Para las barras de acero se consideró un modelo bilineal con un plafón de fluencia que se alcanza a una deformación de 0.3% y una tensión de 560 MPa.

En las Fig. 13 y 14 se aprecian la malla de elementos finitos de una de las vigas con refuerzo de fibras y la malla de las barras de acero respectivamente. Para el hormigón se utilizaron elementos sólidos hexaédricos de 27 nodos mientras que para las barras de acero se utilizaron elementos de barra de 2 nodos. El contacto entre el hormigón y el acero se estableció mediante la coincidencia de nodos de ambos elementos de tal forma que tuvieran el mismo desplazamiento. Todos los ensayos se realizaron hasta un desplazamiento vertical de los puntos de aplicación de la carga de 5mm. Este valor fue fijado para trabajar, en una primera instancia de simulaciones, con un comportamiento lineal del acero, es decir que un ningún caso se excedió la deformación del 0.3% para el mismo.

Las respuestas de las simulaciones se muestran en la Fig. 15. Los resultados numéricos obtenidos muestran la misma tendencia que los resultados experimentales que se encuentran en Al Osta et al. (2017), aunque en esta instancia del trabajo no llegó a realizarse una comparación de los mismos. En las Fig. 16 y 17 se aprecian respectivamente la deformada de la viga y de las barras de acero para un desplazamiento de 5mm del punto de aplicación de la carga en el caso del Test 3. En la Fig. 18 se presentan los mapas de deformaciones plásticas de todos los Test para un desplazamiento de 5mm del punto de aplicación de la carga.

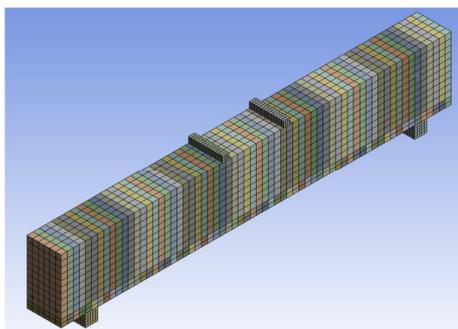


Figura 13. Malla de elementos finitos para viga

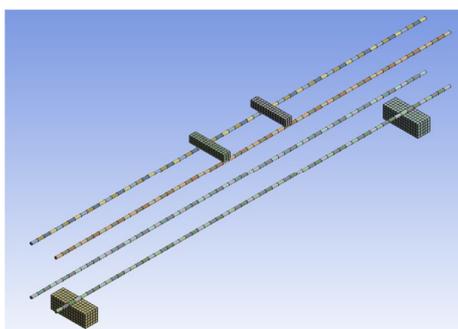


Figura 14. Malla de elementos finitos para barras.

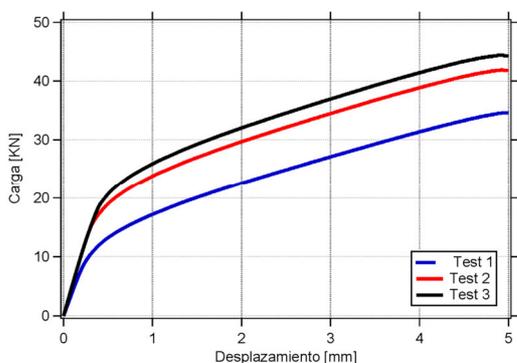


Figura 15. Respuesta de los ensayos.

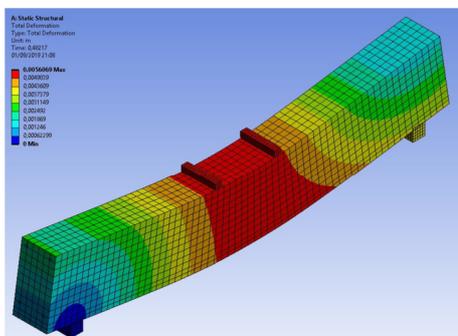


Figura 16. Deformada de la viga de Test 3 para un desplazamiento de 5 mm. Deformada x50.

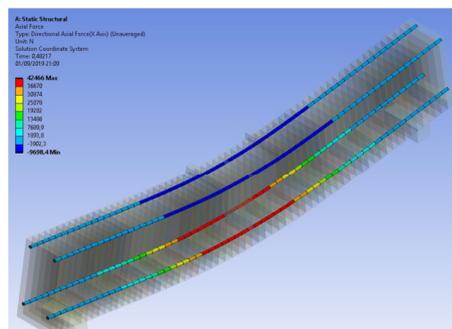


Figura 17. Deformada de las barras de Test 3 para un desplazamiento de 5 mm. Deformada x50.

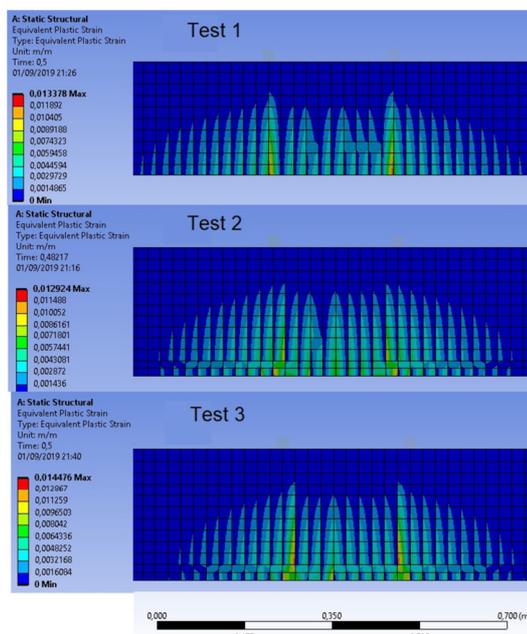


Figura 18. Mapas de deformaciones plásticas.

5 CONCLUSIONES

Los resultados de simulaciones de vigas de HAPRF ensayadas a flexión no presentan dependencia con la malla de elementos finitos.

El modelo logra reproducir el comportamiento en flexión de vigas de hormigón simple y aproxima la respuesta del HAPRF con 40 y 80 Kg/m³ de fibras.

Los refuerzos de HAPRF en vigas de hormigón armado aumentan su resistencia a flexión y el aumento es mayor cuanto mayor es el contenido de fibras.

6 AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen a: Asociación Cooperadora Facet-UNT y Proyecto PICT-2017-1313.

7 REFERENCIAS

Nanni A. A new tool for concrete and masonry repair. *Concrete International*, 34:9 – 43, 2012.

Tysmans T., Wozniak M., Remy O., y Vantomme J. Finite element modelling of the biaxial behaviour of high-performance fibre-reinforced cement composites (hpfrc) using concrete damaged plasticity. *Finite Elements in Analysis and Design*, 100:47 – 53, 2015.

Yu R., Spiesz P., y Brouwers H. Development of ultra-high performance fibre reinforced concrete (uhpfr): Towards an efficient utilization of binders and fibres. *Construction and Building Materials*, 79:273 – 282, 2015.

Menetrey P. y Willam K. Triaxial failure criterion for concrete and its generalization. *ACI Structural Journal*, 92:311–318, 1995.

Isla F., Luccioni B., Ruano G., Torrijos M., Morea F., Giaccio G., y Zerbino R. Mechanical response of fiber reinforced concrete overlays over asphalt concrete substrate: Experimental results and numerical simulation. *Construction and Building Materials*, 93:1022 – 1033, 2015.

Luccioni B., Isla F., Codina R., Ambrosini D., Zerbino R., Giaccio G., y Torrijos M. Effect of steel fibers on static and blast response of high strength concrete. *International Journal of Impact Engineering*, 107:23 – 37, 2017.

Al-Osta M., Isa M., Baluch M., y Rahman M. Flexural behavior of reinforced concrete beams strengthened with ultra-high performance fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 134:279 – 296, 2017.

Ajuste osmótico en plántulas de *Coursetia hassleri* en respuesta a estrés salino

Fuentes, Franco J.¹; Abdala Gabriela C.¹; Nazareno, Mónica A.^{2,3}; Toselli, María E.¹ y Meloni, Diego A.¹

(1). Facultad de Agronomía y Agroindustrias – INDEAS – UNSE, Argentina.
franco.fuentes1984@gmail.com; gabyabdala@hotmail.com ; mariaetoselli@gmail.com ; melonidiego@yahoo.com.ar

(2). Facultad de Agronomía y Agroindustrias – ICQ – UNSE, Argentina
manazar2004@yahoo.com

(3). CONICET, Argentina

RESUMEN: *Coursetia hassleri* es una leguminosa nativa promisoriosa como forrajera para zonas marginales del NOA donde la salinidad es una de las principales limitantes. El objetivo del trabajo fue poner a prueba la hipótesis que *C. hassleri* se ajusta osmóticamente, mediante la síntesis de azúcares solubles y prolina. Se cultivaron hidropónicamente plántulas de 10 días de edad, en solución nutritiva de Hoagland al 25%, en condiciones de campo. Luego de 50 días, se adicionaron pulsos salinos de 10 mM de Na₂SO₄, cada 48 h hasta lograr concentraciones de 20, 40 y 60 mM. Veinte días después de alcanzada la concentración final, se determinó el contenido relativo de agua (CRA) y se cuantificaron las concentraciones de azúcares solubles y prolina. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 repeticiones y los resultados se analizaron con ANOVA y test de Tukey. El CRA se mantuvo constante en todos los tratamientos salinos, indicando que la especie se ajusta osmóticamente. La concentración de azúcares solubles se mantuvo constante en todos los tratamientos, mientras que la de prolina se incrementó más de 300% con respecto al control para la mayor concentración salina. Se concluye que *C. hassleri* realiza ajuste osmótico, mediante la síntesis de prolina.

ABSTRACT: *Coursetia hassleri* is a native legume promising as a forage for marginal areas of the NOA where salinity is one of the main constraints. The objective of the work was to test the hypothesis that *C. hassleri* adjusts osmotically, through the synthesis of soluble sugars and proline. A series of 10-day-old seedlings were hydroponically grown in 25% Hoagland nutrient solution under field conditions. After 50 days, saline pulses of 10 mM Na₂SO₄ were added, every 48 hours until reaching concentrations of 20, 40 and 60 mM. Twenty days after the final concentration was reached, the relative water content (CRA) was determined and the concentrations of soluble sugars and proline were quantified. A completely randomized experimental design with 4 replicates was used, and the results were analyzed with ANOVA and Tukey test. The CRA remained constant in all saline treatments, indicating that this species was osmotically adjusted. The concentration of soluble sugars remained constant in all treatments, while the concentration of proline increased more than 300% with respect to the control, in the highest saline concentration. It is concluded that *C. hassleri* performs osmotic adjustment, through the synthesis of proline.

Palabras claves: Ajuste osmótico - *Coursetia hassleri* - estrés salino - forrajera.

Keywords: Osmotic adjustment - *Coursetia hassleri* - salt stress - forage.

1 INTRODUCCION

Las condiciones de estrés abiótico causan grandes pérdidas para la producción agrícola en todo el mundo (Bray *et al.*, 2000). La salinidad edáfica es

uno de los estreses más importantes a nivel mundial.

En Argentina, hay aproximadamente 34 000 000 ha bajo condiciones de exceso de sal, teniendo en

cuenta sólo ambientes húmedos y zonas de regadío. Este problema es más relevante en las regiones áridas y semiáridas, donde las precipitaciones escasas y la alta demanda de evaporación causada por las altas temperaturas del aire y la baja humedad relativa, contribuyen intensamente a la salinización del suelo. Esta situación representa condiciones ecológicas extremas que reducen drásticamente la productividad de los cultivos (Viégas *et al.*, 2001; Reinoso *et al.*, 2004).

En Santiago del Estero, la salinización ha ocurrido no sólo en áreas bajo riego sino también en áreas no regadas donde se ha producido un proceso de acumulación de sales en el perfil (Prieto *et al.*, 2007).

Entre las leguminosas nativas promisorias como forrajeras para la región chaqueña se menciona a *Coursetia hassleri* (anteriormente *Coursetia caribaea*) (Burkart, 1943; Atala *et al.*, 2008; Frasinelli *et al.*, 2010). Se encuentra distribuida en zonas marginales donde la salinización de los suelos es frecuente, en el estrato arbustivo de los sistemas silvopastoriles, principalmente en los sitios más sombreados

El hecho de que, en condiciones salinas, la disponibilidad de agua para las plantas disminuye y éstas se vean obligadas a vivir en condiciones de sequía fisiológica, ha motivado el desarrollo de numerosas investigaciones encaminadas a dilucidar el efecto de la salinidad en sus relaciones hídricas (González, 2001).

Los efectos adversos de la salinidad sobre el crecimiento vegetal están asociados a la disminución del potencial hídrico del suelo, la toxicidad de los iones, el desbalance nutricional, o una combinación de estos factores (Munns y Tester, 2008).

Algunas plantas pueden mitigar estas condiciones desfavorables produciendo ajuste osmótico, que consiste en la acumulación de solutos osmocompatibles, que contribuyen a disminuir el potencial hídrico celular y mantener la turgencia. Estos solutos incluyen carbohidratos, ácidos orgánicos, aminoácidos, glicinabetaína, entre otros (Ashraf y Foolad, 2007); sin embargo, existe escasa información sobre el comportamiento fisiológico de esta especie.

El objetivo del trabajo fue poner a prueba la hipótesis que *C. hassleri* se ajusta osmóticamente,

mediante la síntesis de azúcares solubles y prolina.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para obtener las plántulas que fueron colocadas en el sistema de hidroponía, se colocaron a germinar en rollos de papel semillas de *C. hassleri* previamente escarificadas con ácido sulfúrico concentrado 98% (Toselli *et al.*, 2017). Las mismas fueron colocadas en cámara de germinación a 25 °C durante 10 días.

Para los ensayos de hidroponía se acondicionaron macetas de 5 litros con tapas de telgopor perforadas, con solución de Hoagland al 50 % (Hoagland y Arnon, 1950), a las cuales se les colocó un sistema de aireación provisto por aireadores de pecera. En cada una de las macetas se colocaron entre 13 y 15 plántulas de 10 días de edad, las cuales fueron llevadas a umbráculo.

Se registró la temperatura del aire mediante el uso de datalogger y se corrigió diariamente el nivel del agua y el pH de la solución. La solución fue renovada cada 15 días.

El Na₂SO₄ se aplicó gradualmente, a partir de los 50 días de la siembra, para evitar un shock osmótico (pulsos de 10 mM de Na₂SO₄ cada 48 horas).

Los tratamientos fueron: control (solución de Hoagland al 50%) y tres concentraciones salinas: solución de Hoagland al 50%, suplementada con 20, 40 y 60 mM Na₂SO₄. El muestreo se realizó 20 días después del último pulso salino.

Se tomó una muestra compuesta, constituida por los folíolos de todas las plantas provenientes de una maceta. A partir de esta muestra se separó el material para analizar las siguientes variables:

-Contenido Relativo de Agua (CRA):

Se determinó mediante la ecuación propuesta por Silva *et al.* (2010),

$$CRA = [(PF - PS) / (Psat - PS)] * 100$$

Donde:

PF: Peso fresco

PS: Peso del material seco en estufa, a 60°C

Psat: Peso del material saturado de agua destilada durante 24 h

-Contenido de azúcares solubles

El contenido de azúcares solubles se determinó según Dubois *et al.* (1956). Se utilizaron 0,1 g de tejido fresco para realizar la extracción con un homogeneizador, agregando 2 alícuotas de 5 ml de agua destilada, y homogenizando 30 segundos a una velocidad de 5000-8000 rpm. Luego se llevó a centrifuga durante 10 minutos a 8000 rpm, el sobrenadante se enrazó a un volumen final de 50 ml, del cual se tomó una alícuota de 0,5 ml a la cual se le añadieron 0,5 ml de solución de fenol al 5% y 2,5 ml de ácido sulfúrico concentrado. Las muestras se llevaron a baño maría por 20 minutos y luego de enfriadas, se procedió a la lectura de su absorbancia a 490 nm.

-Contenido de prolina

El contenido de prolina se determinó según Bates *et al.* (1973), sobre muestras de 0,5 g de tejido fresco provenientes de cada tratamiento. Para realizar la extracción, se utilizó la misma metodología antes descripta para azúcares solubles, siendo el solvente de extracción el ácido sulfosalicílico al 3%, y el volumen final del extracto 5 ml. Luego, de cada extracto, se tomó una alícuota de 1,3 ml y se añadieron 1,3 ml de ninhidrina ácida y 1,3 ml de ácido acético glacial. Se calentó durante 30 min a 90 °C en un baño termostático, para luego enfriar en baño de hielo y leer la absorbancia a 520 nm.

-Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 tratamientos y 4 repeticiones, siendo la unidad experimental una maceta conteniendo 15 plantas. Los resultados se analizaron con ANOVA y test de Tukey.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El incremento en las dosis salinas con Na₂SO₄ no modificó el CRA con respecto al control en ninguno de los tratamientos evaluados (Fig.1), con valores entre un 83 y 87,5%. Estos resultados indicarían que los tejidos mantuvieron su turgencia, permitiendo reforzar la hipótesis que *C. hassleri* realiza ajuste osmótico.

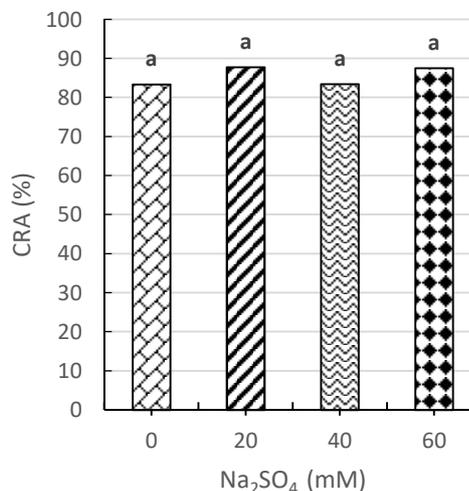


Figura 1. Contenido relativo de agua (CRA) en plantas de *C. hassleri* incubadas en solución Hoagland al 50 % y diferentes concentraciones de Na₂SO₄. Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey.

Las diferentes concentraciones salinas no generaron un incremento significativo en el contenido de azúcares solubles (Fig. 2). Estos resultados coinciden con lo encontrado en *Prosopis alba* cultivado en soluciones de NaCl (Meloni, 2017), indicando que no serían estos los metabolitos involucrados en mantener la turgencia celular para estas especies.

A diferencia de lo observado en estudios realizados en *Prosopis ruscifolia* en solución de NaCl (Meloni, 2012) y *Prosopis estrombulifera* en Na₂SO₄ (Llanes *et al.*, 2013) que demostraron un incremento en los niveles de azúcares, sugiriendo que este metabolito cumple un rol importante en el ajuste osmótico en dichas especies.

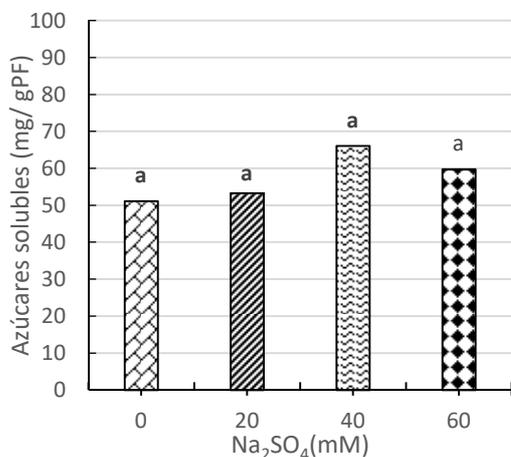


Figura 2. Contenido de azúcares solubles en plantas de *C. hassleri* incubadas en solución Hoagland al 50 % y diferentes concentraciones de Na₂SO₄. Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey.

En cuanto al contenido de prolina, éste se mantuvo constante cuando las plantas estuvieron sometidas a concentraciones salinas hasta 40 mM de Na₂SO₄, mientras que, en la mayor concentración se incrementó más de 300% con respecto al control (Fig. 3).

Bray *et al.* (2000) mostraron resultados similares, sugiriendo que las especies sintetizan prolina como mecanismo de tolerancia al estrés, permitiendo a la especie realizar ajuste osmótico. Además se demostró que niveles elevados de prolina (aproximadamente 1 M) podrían cumplir un rol importante como protector de macromoléculas y membranas celulares protegiendo su desnaturalización.

En las plantas superiores la acumulación de prolina es una respuesta metabólica común, al déficit hídrico y estrés por salinidad y ha sido objeto de numerosas revisiones (Stewart y Larher, 1980; Thompson, 1980; Stewart, 1981)

El ajuste osmótico ha sido considerado una importante adaptación fisiológica asociada con la tolerancia al estrés salino (Guo *et al.*, 2013) y los resultados encontrados en *C. hassleri* permitirían inferir que sería prolina uno de los solutos sintetizado para realizar ajuste osmótico.

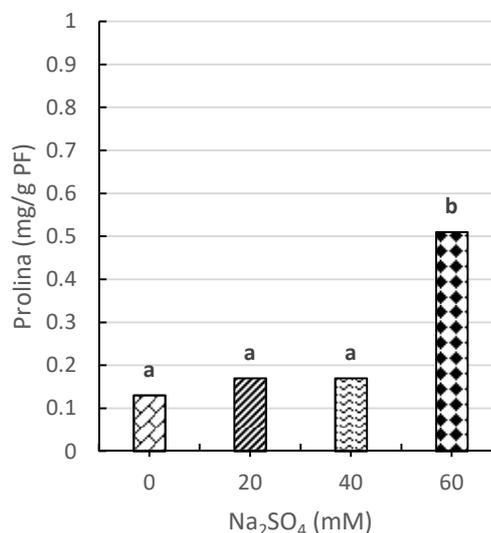


Figura 3. Contenido prolina en plantas de *C. hassleri* incubadas en solución Hoagland al 50 % y diferentes concentraciones de Na₂SO₄. Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey.

4 CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que *C. hassleri* realiza ajuste osmótico acumulando prolina, con altos CRA, lo que le permitiría mantener la turgencia celular y de este modo mitigar efectos del estrés salino sobre el crecimiento

5 REFERENCIAS

- Ashraf, M. and M.R. Foolad, Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany* 59:206-216, 2007.
- Atala, D; F. Baudo, M. A. Álvarez Igarzabal, F. Fernández y A. Medina, *Proceso y Programa de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos de la Provincia de Córdoba*. Secretaría de Ambiente de la Provincia de Córdoba. Córdoba, Argentina. 168 p. 2008.
- Bates, L.S; R.P. Waldren and I.D. Tear, Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil* 39:205-207, 1973, 1973.

- Bray, E. A.; Bailey-Serres, J. and E. Werwiltynk, Responses to abiotic stresses. Buchanan, W.; Gruissem, W. and Jones, R. (Eds.). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Am. Soc. of Plant Physiol. MD.USA,: 1158-1249. 2000.
- Burkart, A., Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. ACME Agency. Buenos Aires. Argentina, 1943.
- Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers y F. Smith, Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry 28: 350-356, 1956.
- Frasinelli, C.; H. Petruzzi, J. Meyer y J. Veneciano, Leguminosas con valor forrajero en la región extra-pampeana. Informe visita Estaciones Experimentales del Centro Regional. INTA. Argentina, 2010.
- González, L.M., Apuntes sobre la fisiología de las plantas cultivadas en condiciones salinas. Cultivos Tropicales 23 (4):47-57, 2001.
- Guo, R., J. Zhou, G. Ren y V. Han, Physiological responses of linseed seedlings to iso osmotic polyethylene glycol, salt, and alkali stresses. Agronomy Journal. 105 (3), 764-772, 2013.
- Hoagland, D.R. and D.I. Arnon, The water culture method for growing plants without soils. Cal. Agric. Exp. Stat. Circ. 374. 32 p, 1950.
- Llanes, A., G. Bertazza, G. Palacio y V. Luna, Different sodium salts cause different solute accumulation in the halophyte *Prosopis strombulifera*. Plant Biology. 15 (sup. 1), 2013.
- Meloni, D. Respuestas fisiológicas a la suplementación con calcio de plántulas de vinal (*Prosopis ruscifolia* G.) estresadas con NaCl. Revista de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo. 44 (2) 79-88, 2012.
- Meloni, D., D. González, D. Moura Silva y G. Bolzon, Relaciones hídricas. En Fisiología vegetal: Respuestas de especies leñosas al estrés salino. (Ed. Meloni D.) pp 52-82. 1a. ed. EDUNSE, 2017.
- Munns, R., and M. Tester. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 58:651-681, 2008.
- Prieto D., G. Angella, y C. Angueira, Un enfoque al problema de la salinidad en el área de riego del Río Dulce, Santiago del Estero. En “La salinización de los suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria”. Taleisnik, E.; Grunberg, K. y Santa María, G. (eds.). 1ª ed. Córdoba: EDUCC - Editorial de la Universidad Católica de Córdoba, 2007.
- Reinoso, H., L. Sosa, L. Ramírez, and V. Luna, Salt-induced changes in the vegetative anatomy of *Prosopis strombulifera* (Leguminosae). Can. J. Bot. 82: 618-628, 2004.
- Silva, E.N.; S.L. Silva and R.A. Viégas, The role of organic and inorganic solutes in the osmotic adjustment of drought-stressed *Jatropha curcas* plants. Environmental and Experimental Botany 69:279-295, 2010.
- Stewart, C.R, Proline accumulation: Biochemical aspects. In: Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants, Paleg, L.G. and Aspinall, D. (eds.) Academic Press, Sydney, pp. 243-259, 1981.
- Stewart G.R. and F. Larher, Accumulation of amino acids and related compounds in relation to environmental stress. In: The Biochemistry of Plants. Mifflin, B.J. (eds), vol. 5, Academic Press, New York, pp. 609-635, 1980.
- Thompson, J.F, Arginine synthesis, proline synthesis, and related processes. In: The Biochemistry of Plants, Mifflin, B.J. (eds.), vol. 5, Academic Press, New York, pp. 375-403, 1980.
- Toselli, M.E., R.F. Renolfi, F. Fuentes y N. Arcos, *Coursetia caribaea*, una leguminosa forrajera nativa del monte semiárido: germinación y producción de semillas. En: Aportes de la FAyA para el desarrollo agropecuario y agroindustrial del NOA. II. Cadenas de valor en sistemas pecuarios y otros trabajos. Albanesi A., Dominguez Nuñez J., Helman S., Nazareno M., Rodriguez S. (Eds). Primera Edición, UNSE, Santiago del Estero, 2017.
- Viégas, R.A., J.A.G. Silveira, A.R. Lima Júnior, J.E. Queiroz and M.J.M. Fausto, Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants, Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb. 5 216-222. 2001

Análisis de las ideas y procesos químicos aportados por Stanislao Cannizzaro para el desarrollo de la ciencia química

Galarza, Ofelia D.¹; Lema, Elvira L.¹; Guevara, Albano, M.¹; Molina Susana B¹.

(1) *Centro de Estudio de Historia de la Ciencia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca. doritagalarza.163@gmail.com*

RESUMEN: La química del siglo XIX se presenta como pionera en la organización de las ciencias, dado que es la primera disciplina que organiza un congreso internacional de especialistas en Karlsruhe, Alemania, en el año 1860. En este sentido, puede considerarse al Siglo XIX como el gran siglo de la química, plagado de controversias científicas, que contribuyeron a consolidarla como una ciencia. El propósito de este trabajo es valorar el aporte de Stanislao Cannizzaro a la ciencia química, a partir de la resolución de la controversia científica más representativa de la época, planteada entre la ley de Gay Lussac y la teoría atómica de Dalton. La metodología empleada es de carácter cualitativo. Los resultados de la investigación permiten advertir que Cannizzaro publicó una memoria titulada: "Sunto di un corso di Filosofia chimica" (1858). El resumen fue entregado, luego de una brillante exposición del mismo, a los asistentes al congreso. En su disertación Cannizzaro insistió en la distinción, antes hipotetizada por Avogadro, entre pesos moleculares y atómicos, olvidada durante medio siglo. Avogadro había muerto dos años antes. Gracias a esta intervención, se produjo en la química un avance fundamental: resolver las confusiones surgidas acerca de las masas atómicas y moleculares.

ABSTRACT: The chemistry of the nineteenth century is presented as a pioneer in the organization of science, since it is the first subject that stages an international congress of specialists in Karlsruhe, Germany, in the year 1860. According to this, the 19th century can be considered as the great century of chemistry, plagued by scientific controversies, which helped to consolidate it as a science. The purpose of this paper is to assess the contribution of Stanislao Cannizzaro to chemical science, from the resolution of the most representative scientific controversy of the time, raised between Gay Lussac's law and Dalton's atomic theory. The methodology used is of a qualitative nature. The results of the investigation allow the acknowledgment that Cannizzaro published a report entitled: "Sunto di un corso di Filosofia chimica" (1858). The summary was delivered, after a brilliant exposition on it, to the attendees of the congress. In his dissertation, Cannizzaro insisted on the distinction, previously hypothesized by Avogadro, between molecular and atomic weights, forgotten for half a century. Avogadro had died two years before. Thanks to this intervention, a fundamental advance was made in chemistry: to clarify the confusions arising about the atomic and molecular masses.

Palabras claves: Cannizzaro-Avogadro-Gay Lussac-Dalton

Keywords: Cannizzaro- Avogadro-Gay Lussac-Dalton

1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de un avance del proyecto de investigación: Análisis de las ideas y procesos químicos del siglo XIX. En esta instancia se pretende: Analizar las ideas y procesos químicos aportados por Stanislao Cannizzaro para el desarrollo de la ciencia química, determinar las influencias de estas concepciones en etapas históricas posteriores, analizar las controversias científicas emergentes

evaluando su nivel de aporte y valorar el aporte de Stanislao Cannizzaro a la conformación de la ciencia química.

1.1 Ubicación en el contexto

Durante el Siglo XIX, la teoría química sufrió un notable refuerzo de su carácter formal, por influencia próxima de los conceptos físicos en boga y más sutilmente por el influjo de la doctrina filosófica conocida con el nombre de

positivismo, que partía de la distinción, de raíz Kantiana, entre los fenómenos tal como aparecen al observador, que son científicamente comprobables, y la propia esencia de las cosas, cuyo conocimiento es imposible conseguir. Es así que, la química del siglo XIX, da una imagen de ciencia ejemplar, un modelo a imitar. Al renunciar a la química de lo absoluto, a las vanas investigaciones acerca de las causas y al circunscribir con acierto su campo a las leyes de los fenómenos, avanza a pasos agigantados. (De Broglie, 1963).

En este sentido, puede considerarse al Siglo XIX como el gran siglo de la química, aunque, plagado de controversias científicas, que, sin embargo, contribuyeron a consolidarla como una ciencia.

La controversia más representativa de la época, a decir de este trabajo, es la planteada entre la Ley de Gay Lussac y la Teoría Atómica de Dalton. Estas contradicciones fueron dialécticas y se centraron el cuerpo teórico de la química. (Mieli, 1947).

Cannizzaro, con la maestría y brillantez que caracterizaron su oratoria, fue quien resolvió este histórico litigio y aclaró las confusiones surgidas acerca de las masas atómicas y moleculares. Para hacerlo expuso la hipótesis molecular de Avogadro, quien había fallecido sin haber podido demostrar la validez de sus investigaciones. Su conferencia tuvo lugar en el Primer Congreso Internacional de Química realizado en el mes de septiembre de 1860, en Karlsruhe, una ciudad y Distrito Urbano en el suroeste de Alemania. Cerca de la frontera de Alemania con Francia. La misma quedó plasmada íntegramente en su obra maestra: el Sunto di un corso di Filosofia Chimica. (Bensaude, 1997).

1.2. *Stanislao Cannizzaro: aportes para el desarrollo de la ciencia química*

Stanislao Cannizzaro nació en Palermo el 13 de julio de 1826, era el último de los diez hijos de Mariano, un alto magistrado parlemitano, y de Anna Di Benedetto. En su ciudad natal, Cannizzaro estudió en varias instituciones docentes, inscribiéndose en 1841 en la Facultad de Medicina de la Universidad local. Sin embargo frecuentó en ésta también varios cursos de matemática y de literatura.

Stanislao Cannizzaro nació en Palermo el 13 de julio de 1826, era el último de los diez hijos de Mariano, un alto magistrado parlemitano, y de

Anna Di Benedetto. En su ciudad natal, Cannizzaro estudió en varias instituciones docentes, inscribiéndose en 1841 en la Facultad de Medicina de la Universidad local. Sin embargo frecuentó en ésta también varios cursos de matemática y de literatura.

Una profunda influencia ejerció sobre el joven estudiante el fisiólogo Michele Foderá (1792-1848), sabio verdaderamente excelente y que, habiendo trabajado muchos años en París, cuando apenas tenía 30 años fue nombrado miembro del Institut de France, injustamente está casi olvidado por los historiadores de la medicina.

No existía entonces en Palermo un laboratorio de fisiología, y los cursos consistían sólo en exposiciones orales y fue en la misma casa de Foderá donde éste inició a Cannizzaro en la búsqueda experimental, en la cual, hizo pronto algunos trabajos de relieve. Tampoco existían en la capital siciliana laboratorios de química, así fue como en su propia casa Cannizzaro debió hacer práctica en las manipulaciones químicas, cuando quiso enterarse de los principios experimentales de esta ciencia, donde más tarde llegaría a ser un maestro. En la Universidad Parlemítana había tres facultades: la de medicina, la de derecho y Teología, esto, sumado a los acontecimientos posteriores, impidieron a Cannizzaro obtener cualquier título doctoral. (Mieli, 1947).

En el mes de octubre, Cannizzaro participó en el “Settimo Congresso degli Scienziasti Italiani”, que tuvo lugar en Nápoles, hecho que determinó su vida futura.

En esa ocasión, conoció al destacado físico Macedonio Melloni (1798- 1854), entonces director, en Nápoles, del “Consevatorio delle arti e industrie”, y después del “Osservatorio meteorologico Sul Vesuvio”, no sólo éste le hizo presenciar varios de sus experimentos científicos y le dio útiles consejos acerca del empleo del método experimental, sino que le presentó a Raffaele Piria, entonces profesor de Química en la Universidad de Pisa, y éste propuso nombrarlo “preparatore” en su laboratorio. Cannizzaro aceptó y así el joven siciliano se trasladó a la mencionada ciudad Toscana, donde permaneció durante los dos años escolares 1845/6 y 1846/7.

Piria fue el verdadero maestro de Cannizzaro en lo que concierne a la Química. Durante el tiempo de su estadía en Pisa, Cannizzaro seguía los cursos de Química Inorgánica y Orgánica del maestro, le preparaba los experimentos que éste hacía en la clase, y ordenaba los apuntes que Piria

había preparado para sus exposiciones escolares. En las otras horas del día asistía a trabajos experimentales del maestro, que entonces versaban sobre sus importantes búsquedas concernientes a la salicina, la populina, la aspargina, algunos derivados de la naftalina, y varios análisis minerales. (Mieli, 1947).

Fue en Pisa también donde Cannizzaro conoció y trabó una perdurable amistad con Cesare Bertagnini, muchos trabajos fueron discutidos ampliamente por los dos jóvenes, y su colaboración y la de Piria, fue muy provechosa para la ciencia.

Un reflejo de ella se encuentra en el extenso epistolario que se conserva de los tres. (Mieli, 1947).

Además, muchas veces Cannizzaro pasaba sus vacaciones en Montignoso, en la casa de Bertagnini, donde trabajaban en un laboratorio improvisado y discutían cuestiones teóricas. Piria había trabajado bastante tiempo en el laboratorio parisiense de Dumas, los discípulos del primero habían podido adquirir un conocimiento directo, no solo de las ideas teóricas de Dumas sino también de las de Laurent, de Gerhardt, y de los otros químicos que entonces se ocupaban de cuestiones relacionadas con la teoría atómica, con las varias teorías unitarias, y con la cuestión de las fórmulas que se debían atribuir a los compuestos. Esto influyó poderosamente sobre Cannizzaro, y contribuyó al desarrollo de las ideas teóricas que encontrarán su solución con la obra del mismo. (Mieli, 1947).

Al volver a Palermo, en julio de 1847, para pasar allí las vacaciones de verano, Cannizzaro empezó a participar en los preparativos de la revolución que pronto estalló en Sicilia contra la dominación de Ferdinando II Borbone.

Cannizzaro se unió a los patriotas que quedaron en Palermo, por esta razón no regresó a Pisa, al reanudarse en noviembre el nuevo año escolar.

Fue nombrado oficial de artillería en la revolución que estalló el 12 de enero de 1848, y más tarde fue elegido diputado por Francavilla, participando así activamente en las operaciones bélicas. Sin embargo, en mayo de 1849, habiendo fracasado el movimiento revolucionario, y regresando a la isla los Borboni antes expulsados, se vio obligado a huir él también a Francia, a la tierra de la libertad.

Después de una estadía en el sur de este país, y de una breve visita a Torino, en octubre del mismo año, se estableció en París.

No permaneció allí mucho tiempo, el 3 de noviembre de 1851 regresó a Piamonte, donde en Alessandria della Paglia, fue nombrado profesor de Física, Química y Mecánica en el College Nazionale. Pudo allí disponer de un laboratorio pequeño, pero suficiente para las demostraciones en el curso y para algunos de sus trabajos personales, tuvo también un auxiliar. Entonces empezó sus trabajos sobre el alcohol benzoico.

En octubre de 1855, cuando aún no tenía 30 años, fue nombrado profesor en la Universidad de Génova. No obstante, las deficiencias que encontró en el laboratorio que le fue asignado, logró continuar muchos trabajos importantes de química orgánica. Sin embargo, no fueron éstos los de más importancia, que cumplió en aquellos años de permanencia en la ciudad de Ligur. En el año 1858, Cannizzaro publicó una memoria titulada "Sunto di un corso di Filosofia chimica" insistiendo en la distinción, antes hipotetizada por Avogadro, entre pesos moleculares y atómicos. Esta fue su obra capital, que dio a conocer en su viaje a Karlsruhe en el Congreso Internacional de químicos. En Génova permaneció hasta 1861, cuando, con la liberación de Sicilia y su unión con el reino de Italia, fue llamado a Palermo a enseñar en la Universidad de su ciudad natal.

Empezó así, un largo periodo de actividad como maestro. Cuando Roma fue conquistada por las armas italianas, se tornó la capital del reino. Cannizzaro, nombrado también "senatore", fue llamado a enseñar en la "ciudad eterna", quedando en este cargo hasta su muerte.

Cannizzaro fue un maestro de valía excepcional, según uno de sus últimos destacados discípulos, Luigi Francesconi, en el volumen Stanislaw Cannizzaro dice: ...su máxima ambición fue la de interesar por la ciencia a la juventud. Cuando sus oyentes lo seguían, tenía una gran satisfacción... (Mieli, 1947).

Fue en el laboratorio de Via Panisperna, en Roma, donde él pudo desarrollar por más largo tiempo- 40 años- y con mayor eficacia, por el número siempre creciente de estudiantes y de químicos ya doctorados, su acción en la enseñanza, en la organización de búsqueda científica original, y en la formación de nuevos destacados químicos.

En 1906, en el Congreso Internacional de Química Aplicada, que tuvo lugar en Roma, Cannizzaro actuó como presidente honorario. Allí los químicos más conocidos y sobresalientes del mundo, tuvieron el gusto y honor de oír, en el

aula del laboratorio de química una lección del gran maestro.

2 METODOLOGÍA

La metodología empleada es de carácter cualitativo con privilegio de la técnica de análisis de contenido. La selección de casos en estudio implicará el trabajo en un determinado Universo: los aportes de Stanislao Cannizzaro a la ciencia química. Se realiza un muestreo teórico con procesos progresivos y secuenciales de ampliación o reducción de la muestra según las categorías teóricas emergentes. Se utilizan técnicas de obtención y análisis de la información que comprometen el estudio de fuentes bibliográficas secundarias y terciarias.

Las fuentes bibliográficas son rastreadas e inventariadas y consisten en textos clásicos de Historia de la Química, una vez seleccionadas las fuentes bibliográficas se procede a clasificarlas, teniendo en cuenta la pertinencia para los propósitos de la investigación.

En este punto se lee en profundidad el contenido de los documentos seleccionados, para extraer elementos de análisis y consignarlos en notas marginales que registren los patrones, tendencias, convergencias y contradicciones que se van descubriendo.

Finalmente se leen en forma cruzada y comparativa los documentos en cuestión, ya no sobre la totalidad del contenido de cada uno, sino sobre los descubrimientos previamente realizados, a fin de construir una síntesis comprensiva total, sobre la realidad analizada.

Se establecen, definen y codifican categorías y subcategorías de análisis relativas a tópico y dirección de la unidad de análisis: ideas y procesos químicos aportados por Stanislao Cannizzaro para el desarrollo de la ciencia química.

A los fines de un análisis más ordenado de estas cuestiones se considera una categoría de análisis: Ideas y concepciones de Stanislao Cannizzaro sobre la constitución de la materia.

3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Ideas y concepciones de Stanislao Cannizzaro sobre la constitución de la materia

Los datos considerados y su respectivo análisis en función de la unidad de análisis propuesta llevan a caracterizar a esta etapa con la búsqueda de explicaciones que definan las confusiones de la época sobre la constitución de la materia, más específicamente entre pesos moleculares y atómicos. Con el objeto de organizar los datos aportados por esta etapa se considera una subcategoría de análisis: Ideas y concepciones de Stanislao Cannizzaro sobre la constitución de la materia.

Cannizzaro publicó una memoria titulada "*Sunto di un corso de Filosofia Chimica*"- Resumen de un curso de Filosofía Química- en 1858. El sunto nace como una carta, bajo la forma de un resumen de un curso dictado en la Universidad de Génova. Consta de ocho lecciones y expone en forma completa el pensamiento de Cannizzaro sobre la Teoría Atómica Química.

Cannizzaro escribió su primera lección, insistiendo en la distinción entre pesos moleculares y atómicos, antes hipotetizada por Avogadro y que había sido olvidada durante medio siglo. Avogadro había muerto dos años antes. En este sentido, se entiende conveniente rescatar el enunciado original de la Hipótesis de Avogadro: Las partículas que se encuentran en número igual en iguales volúmenes de gases considerados a la misma temperatura y presión, que son nuestras actuales moléculas, o moléculas integrantes como las denomina Avogadro, son a su vez compuestas por moléculas elementales, que hoy llamamos átomos. (Mieli, 1947). La Fig. 1 muestra la clásica representación de la hipótesis de Avogadro.



Figura 1: Representación de la hipótesis de Avogadro.

La hipótesis molecular de Avogadro, resolvía la controversia existente entre los resultados de Gay Lussac y la Teoría Atómica de Dalton, las similitudes y diferencias de las mismas, así como la interpretación de Avogadro, a través de su hipótesis, se aprecian en la Fig. 2.

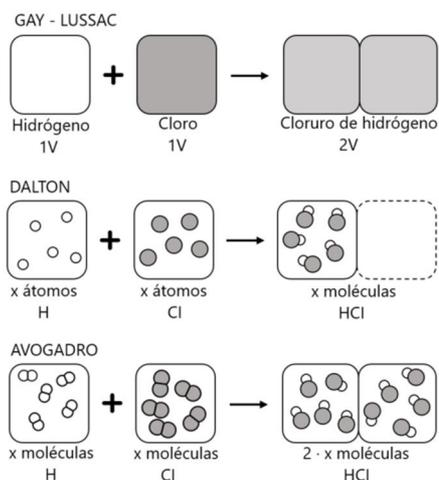


Figura 2: Representación de la resolución de la controversia entre Dalton y Gay Lussac.

Cannizzaro consideró que la hipótesis podía usarse para determinar el peso molecular de varios gases. Pudiendo él determinar la composición de varios gases a partir de su peso molecular.

Paralelamente en la Historia de la Química ocurría un evento muy significativo. El químico alemán Friederich August Kekulé propuso, a través de una carta, convocar a una conferencia de los químicos más importantes de Europa para discutir el asunto.

Carta de invitación: Este congreso no puede deliberar en nombre de todos, ni puede tomar resoluciones que deban aceptarse sin más, pero por medio de una discusión libre y minuciosa, algunos malentendidos pueden eliminarse y llegar a un común acuerdo sobre algunos de los siguientes puntos: la definición de nociones químicas importantes como las expresadas por las palabras átomos, molécula... (Mieli, 1947).

Los más prestigiosos químicos de la época respondieron a esta invitación y acudieron al Primer Congreso Internacional de Química, esta fue la primera reunión científica internacional de la Historia de la Química, se realizó en septiembre de 1860, en la ciudad de Karlsruhe, Alemania y acudieron 140 de los químicos más eminentes del mundo. Karlsruhe, es una ciudad y Distrito Urbano en el suroeste de Alemania. Cerca de la frontera de Alemania con Francia.

En el Congreso, Cannizzaro tuvo una participación que marca un antes y un después en la Historia de la Química, ofreció una brillante

conferencia sobre la hipótesis de Avogadro, describiendo la forma de usarla. Explicó la necesidad de una distinción entre átomos y moléculas.

El segundo día de reunión distribuyó entre los participantes un resumen sobre su teoría.

La primera lección, dice: ...que los progresos de la ciencia, hechos en estos últimos años, han confirmado la hipótesis molecular de Avogadro, de Ampere y de Dumas sobre la constitución semejante de las sustancias, ya sean simples o compuestas, contienen el mismo número de moléculas; pero no el mismo número de átomos, ya que las moléculas de las diversas sustancias, o de la misma sustancia en sus diversos estados, pueden contener un número de átomos diferente, ya sea de la misma o de distinta naturaleza. Para llevar a mis alumnos a la misma convicción, he querido colocarlos sobre el mismo camino que me condujo a ella, es decir, al estudio histórico de las teorías químicas... (Mieli, 1947).

En otra parte de la misma sostiene: ...con tal que, finalmente, no se haya fijado en la mente el perjuicio de que mientras las moléculas de las sustancias compuestas pueden estar constituidas por distinto número de átomos, las de las diversas sustancias simples deben tener todas un átomo o por lo menos el mismo número de átomos... (Mieli, 1947).

Luego de haber leído el folleto entregado por Cannizzaro, Lothar Meyer dijo: los velos cayeron de mis ojos, las dudas se desvanecieron y en su lugar tuve una sensación de certeza serena. (Partington, 1989).

El Sunto, apareció publicado en el Nuevo Cimento en 1859. Fue impreso en 1859 en Pisa y en 1880 volvió a publicarse en Roma. La traducción al alemán fue realizada por Lothar Meyer y se publicó en 1891. Las ideas expuestas en este folleto fueron la base de las clásicas: Teorías Modernas de Química, de Lothar Meyer, publicadas por primera vez en 1864 y es por medio de esa publicación que la mayor parte de los químicos de la época se enteraron de la hipótesis de Avogadro y de las ideas de Cannizzaro. (Partington, 1989).

4 CONCLUSIONES

Analizar de qué manera las manifestaciones acerca de las ideas sobre la materia y sus transformaciones básicas influyeron

significativamente en el nacimiento de la química como ciencia resulta sustancial para poder comprender y valorar su progreso actual. En este camino, el largo curso del esfuerzo humano para interpretar y, en cierto modo, dirigir los fenómenos de la naturaleza, muestra que las ideas fueron siempre más potentes que la simple habilidad técnica. Es por ello que resulta provechoso familiarizarse con las especulaciones del pasado en un intento por recuperar concepciones que por un momento dieron a la química un rostro, una identidad, que la contempla como heredera de un territorio cuya multiplicidad rebasa cualquier definición a priori y que impone el desafío de construir un perfil que la identifique.

En este sentido, se concluye que gracias a la intervención de Cannizzaro en el Congreso de Karlsruhe, se produjo en la química un avance fundamental que consistió en resolver las controversias surgidas acerca de las masas atómicas y moleculares. Los resultados quedaron plasmados en su obra más relevante: el *Sunto di un corso di Filosofia Chimica*. En la actualidad se emplean los conceptos de átomo y molécula, derivados de la hipótesis molecular de Avogadro, immortalizados por el brillante Stanislao Cannizzaro, quien desde una perspectiva internacional realizó la contribución más significativa a la enseñanza de la química. (Brock, 1998).

Para finalizar, se puede afirmar, desde la óptica que se manejó en esta investigación, que la Historia de la Química constituye el soporte más firme que lleva a la comprensión de los fenómenos químicos de una manera significativa y contribuye a desmitificar algunas de las afirmaciones de los libros de texto, por ejemplo, la asignación de los descubrimientos a personas, tiempo y lugar. Para ello es importante contemplar la complejidad, contexto histórico, social, político, ético y moral, que envuelven los descubrimientos. De esta manera es posible valorar el aporte de científicos casi olvidados en las lecciones actuales de Química, esto también constituye el espíritu del trabajo presentado.

5 REFERENCIAS

- Bensaude, B., Stenger, I., *Historia de la Química*, Addison Wesley Iberoamericana, Madrid, 1997.
- Brock, William H., *Historia de la Química*, Alianza Editorial, Madrid, 1998.
- De Broglie, L. *Por los senderos de la Ciencia*. Espasa Calpe. Madrid, 1963.
- Mieli, A., *La teoría Atómica Química Moderna*, Espasa Calpe, Buenos Aires, 1947.
- Partington, J. A., *Short History of Chemistry*, Dover Publications, New York, 1989.

El estudio de los minerales en la Historia de la Química: Georgius Agricola

Galarza, Ofelia D.¹; Lema, Elvira L.¹; Guevara, Albano, M.¹ y Lazarte, Silvia V.²

(1) *Centro de Estudio de Historia de la Ciencia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca. doritagalarza.163@gmail.com*

(2) *Facultad de Derecho. Universidad Nacional de Catamarca.*

RESUMEN: A partir del Siglo XV se inicia en la historia del pensamiento científico una nueva era: el investigador comienza a librarse de las ataduras que le impusiera durante siglos su alianza con la Teología. La ciega fe en la doctrina de Aristóteles o en la Biblia comienza a ceder ante la convicción de que la ciencia no es un libro cerrado. En este contexto lo que se pretende es exponer y valorar el aporte de Georgius Agricola al estudio de los minerales, sus propiedades y su clasificación. La metodología de abordaje es de carácter cualitativo. Georgius Agricola (1494-1555) fue alquimista, médico, químico y mineralogista. Fue uno de los primeros científicos que basó sus teorías en la observación en vez de la especulación. Tuvo una gran influencia en esa época con su texto "De Re Metallica", escrito en el año 1550. Además escribió un "Tratado sobre la naturaleza de los fósiles" y es considerado el padre de la mineralogía por sus descripciones de la forma de los cristales; dureza y otras propiedades minerales. Gracias a la intervención de Agricola, en la época histórica considerada, se adicionaron numerosos experimentos a los ya existentes. Los nuevos descubrimientos, de gran valor para la ciencia, fueron preparando el camino y proveyendo el material para desarrollos constructivos futuros.

ABSTRACT: From the 15th century on, a new era begun in the history of scientific thinking: the researcher begins to free himself from the ties with Theology imposed on him for centuries. The blind faith in the doctrine of Aristotle or in the Bible begins to yield to the conviction that science is not a closed book. In this context, to expose and value the contribution of Georgius Agricola to the study of minerals, their properties and their classification is intended. The methodology is qualitative. Georgius Agricola (1494-1555) was an alchemist, a doctor, a chemist and a mineralogist. He was one of the first scientists who based his theories on observation instead of speculation. He had a great influence with his text "De Re Metallica", written in the year 1550. He also wrote a "Treaty on the nature of fossils" and he is considered the father of mineralogy for his descriptions on the shape of crystals; hardness and other mineral properties. Thanks to the Agricola intervention, in such historical time, numerous experiments were added to the existing ones. The new discoveries, which were greatly valued for science, were preparing the way and providing the material for future constructive developments.

Palabras claves: Química-Minerales-Georgius Agricola

Keywords: Chemistry-minerals- Georgius Agricola

1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de un avance del proyecto de investigación: Análisis de las ideas y procesos químicos del siglo XIX. En esta instancia se pretende exponer y valorar el aporte de Georgius Agricola al estudio de los minerales, sus propiedades y su clasificación.

1.1 Ubicación en el contexto

A partir del Siglo XV se inicia en la historia del pensamiento científico una nueva era: el

investigador comienza a librarse de las ataduras que le impusiera durante siglos su alianza con la Teología. La ciega fe en la doctrina de Aristóteles

o en la Biblia comienza a ceder ante la convicción de que la ciencia no es un libro cerrado.

Las ideas químicas entre los siglos XV y XVIII en sus comienzos estuvieron marcadas por eventos y tendencias que fueron preparando las condiciones para el progreso de la especulación científica.

La fundación en casi todos los países europeos de nuevas universidades, hizo que la ciencia natural encontrara un pequeño lugar en los currículos de estas universidades. De alguna forma comenzó a gestarse lo que hoy se conoce como enseñanza de la ciencia en general y de la química en particular. Cuando la química, a través de la puerta de la medicina, logró un lugar en las universidades comenzó a ser reconocida de una manera formal como un asunto de enseñanza universitaria.

El descubrimiento de la imprenta y los avances en la misma al final del siglo XV fue un factor influyente pero en menor grado que el de las universidades.

En este contexto vivió Georg Agricola, 1494 – 1555, quien fue un médico, llamado en esa época iatroquímico, alemán que escribió varios libros sobre Mineralogía y Metalurgia. Su verdadero nombre era Georg Pawer, como lo menciona Katz (2016), siendo Agricola la latinización de su apellido; Pawer: granjero. Aunque Asimov (2010) lo nombra como Georg Bauer. En sus libros se tratan temas principalmente prácticos, describen los procesos de minería.

Se interesó en la mineralogía por su posible conexión con los fármacos. De hecho, “la conexión entre la medicina y los fármacos y la combinación médico-mineralogista fue un rasgo destacado en el desarrollo de la química durante los dos siglos y medio siguientes”. (Asimov, 2010).

Dotado de una inteligencia precoz, a los veinte años fue nombrado Rector extraordinario en la llamada: Escuela Griega de Zwickau, dedicándose a escribir sobre temas de filología. Luego de dos años, renunció para seguir estudios en Leipzig donde no sólo se

dedicó al estudio de disciplinas humanísticas sino también de Medicina, Física y Química.

En 1524 viajó a Italia donde se doctoró en Medicina. En 1527 regresó a Zwickau y fue designado Médico de la Ciudad en Joachimsthal, un centro minero y de fundición de metales. “Allí se dedicó a completar los huecos en el arte de curar y a comprobar, mediante cuidadosa observación y experimentación, lo que se había escrito sobre Mineralogía y tratamiento de los metales”. (Katz, 2016). “Agricola además escribió un Tratado sobre la naturaleza de los fósiles y es considerado el padre de la mineralogía por sus descripciones de la forma de los cristales; dureza y otras propiedades minerales. Discutió también métodos relativos a ensayos con minerales, concentración y fundición, copelación, disolución en plomo y con ácidos minerales y amalgamación con mercurio. También descubrió la producción de alumbre, vitriolo, azufre, betún y vidrio. Fue un escéptico acerca de la alquimia aunque no definió su opinión respecto a la transmutación”. (Partington, 1989).

Su trabajo más importante De Re Metallica, se publicó de forma póstuma en 1556, sirvió como libro de texto y guía a los ingenieros de mineralogía durante casi 200 años.

En el momento de su muerte, el 21 de noviembre de 1555 en Chemnitz, Georgius Agricola era burgomaestre, alcalde de la ciudad.

En el libro se reúnen todos los conocimientos prácticos que podían recogerse entre los mineros de la época. Escrito en un estilo claro y con excelentes ilustraciones de maquinaria para la minería, se popularizó rápidamente y aún en la actualidad permanece como un notable clásico de la ciencia. “De Re Metallica, Sobre Metalurgia, el más importante trabajo sobre tecnología química anterior a 1700,

estableció la mineralogía como ciencia. Cabe destacar que el libro más valioso sobre metalurgia y química aplicada anterior al de Agricola fue el del monje Theophilus, posiblemente griego, que vivió hacia el año 1000 d. de C". (Asimov, 2010)

"Su obra *De Re Metallica* fue traducida al inglés en 1912 por el futuro presidente de los Estados Unidos, Herbert Hoover, y su esposa, ambos pertenecientes a la Stanford University y miembros del Instituto Americano de Ingenieros de Minas". (Partington, 1989).

2 METODOLOGÍA

La metodología empleada es de carácter cualitativo con privilegio de la técnica de análisis de contenido. La selección de casos en estudio implicará el trabajo en un determinado Universo: Los aportes de Georgius Agricola al estudio de los minerales.

Se realiza un muestreo teórico con procesos progresivos y secuenciales de ampliación o reducción de la muestra según las categorías teóricas emergentes. Se utilizan técnicas de obtención y análisis de la información que comprometen el estudio de fuentes bibliográficas secundarias y terciarias.

Las fuentes bibliográficas son rastreadas e inventariadas y consisten en textos clásicos de Historia de la Química, una vez seleccionadas las fuentes bibliográficas se procede a clasificarlas, teniendo en cuenta la pertinencia para los propósitos de la investigación.

En este punto se lee en profundidad el contenido de los documentos seleccionados, para extraer elementos de análisis y consignarlos en notas marginales que registren los patrones, tendencias, convergencias y contradicciones que se van descubriendo.

Finalmente se leen en forma cruzada y comparativa los documentos en cuestión, ya no sobre la totalidad del contenido de cada uno, sino sobre los descubrimientos previamente realizados, a fin de construir una síntesis comprensiva total, sobre la realidad analizada.

Para ordenar el análisis se establece, define y codifica una categoría de análisis: Clasificaciones de las sustancias.

2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Clasificaciones de las sustancias

El proceso de agrupar sustancias de acuerdo a alguna característica común, que ya en el período histórico anterior se hizo presente, fue también considerado por los iatroquímicos. En este período, las agrupaciones se realizaron poniendo énfasis sobre todo en la clasificación de minerales basada en las propiedades físicas de los mismos.

Agricola, un interesado en los problemas y prácticas de la mineralogía, propone en un trabajo sobre "Naturaleza de los fósiles", una temprana clasificación de los minerales basada en las propiedades de fusibilidad, calor, olor, textura, etc. En tiempos de Agricola no había otras bases posibles, aunque con excepción de los minerales de metales y algunas sales metálicas, no existía conocimiento de la composición de rocas, minerales y sales.

"Agricola divide los minerales en:

1. Tierras, tales como arcillas, tizas, ocre, etc.
2. Piedras, las propiamente así llamadas gemas y piedras semipreciosas.
3. Jugos solidificados, sales, alumbres, vitriolos, salitre, etc.
4. Rocas, tales como el mármol, la serpentina, el alabastro, la caliza, etc. duras y no desmenuzables.
5. Metales.
6. Compuestos o mezclas". (Stillman, 1924).

Agricola da las bases fundamentales de esta clasificación de la siguiente manera:

"Los cuerpos minerales están solidificados a partir de partículas de la misma sustancia, tales como oro puro y cada partícula del cual es oro, o ellos son de diferentes sustancias tales como los terrones que consisten la tierra, piedra y metal; estos después pueden ser separados en tierra, piedra y metal y por lo tanto el primero no es una mezcla en cambio el último es llamado una mezcla..." (Stillman, 1924). Se advierte en este fragmento una idea de sustancia simple y compuesta, al considerar la formación del oro, en comparación con los terrones. Se deduce que

estos últimos se refieren al mineral y en ese caso esta sería la primera mención que diferencia de manera clara al mineral del metal.

Además Agricola considera que los componentes del supuesto mineral pueden separarse y como consecuencia constituye una mezcla. Es importante aquí la forma de caracterizar a la mezcla, el iatroquímico lo hace de igual manera que se la considera en la actualidad.

Cuando se refiere al oro hace alusión a su formación a partir de "...partículas de la misma sustancia...", lo que puede entenderse, sin temor a equivocarse, como partículas de la misma naturaleza.

"...La tierra es un cuerpo mineral simple que puede ser amasado con las manos cuando se humedecen o desde el cual el lodo se hace cuando ello ha sido mojado o humedecido. La tierra, propiamente así llamada es encontrada en vetas o filones, o frecuentemente sobre la superficie de los campos. Esta es una definición general. La tierra dura, aunque sea mezclada con agua no forma lodo, pero se torna lodo si permanece en agua por algún tiempo. Hay muchas especies de tierras alguna de las cuales tiene nombre pero otras no..." (Stillman, 1924). Cuando Agricola se refiere a que la "...tierra es un cuerpo mineral simple..." es posible que lo haga en comparación con lo descrito antes respecto a los terrones, recordemos que la tierra era uno de sus componentes. Cuando habla de la "...tierra propiamente dicha..." se advierte que está refiriéndose a lo que actualmente se conoce como tierra y con toda seguridad esta ya no es la tierra de los filósofos sino más bien un cuerpo material de existencia real y perceptible.

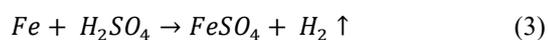
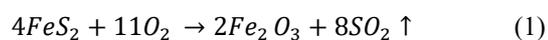
Las otras clases de tierra a las que menciona son, con mucha probabilidad, las nombradas en el punto 1 de la clasificación considerada, o sea, arcilla, tiza, etc. Si bien se infiere que la tiza, desde el conocimiento actual, no es una clase de tierra se puede suponer que en realidad la clasifica como tal por su aspecto terroso, como el de la arcilla y el de la tierra misma.

"...Los jugos solidificados son cuerpos minerales secos y un poco duros (subduros), los cuales cuando se mezclan con agua no se ablandan pero en lugar de eso se licúan; o si ellos se ablandan difieren grandemente de las tierras por su untuosidad o por el material del cual ellos consisten. No obstante ocasionalmente tienen la dureza de una piedra porque preservan la forma y naturaleza que tienen cuando son menos duros y

así pueden distinguirse fácilmente de las piedras..." (Stillman, 1924)

Esencialmente se consideran, según la clasificación, jugos solidificados a las sales de distinta naturaleza como lo son los sulfatos, nitratos, etc. Aparentemente lo que describe cuando se refiere a la mezcla de estos "jugos" con agua son las soluciones de las sales. Esto conduce a advertir la diferencia con las tierras cuando a estas últimas se les agrega agua. Además cuando dice que "...ocasionalmente tienen la dureza de una piedra..." es probable que se refiera a la formación de cristales, que como se sabe, también pueden disolverse y también pulverizarse fácilmente, por lo menos los provenientes de la mayoría de las sales conocidas en esa época. Este aspecto diferencia a las sales de las otras sustancias clasificadas tanto en el ítem 1 como en el 2 de la clasificación propuesta por Agricola. Se advierte además que a pesar de la diferencia observada en las propiedades se clasifica a las sales como cuerpos minerales.

"...Los jugos se dividen en magros y untuosos. Los jugos magros se originan de sustancias diferentes. Ellos están formados por una mezcla líquida con un componente mineral. A una clase le pertenece el verdín y herrumbre de hierro; a la otra el vitriolo y el alumbre. Los dos se obtienen a partir de la pirita la cual está caracterizada de par numeral compuesto..." (Stillman, 1924). El iatroquímico sostiene en este fragmento que los jugos provienen de la pirita, que actualmente se expresa por la fórmula: FeS_2 , de la que dice: "...está caracterizada de par numeral compuesto...". Se puede suponer aquí que hace referencia a que la mezcla está constituida por dos sustancias. Los jugos se obtienen a través de la mezcla del mineral con un líquido. En este sentido es útil recordar que cuando la pirita es calentada a $700^\circ C$ pierde azufre, y cuando se calienta en el aire quema dando óxido férrico y dióxido de azufre, tal como se expresa en la ecuación (1). El dióxido de azufre puede ser usado para producir ácido sulfúrico, como se expresa en la ecuación (2) y sulfato ferroso como se expresa en la ecuación (3), esto según la interpretación química actual.



“De las piedras, considera cuatro clases: La primera de estas no tiene nombre propio pero es llamada comúnmente piedra. En esta clase está la piedra imán o calamita, La segunda clase comprende piedras duras, transparentes u ornamentales con colores variados y maravillosos; son llamadas gemas. La tercera comprende los que son solamente brillantes que después han sido pulidos y que son usualmente llamados mármol. La cuarta comprende a los que son llamadas rocas. Ellas se encuentran en canteras desde las cuales se extraen para usarlos en edificaciones y se los coloca en varias capas. Ninguna de las rocas muestran color o puede ser pulida...” (Stillman, 1924).

Es evidente que Agricola conocía todas las clases de piedras que estaba nombrando, conocimiento que le permitía agruparlas de cuatro maneras diferentes. Es probable que haya tenido referencias acerca de las mismas, habida cuenta que en períodos anteriores, materiales como la piedra mármol, la piedra imán y en general los materiales de construcción, fueron utilizados ampliamente.

“...Los metales son cuerpos minerales por naturaleza a veces líquidos o a veces duros. Pueden ser fundidos por el calor del fuego pero cuando se enfrían reducen su volumen y pierden todo el calor volviendo a adquirir dureza y se limitan a adoptar su propia forma. En este sentido difieren de las piedras porque funden en el fuego, pero además siempre recuperan su dureza aun cuando pierden su prístina forma y propiedades...” (Stillman, 1924).

Los estados de agregación asociados a los metales, líquido y sólido hacen referencia, sin duda, tanto al mercurio como al resto de los metales. Esta sería la primera referencia al mercurio como una sustancia metálica. La propiedad que aparentemente fue determinante para decidir la inclusión o no de un metal dentro de esta categoría fue la fusibilidad. El metal por la acción del calor se transforma pero luego vuelve a adquirir su forma original. La observación además hace percibir que era distinto lo que ocurría con las piedras, ya que si bien algunas fundían, a pesar de endurecerse nuevamente, no retomaban su estado original.

La cita permite reconocer la presencia de dos clases de fenómenos: físicos y químicos. Los físicos se manifiestan a través del trabajo con los metales, mientras que los químicos aparecen relacionados con las “piedras”.

Es clara la diferencia planteada para caracterizar al metal y a las “piedras”.

Asimismo Agricola se refiere realmente al metal puro, con lo que se confirmaría lo que se dijo al comienzo de esta clasificación respecto a que los metales parecen al fin ser considerados independientemente de sus minerales.

“...Tradicionalmente hay 6 tipos diferentes de metales denominados: oro, plata, cobre, hierro, estaño y plomo. Hay otra clase que incluye al mercurio o azogue que es un metal del cual los alquimistas diferían en sus puntos de vista así como el caso del bismuto...” (Stillman, 1924).

Definitivamente el mercurio es considerado un metal, alejado totalmente de aquel mercurio de los filósofos o de los alquimistas.

Se advierte además la inclusión de otro metal de los llamados “bastardos”, actualmente semimetales, el bismuto.

“...El antimonio cuando es fundido en un crisol, y refinado resguarda sus propiedades de metal así como lo hace el plomo. Si supuestamente cuando es fundida una porción se le añade al estaño, se puede fabricar un tipo para ser usado en la impresión de libros... Cada metal tiene su propia forma la cual se preserva cuando se separa de esos metales con los cuales está mezclado...” (Stillman, 1924).

Como se mencionó anteriormente en esta discusión sobre la clasificación planteada por Agricola, la propiedad de fusibilidad aparece ligada nuevamente a la definitiva categorización de un metal, en este caso el antimonio. Además hace alusión a la aleación antimonio-estaño empleada aparentemente en la fabricación de las letras usadas en las imprentas. En la actualidad se conoce que la aleación para tipos está constituida por: Sn 5%; Pb 75%; Sb 20%. Nuevamente se hace referencia a la naturaleza distinta de cada metal y no a un origen común como se consideró a partir de los datos presentes en los dos períodos anteriores.

“...No puede considerarse que el electro y el estaño sean en sí mismo un metal real, por el contrario constituyen una mezcla de 2 metales. El electro es una mezcla de oro y plata, el estaño de plomo y plata, y además si la plata es dividida debido al electro entonces el oro queda y no el electro, si la plata se separa del oro no hay electro, tampoco hay estaño si se separa el plomo de la plata...” (Stillman, 1924).

En la cita anterior, se completa la idea, de que los metales en sí mismos y en cada caso poseen

características independientes unos de otros conservando su individualidad como elementos. Respecto al electro lo establecido es coincidente con lo que en la actualidad se conoce como aleación, ya que esta constituye una mezcla, si se separan sus componentes la mezcla deja de existir para dar lugar a los componentes que la formaron, en este caso oro y plata. En el caso del estaño, aparentemente, Agricola no lo considera un metal sino una aleación, es por eso, probablemente, que habla de él como si estuviera en realidad constituido por plata y plomo, aunque anteriormente lo había clasificado como metal.

“...Si el latón o bronce sin embargo, es encontrado con un metal nativo o no, puede ser dicho con alguna confianza. Nosotros solo conocemos del bronce o latón artificial el cual consiste de cobre teñido con el color del mineral calamita y aún no se puede desentrañar si tiene propiedades de metal. El cobre blanco y negro parece ser diferente de la clase roja. Los metales son por naturaleza siempre sólidos como ya lo había establecido o fluidos como en el caso del azogue o mercurio...” (Stillman, 1924).

No le queda claro a Agricola la diferencia entre el latón y el bronce, este último es una aleación cuyo metal principal es el cobre y que puede estar aleado con aluminio, estaño, zinc y de acuerdo a ello se lo nombra de maneras diferentes.

Por ejemplo, si es una aleación cobre-aluminio al producto se lo llama bronce de aluminio, si la aleación es cobre-zinc se la llama latón, etc. Cuando hace referencia al cobre blanco, rojo y negro, sin dudas se refiere a los compuestos del cobre como los óxidos e hidróxidos. Todas las cuestiones anteriormente ilustradas revelan la independencia en pensamiento y expresión de Agricola en la discusión de la naturaleza y origen de los metales y minerales.

El en realidad no está libre de las ideas de sus predecesores y sin embargo no se limita meramente a reiterar las frases comunes del origen de las cosas a partir del aire, agua y tierra o la hipótesis mercurio-azufre del origen de metales y minerales. En lugar de discutir estas teorías pone el énfasis en los hechos determinados por la observación y el experimento. Para su tiempo es inusualmente independiente en sus juicios y en la información proporcionada por manuales de ensayos de minerales pertenecientes a la literatura más antigua.

Para sintetizar esta extensa consideración sobre la clasificación de minerales se propone una tabla que reúne los datos analizados:

Tabla 1. Clasificación de minerales según sus propiedades

Minerales	Ejemplos	1.2 Propiedades
Tierras	Arcillas, tizas, ocre.	Pueden ser amasadas con las manos cuando se humedecen; algunas son duras.
Piedras	Imán, gemas, mármol.	Duras, transparentes, algunas brillan si se las pule, colores variados.
Jugos	Magros: verdín, herrumbre de hierro. Untuosos: alumbre, vitriolo.	Secos y poco duros. Untuosos.
Rocas	Alabastro, caliza.	No muestran calor, no se pulen, son duras.
Metales	Oro, plata, cobre, hierro, estaño, plomo, mercurio, bismuto, antimonio.	A veces son líquidos, son duros y fusibles.
Compuestos o mezclas	Electro, bronce, estaño, aleación antimonio-estaño, tierras.	Adquieren las propiedades de los elementos que las forman.

3 CONCLUSIONES

Georgius Agricola (1494-1555) fue alquimista, médico, químico y mineralogista. Fue uno de los primeros científicos que basó sus teorías en la observación en vez de la especulación. Tuvo una gran influencia en esa época con su texto: *De Re Metallica*, escrito en el año 1550 y publicado de forma póstuma en 1556. Además escribió un *Tratado sobre la naturaleza de los fósiles* y es considerado el padre de la mineralogía por sus descripciones de la forma de los cristales; dureza y otras propiedades minerales. Para finalizar se puede afirmar, desde la perspectiva que se llevó a cabo esta investigación, que la Historia de la

Química proporciona una visión de la química que poco tiene que ver con la que los estudiantes reciben en ocasiones. Esta visión está centrada en la idea que los descubrimientos producidos por los grandes científicos de todas las épocas no fueron mágicos, sino que resultaron de un lento proceso de maduración que se desarrolló durante muchos años.

En este sentido, gracias a la intervención de Agricola, en la época histórica considerada, se adicionaron numerosos experimentos a los ya existentes, los nuevos descubrimientos, de gran valor para la ciencia, fueron preparando el camino y proveyendo el material para desarrollos constructivos futuros.

REFERENCIAS

- Asimov I., *Breve Historia de la Química*, Alianza editorial, Madrid, 2010.
- Katz, M., *Temas de Historia de la Química*, Asociación Química Argentina, Buenos Aires, 2016.
- Partington, J.R., *A Short History of Chemistry*, Dover Publications, New York, 1989.
- Stillman, J. M. *The Story of Alchemy and Early Chemistry*, Dover Publications, New York, 1924.

Coeficiente de performance de un secadero solar directo de circulación natural

García, Víctor O.¹, Bistoni, Silvia N.¹, Iriarte, Adolfo A.¹ y Rugani Ana²

(1) *Facultad de Ciencias Agrarias,, Universidad Nacional de Catamarca.*

victorgarcia958@gmail.com;

(2) *Estudiante, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca.*

anitarugani@gmail.com

RESUMEN: Los secaderos solares tienen un gran potencial en la Provincia de Catamarca debido a sus altos valores de radiación solar y horas de sol. El objetivo del presente trabajo es caracterizar un secadero solar directo con circulación de aire por convección natural. El diseño es de tipo gabinete con tres estantes para colocar producto. Se analiza la cinética de secado de zanahoria en condiciones climáticas reales y se compara con los resultados obtenidos para el mismo producto en un secadero de laboratorio donde se varió la temperatura del aire interior y la velocidad de circulación del aire. Mediante un análisis de regresión se determinó una curva característica del secado y se determinó para ambos secaderos el índice de performance del secadero, IPS, que representa la capacidad de secado de un secadero. En el caso del secadero de laboratorio el valor de IPS fue de 0,972 mientras que para el secado en condiciones reales fue de 0,064. De la comparación de estos valores se considera que el diseño del secadero propuesto debe ser mejorado para optimizar el proceso de secado

ABSTRACT: Solar driers have a good potential in the Provincia de Catamarca because of its high insolation and sunshine duration. The aim of this work is characterize a direct solar drier with air circulation in natural convection. The design is cabinet type with three shelf to put the product. Drying kinetic of the carrots under real climatic conditions is analyzed and compared with the results obtained for the same product in a laboratory dryer, where the temperature of the indoor air and the speed of air circulation were varied. Through regression analysis a drying characteristic curve is determined and a dryer performance index, IPS, was defined. This index represented drying capability of a given dryer system. In the case of the laboratory dryer, the IPS value was 0.972, whereas for drying under real climatic conditions it was 0.064. From the comparison of these values, it is considered that the proposed dryer design must be improved to optimize the drying process.

Palabras clave: cinéticas de secado - secadero solar directo - índice de performance de secadero

Keywords: drying kinetics - direct solar dryer - dryer performance index

1 INTRODUCCION

En nuestra provincia el secado solar de frutas, en especial uva e higos, es una práctica popular que se lleva a cabo desde tiempos ancestrales. La fruta se extiende al aire libre y se seca directamente por la radiación solar. El producto obtenido por esta técnica es susceptible a contaminación lo que origina que muchas veces sean de pobre calidad. El uso de secaderos solares mejora esta situación.

Existen numerosos diseños de secaderos solares adaptables al tipo de producto y al nivel de producción. Hossain & Bala (2007) proponen un secadero túnel con convección forzada; Jairaj et al. (2009) presentan una recopilación de diferentes diseños que se han utilizado para el secado; Condorí et al. (2009) presentan un secadero indirecto a nivel industrial para el secado de hortalizas con colectores solares y cámara de secado. Para el secado de pimiento para pimentón en el NOA se han propuestos

varios diseños, desde semiindustriales a aptos para pequeños productores: secaderos tipo invernaderos (Bistoni et al., 2008), secadero mixtos con cubiertas de plástico (Bistoni et al., 2010), secadero industrial híbrido solar biomasa que permite la producción continua de pimiento desecado (Condorí et al., 2010).

Los métodos de secado influyen tanto en la calidad como en las características fisicoquímicas de los productos secos (Krokida & Maroulis, 1997), siendo la apariencia, el color y otras propiedades físicas tales como contracción y porosidad las que definen la calidad del secado.

Uno de los cambios físicos que se presenta durante el secado de alimentos es la reducción del volumen así como la pérdida de agua, lo que provoca que la estructura celular sufra tensiones, dando como resultado la disminución de las dimensiones y un cambio en la forma del alimento (Mayor & Sereno, 2004).

La mayoría de los productos deshidratados son rehidratados para su uso. Al rehidratar se pretende obtener productos que al reconstituirse adquieran lo más posible sus características iniciales y que lo hagan en el menor tiempo; sin embargo este proceso se ve influenciado, entre otros, por las condiciones del secado. Por lo tanto, la rehidratación puede considerarse como una medida del daño causado en el material por el secado (Bilbao-Sainz et al., 2005).

El propósito de este trabajo fue evaluar un secadero solar con convección natural en el secado de zanahoria, determinando el índice de performance del secadero, IPS, y estudiar el comportamiento del producto deshidratado durante la rehidratación

2 MATERIALES Y METODOS

El secadero construido en la estación experimental de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Sumalao, Valle Viejo Catamarca, (latitud -28,48, longitud -65,63), consta de dos módulos acoplados entre sí. Cada módulo tiene forma de una caja prismática rectangular de 2,00 x 1,00 m de base por una altura de 0,50 m. El cerramiento lateral y el fondo están realizados con placas de superboard conformando una doble pared de 0,05 m con aislación de lana de vidrio en su parte media. La cubierta superior es de policarbonato alveolar translucido de 4 mm de espesor.

Esta caja se construyó con caños estructurales de 20 x 20 x 2 mm, unidos mediante soldadura. Está dividida en tres compartimentos iguales, separada por paredes de policarbonato transparente, en las que se realizaron tres orificios circulares de 0,10 m de diámetro, por los que circula el aire. En cada uno de estos compartimientos van colocadas las bandejas donde se coloca el producto a secar. Cada bandeja mide 1,00 x 0,60 m y están construidas con un marco metálico de caño estructural de 10 x 10 x 2 mm, que soporta una malla media sombra. El secadero, está montado sobre una estructura metálica construida con perfiles tipo I de 50 x 50 x 5 mm, de manera tal que quede inclinada 30° con respecto a la horizontal, figs. 1 y 2.



Figura 1: Vista frente y lateral del secadero



Figura 2: Vista posterior del secadero

Las dos primeras bandejas pueden ser cargadas por aberturas realizadas en la cubierta. La tercera bandeja se ingresa por la parte posterior de la caja. Tanto estas aberturas como las posteriores

poseen elementos de cierre hermético para evitar pérdidas de calor hacia el exterior y el movimiento se hace alrededor de un eje horizontal ubicado en un extremo, girando hacia arriba. Para favorecer la circulación del flujo de aire de secado, que ingresa del exterior por su parte inferior, se colocaron arriba de la cubierta trasera de cada módulo, una chimeneas construidas con tubos de PVC circulares de 0,15 m de diámetro.

La circulación del aire desde el ingreso hasta la salida del secadero se muestra en la fig. 3.

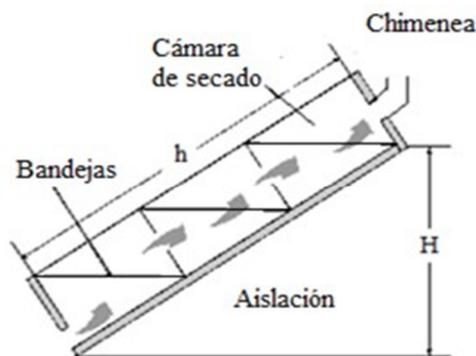


Figura 3: Esquema del secadero

Para la evaluación del secadero se utilizó zanahorias de la variedad chantenay, adquiridas en un comercio local; se cortaron manualmente en rodajas circulares de aproximadamente 5 mm de espesor y no se las sometió a ningún pretratamiento. Para determinar el contenido inicial de humedad se colocaron tres muestras en estufa a 104 °C hasta obtener peso constante y para las curvas de secado se colocaron dos muestras por cada bandeja. Cada hora se las retiró del secadero y se pesaron. Para pesar las muestras se utilizó una balanza electrónica con apreciación 0,1g. Para determinar la curva generalizada de secado y determinar el índice de performance del secadero se siguió el procedimiento propuesto por Singh y Kumar (2012). Previo a esta determinación y con el objeto de conocer valores de este índice para la zanahoria se aplicó este procedimiento mencionado anteriormente a un secadero de laboratorio, bajo condiciones controladas. A fin de determinar la curva de secado generalizada y determinar el índice de performance del secadero de laboratorio se hicieron ensayos variando la velocidad de flujo, 0, 5 m/s 1 m/s y 1,5 m/s. y para cada velocidad se hicieron las curvas para tres temperaturas 40°C, 50°C y 60° c. en este caso las rodajas de zanahoria de 5 mm de espesor

fueron seleccionadas de tal forma que su diámetro fuera aproximadamente constante y para cada experiencia se mantuvo la misma densidad por bandeja.

Después del secado, se procedió a chequear la capacidad de rehidratación de la zanahoria deshidratada. Se emplearon dos métodos para medir la rehidratación:

- Rehidratación en agua hirviendo: se tomaron aproximadamente 10 g del material seco. En un vaso de precipitación de 500 ml se colocó 150 ml de agua destilada y se puso a hervir en un calentador eléctrico tapado con un vidrio de reloj. Una vez conseguido el hervor se dejó hervir por 5 min más. Se colocó la muestra de aproximadamente 10 g dentro del vaso. Después de 7 horas se retiró la muestra, se secó con papel tisú para remover el agua superficial y se pesó. Se calculó el coeficiente de rehidratación mediante la ecuación:

$$COR = \frac{m_{rh}(100 - M_i)}{m_{sh}(100 - M_s)} \quad (1)$$

donde m_{rh} es la masa de la muestra rehidratada; M_i contenido de humedad (% base humedad) de la muestra ante de secar; m_{sh} masa seca a hidratar y M_s contenido de humedad (% base húmeda) de la masa seca (Prabhanjan et al., 1995).

También se calculó la capacidad de rehidratación, (RC, la cual expresa la habilidad del material para rehidratarse:

$$RC = \frac{m_{rh}}{m_{sh}} \quad (2)$$

donde m_{rh} es la masa de la muestra rehidratada y m_{sh} es la masa seca a ser rehidratada.

- Test de rehidratación en agua destilada a temperatura ambiente: se pesó una muestra deshidratada y se colocó dentro de un vaso de precipitación durante 240 min; la muestra se pesó a: 0,5, 1, 2, 5, 8, 10, 60,120, 240 min (Melquíades et al., 2009)

Las mediciones de temperatura del aire de entrada y salida del secadero se midieron con termopares de cobre-constantán y se usaron HOBO 4- canal thermocouple Logger, que permiten medir temperaturas en el rango de -40 °C a 75 °C (precisión de ± 0,5°C, resolución de 0,02 °C). Los sensores se ubicaron a lo largo del sistema en la dirección del flujo de aire. Los registros fueron

cada 15 minutos durante el ensayo. Los sensores se ubicaron debajo y sobre las bandejas, colocándose dos sensores por bandeja.

La radiación solar se midió con un piranómetro horizontal Kipp & Zonen ($\pm 5\%$). Las variables meteorológicas se determinaron con la estación meteorológica instalada en el lugar de la experiencia. La velocidad del aire dentro del secadero fue medida con un anemómetro de hilo caliente TSI 8345 ($\pm 0,05 \text{ m s}^{-1}$), en diferentes puntos en dirección transversal y a lo largo del colector y secadero.

En la fig. 4 se muestra el túnel de secado de laboratorio, está formado por un tubo metálico aislado de sección cuadrada de 0,31 m, cada lado. Es un sistema abierto sin recirculación del aire. El aire se calienta mediante seis resistencias eléctricas envainadas en cuarzo de 500 W cada una. Posee tres bandejas ubicadas al final del túnel. El aire del ambiente exterior es ingresado al recinto de secado, por succión mediante un ventilador centrífugo de $\frac{1}{2}$ HP (flujo de $0,041 \text{ kg s}^{-1}$) Está construido de material metálico aislado en toda su estructura. Tiene un sistema automático de control para diferentes rangos regulables de temperaturas velocidad de aire aportada por un motor trifásico de $\frac{3}{4}$ HP. El producto se coloca en tres bandejas de 0,20 m x 0,25 m colocadas en el ducto inferior.



Figura 4: Vista del túnel de secado de laboratorio

En la fig. 5 se muestra un esquema del funcionamiento del túnel de secado, el aire circula en paralelo a las bandejas

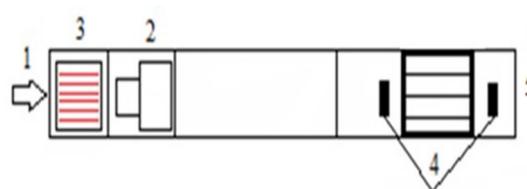


Figura 5: Esquema del funcionamiento del túnel de secado: (1) Entrada de aire; (2) Ventilador centrífugo; (3) Resistencias; (4) Medidores temperatura, humedad y control de velocidad de aire; (5) Salida de aire.

3 RESULTADOS

3.1 Análisis térmico del secadero

Los ensayos con el secadero cargado con zanahoria fueron realizados durante los días 9 al 11 de abril del presente año, en la fig. 6, se muestra los datos climáticos de temperatura, y humedad relativa. Se observa que fueron días con nublados y por consiguiente los valores de irradiancia (energía) fueron para el primer día de 18 MJ y el segundo día 15,4 MJ con nubes a la tarde y el tercer día nublado, a temperatura ambiente exterior ($T_{a,Ext}$) medida, fue una mínima de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una máxima de $36\text{ }^{\circ}\text{C}$, con humedades de entre de 35 y 93 %.

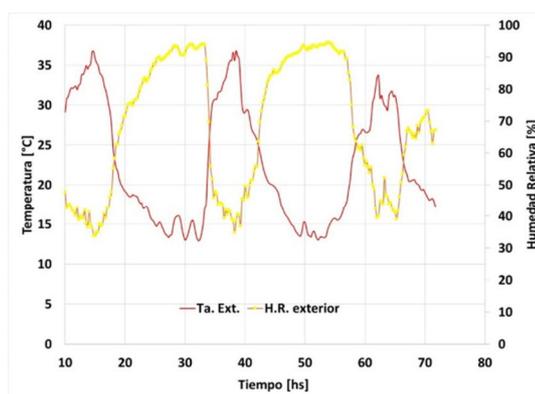


Figura 6: Temperatura, humedad relativa exterior en función del tiempo.

En la Fig. 7, se muestra las temperaturas medias durante los tres días de medición en la deshidratación de la zanahoria para las tres bandejas.

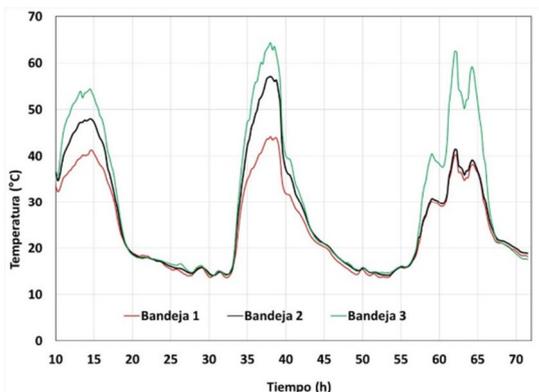


Figura 7: Temperatura promedio en las tres bandejas con productos

Se observa que las tres bandejas tiene temperaturas mínimas similares con un promedio de 15 °C durante los días de secado, y con temperaturas máximas de 44 °C, para la bandeja 1 en la parte inferior, 57 °C en la segunda, en el medio, y la tercera en la parte superior 64 °C alcanzadas en el segundo día a las 14 hs.

3.2 Cinética del secado

En la fig. 8, se muestra la curva de secado excluyendo la noche. Se grafican los promedio del contenido de humedad para cada bandeja. Como se aprecia de la figura hasta aproximadamente las cuatro horas de secado las bandejas inferior y del medio muestran el mismo comportamiento de pérdida de humedad. No así la bandeja superior que muestra un aumento en el contenido de humedad durante las primeras horas de secado. Esto se debe a que el aire que llega a esta bandeja contiene la humedad adquirida en las bandejas de abajo.

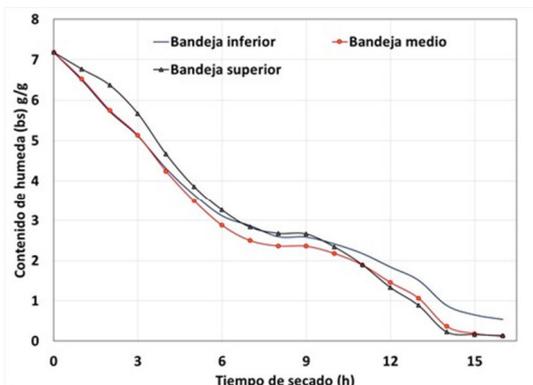


Figura 8: Curva de secado de las tres bandejas.

3.3 Rehidratación de la zanahoria

El ensayo de rehidratación se realizó por duplicado y se consideró el valor promedio para el coeficiente de rehidratación, COR, dando un valor de 0,56 y una capacidad de rehidratación de 4,14, valores próximos a los citados en bibliografía (Prabhanjan et al., 1995; Prakash et al., 2004).

En la figura se muestra el aumento en peso de la muestra deshidratada durante la hidratación. Para el test en agua a temperatura ambiente las muestras se pesaron a: 0,5, 1, 2, 5, 8, 10, 60, 120, y 240 min. La capacidad de rehidratación en agua a temperatura ambiente fue de 4,86.

La curva de rehidratación de la zanahoria exhibe el comportamiento de rehidratación característico de los vegetales: el agua es absorbida más rápidamente al inicio del proceso y luego es seguida por una absorción más lenta. La rápida absorción inicial de agua se debe al llenado de capilares en la superficie de la muestra.

Si bien durante el secado se produjo encogimiento de las muestras, la apariencia después de la rehidratación fue similar a la del material fresco.

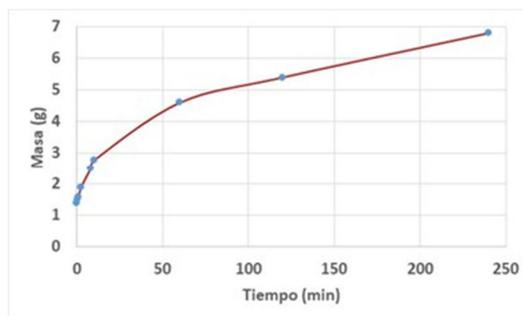


Figura 9: Rehidratación de zanahoria deshidratada solarmente

3.4 Cálculo del índice de performance del secadero

El gráfico entre el parámetro adimensional del contenido de humedad $MR = M_t/M_0$ y el tiempo de secado generan las curvas características para un dado producto bajo condiciones específicas de operación. Estas curvas se ajustan por el modelo de regresión no lineal de Henderson y Pabis, que es comúnmente utilizado para secado de hortalizas (Kavak Akpinar & Bicer, 2008).

$$MR = \frac{M_t}{M_0} = a \exp(-k * t) \quad (3)$$

Donde M_t es el contenido de humedad en base seca (bs) para el tiempo t y M_0 el inicial.

La constante de secado k obtenida por el análisis de regresión es un parámetro importante que indica la capacidad de secado del sistema producto- secadero. El valor de k que describe la curva de la cinética de secado depende de varios factores tales como que producto es, condiciones de operación, diseño de secadero. Como consecuencia la comparación del comportamiento de secaderos diferente basada en el valor de k no es recomendado. Sin embargo, el análisis de los datos experimentales obtenidos de diferentes productos y condiciones de operación demuestra que existe una fuerte correlación entre la constante de secado k y el tiempo del proceso de secado t . Se ha encontrado que más altos valores de la constantes k para un sistema producto-secadero causa procesos más rápido de secado, lo que resulta en un valor $k*t$ constante. Para cada condición de test, el producto de k y t puede expresarse en términos de un parámetro adimensional τ , $k*t = \tau$.

Posteriormente los datos experimentales relacionados a los parámetros adimensionales MR y τ son graficados. Luego se grafican todos los resultados de los test y se ajusta nuevamente mediante la regresión:

$$MR = \frac{M_t}{M_0} = \exp(-IPS * \tau) \quad (4)$$

Las curvas individuales obtenidas ajustan los datos presentados en los test a través de análisis de regresión que se conoce como curva característica de secado generalizado y el parámetro adimensional IPS , que se define como índice de performance del secadero representa la capacidad de secado de un dado sistema de secadero.

La curva característica generalizada para el secadero que se encuentra en INTA, se muestra en la fig. 10, índice de performance del secadero calculado dio $0,064 \pm 0,002$; R^2 de 0,97.

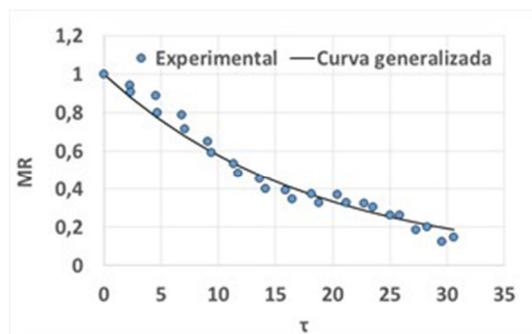


Figura 10: Curva característica generalizada para el secadero en INTA.

La curva característica generalizada para el túnel se muestra en la fig. 11, los valores obtenidos para el índice que caracteriza el performance del secadero de laboratorio de IPS = $0,972 \pm 0,016$, con un valor de ajuste $R^2 = 0,98$

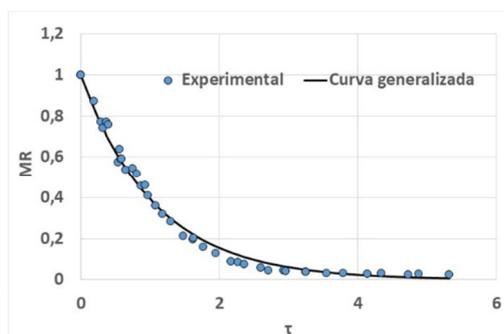


Figura 11: Curva característica generalizada para el túnel de laboratorio

4 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en estos estudios preliminares han demostrado la viabilidad del uso del secadero solar directo de circulación natural para el secado de zanahoria.

Este tipo de secador solar ofrece las ventajas de velocidad de secado más rápido, de fácil construcción, requiere muy poco mantenimiento. También, el producto tiene muy buena protección de las condiciones climáticas tanto de viento y lluvia.

Los niveles de temperatura alcanzados de aire en el interior son óptima para reducir considerablemente el tiempo de secado de diferentes productos.

Se sugiere intercambio de bandejas durante el secado y mejorar sistema de chimenea para aumentar la velocidad del aire

Como trabajos futuros se prevé el uso del calentador auxiliar en el secado de productos para determinar el rendimiento del sistema bajo distintas situaciones de carga.

5 REFERENCIAS

- Bilbao-Sainz C., Andrés A. & Pedro Fito, Hydration kinetics of dried apple as affected by drying conditions, *Journal of Food Engineering*, 68 369–376, 2005.
- Bistoni S., Iriarte A., García V. & Watkins M., Estudio de un ensayo de secado de tomate en secadero solar indirecto, *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, 2, 55- 60, 2008.
- Bistoni S., Iriarte A., Luque V. & Gómez S., Evaluación del comportamiento de un secador solar mixto para pequeños productores, *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, 2, 295- 300, 2010.
- Condorí M., durán G., vargas D. & R. Echazú, secador solar híbrido. Primeros ensayos, *avances en energías renovables y medio ambiente*, 13, 02.35- 02.42, 2009.
- Condorí M., durán G., echazú R. & G. Diaz russo, secador industrial híbrido solar- biomasa para la producción continua de pimiento deshidratado, *energías renovables y medio ambiente*, 25, 81-92, 2010.
- Hossain M.A. & B.K Bala, Drying of hot chilli using solar tunnel drier, *Solar Energy*, 81, 85-92, 2007.
- Jairaj K.S., Singh S.P. & K.Srikant, A review of solar dryers developed for grape drying, *Solar Energy*, 83, 1698-1712, 2009.
- Krokida, M.K. & Z.B. Maroulis, Effect of drying method on shrinkage and porosity. *Dry. Technol.*, Vol.15, 1145–1155, 1997.
- Mayor L.& A.M. Sereno, Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review, *Journal of Food Engineering*, 61, 373–386, 2004.
- Melquíades Y.I, López C. & Marta E. Rosas, Estudio de la Cinética de Rehidratación de Zanahoria (*Daucus Carota*) Deshidratadas, *Información Tecnológica*, 20(3), 65-72, 2009.
- Prabhanjan D.G, Ramaswamy H.S. & G.S.V.Raghavan, Microwave-assited Convective Air Drying of Thin Layer Carrots, *Journal of Food Engineering*, 25, 283-293, 1995.
- Prakash S., Jha S.K. & N. Datta, Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers, *Journal of food engineering*, 62, 305 – 313,2004.
- Kavak Akpınar E. & Bicer Y., Mathematical modelling of thin layer drying process of long Green peper in solar dryer and under open sun, *Energy Conversion and Management*, 48, 1367-1375, 2008.
- Singh S. & S. Kumar, New approach for thermal testing of solar dryer: Development of generalized drying characteristic curve, *Solar Energy*, 86, 1981 – 1991, 2012.

Modelación numérica de la falla del hormigón reforzado con fibras de acero (HRFA)

Gerez Albornoz, Marcos Eduardo¹; Vrech, Sonia M.¹

(1) *Centro de Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería (CEMNCI), Facultad de Ciencias Exactas Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. marcosgerez@gmail.com – svrech@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN: Los avances tecnológicos en el hormigón estructural permiten alcanzar grandes resistencias, pero en contraparte, el material se torna muy frágil. Una forma de contrarrestar este comportamiento es mediante la adición de fibras, en particular de acero. La principal ventaja aparece con posterioridad a la fisuración de la matriz, pues las fibras cosen las fisuras, retardando su propagación y logrando fisuras de menor tamaño, redistribuyendo los esfuerzos. El objetivo de este trabajo es estudiar y predecir el comportamiento de falla en elementos estructurales de HRFA mediante la técnica de Elementos Finitos Enriquecidos (EFEM) con un modelo constitutivo basado en la Teoría de Mezclas, considerando tres fases que intervienen: la matriz de hormigón y los mecanismos que tienen en cuenta las interacciones fibra-hormigón: deslizamiento y efecto dovela. Se analiza la discontinuidad, teniendo en cuenta su inicio y su propagación a través de la malla, mediante la singularidad del tensor acústico y la utilización de un algoritmo basado en la analogía con un problema térmico para determinar la trayectoria. Se analizan numéricamente elementos sometidos a esfuerzos de tracción, flexión y corte para validar el modelo, comparando la respuesta estructural, deformación y forma de la fractura.

ABSTRACT: The technological advances in the structural concrete allow to reach great resistances, but in counterpart, the material becomes very fragile. One way to counteract this is by adding fibers, in particular steel. The main advantage appears after the cracking of the matrix, as the fibers sew the fissures, slowing their propagation and achieving smaller cracks, redistributing the efforts. The objective of this work is to study and predict the failure behavior in structural elements made with this material by means of the Finite Enriched Elements (EFEM) technique with a constitutive model based on the Theory of Mixtures, considering three intervening phases: the matrix of concrete and the mechanisms that take into account fiber-concrete interactions: sliding and dowel effect. The discontinuity is analyzed, taking into account its start and its propagation through the mesh, through the singularity of the acoustic tensor and the use of an algorithm based on a thermal problem to determine the trajectory. Numerically analyzed elements subjected to tensile, bending and shear forces to validate the model, comparing the structural response, deformation and shape of the fracture.

Palabras claves: Hormigón – Fibras de acero – Modelo numérico - Fractura

Keywords: Concrete – Steel fibers – Numeric model - Fracture

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es conocido el efecto de la adicción de fibras para incrementar la ductilidad y el desempeño estructural de la matriz cementicia. El rol principal de las fibras acontece con la matriz fracturada evitando la propagación y apertura de las fisuras. A lo largo del tiempo diferentes estudios experimentales evidencian luego de que la matriz se fisura, que las tensiones de tracción comienzan rápidamente a decrecer,

sin embargo con la adición de un cierto volumen de fibras, éstas son capaces de mantener una capacidad de carga, evitando y retrasando la falla frágil. Sin embargo, la principal ventaja de la adicción de fibras está directamente relacionado con la capacidad de transferencia de esfuerzos a través de las fisuras.

El proceso de transferencia de esfuerzos depende de la estructura interna del compuesto y los principales factores a citar son: i) la estructura de la matriz cementicia, ii) la forma y distribución de las fibras, iii) la interacción fibra-matriz.

En las últimas décadas se incrementó el uso del HRFA para una gran variedad de elementos para obras civiles obligando al desarrollo de modelos numéricos como una herramienta de estudio y predicción del comportamiento. Existen en la literatura diversos enfoques para simular elementos de HRFA. Los modelos numéricos desarrollados pueden ser clasificados en forma general de acuerdo a como se simula la presencia de fibras ya sea distribuida o discreta.

Entre los modelos de fisura distribuida existen diferencias en la forma de considerar las fibras. En los trabajos de Peng (2000) y Caner (2013) por ejemplo, no simulan explícitamente las fibras en el volumen, sino automáticamente en los elementos atravesados por la discontinuidad. En el trabajo de Peng (2000) asume que las fibras disminuyen el daño en los elementos fisurados, mientras que en el trabajo de Caner (2013) utiliza una deformación de referencia dada por la apertura media de todas las fisuras, dentro de una cierta longitud, para activar la resistencia de las mismas. Los aportes de Radtke (2010) consideran a las fibras mediante cargas equivalentes aplicadas en los nodos de los elementos fallados, en este caso un modelo micro-mecánico proporciona el valor de la fuerza necesaria para el arrancamiento de las fibras de la matriz cementicia. En estos modelos se requiere técnicas específicas de regularización para evitar la dependencia respecto de la malla utilizada.

Entre los modelos de fisura discreta puede citarse el perteneciente a Denneman (2011) quienes modelaron la fractura utilizando un enfoque de discontinuidades embebidas. Asimismo, con una simulación discreta de las fibras, Wu (2009) definieron la fisura usando grados de libertad locales a nivel elemento, en los cuales las fuerzas y el salto en el campo de desplazamientos no era continuo a lo largo de la fisura y no eran considerados en el cálculo de la matriz de rigidez. Otro enfoque considerado en la literatura es la utilización de elementos de interface como los presentados por Caggiano (2012) y Etse (2012). En estos trabajos se utilizó la Teoría de Mezclas de Truesdell y Toupin (1960) para tener en cuenta los materiales componentes y las interacciones entre fibras y matriz cementicia, mediante los efectos de desplazamiento y dovela, razón por la cual no se simulaban explícitamente las fibras como elementos embebidos en la matriz.

En este trabajo se desarrolla un modelo constitutivo para HRFA basado en la Teoría de Mezclas de Truesdell y Toupin (1960), aplicando Elementos Finitos Enriquecidos (EFEM). Para la matriz de hormigón se considera un modelo constitutivo elastoplástico, mientras para las fibras de acero se aplican leyes cohesivas que contemplan la interacción fibra-matriz, tanto para comportamientos de deslizamiento como para el efecto dovela. La formulación constitutiva que tiene en cuenta la proporción, distribución y orientación de las fibras se implementa en un código de elementos finitos para la evaluación de elementos de HRFA sometidos a estados de carga variables y es calibrado a partir de resultados experimentales con las consideraciones:

- Técnicas de EFEM, las cuales evitan la dependencia de la solución respecto de la malla y permiten la no utilización de técnicas de regularización.
- Las fibras son simuladas como distribuidas tanto en la malla de elementos finitos como en la discontinuidad utilizando la Teoría de Mezclas de Truesdell y Toupin (1960).
- El número de grados de libertad del problema se mantiene constante e independiente de la dosificación de fibras.
- El proceso de fisuración se considera discreto.
- Se propone la utilización de un tensor constitutivo modificado que tiene en cuenta la posición y cuantía de fibra en múltiples direcciones.
- Se proponen leyes cohesivas para simular la apertura normal y tangencial de fisura, utilizando la Teoría de Mezclas, que permiten tener en cuenta el deslizamiento fibra-matriz y el efecto dovela.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la Sección N°2 se describe la formulación de elementos finitos EFEM y las consideraciones realizadas para la presencia de fibras. En la Sección N°3 se expone la condición de falla localizada y el algoritmo para el seguimiento de la discontinuidad. En la Sección N°4 el modelo constitutivo empleado para el HRFA y las leyes constitutivas empleadas en la discontinuidad. En la Sección N°5 se presenta ejemplos bajo estados

de tracción, compresión y corte y un ejemplo para mostrar la capacidad predictiva de la fisura de un ensayo de corte Push-off. Finalmente, en la Sección N°6 se enuncian las conclusiones.

2. METODO DE ELEMENTOS FINITOS ENRIQUECIDOS (EFEM)

Esta técnica de elementos finitos ha sido desarrollada especialmente para la simulación de discontinuidades en sólidos, ver Armero (1999). En este trabajo se emplea elementos enriquecidos con interpolaciones lineales de los saltos en los campos de desplazamientos normales y tangenciales debido a la presencia de la discontinuidad, identificando los modos de deformación (normal, tangencial y rotación) y capturando no sólo los movimientos de cuerpo rígido del elemento dividido, sino también una deformación relativa entre las partes del mismo debido a la discontinuidad, tal cual se puede consultar en el trabajo Gerez (2016).

2.1 Modificaciones del EFEM para simular compuestos de HRFA

Para la formulación del EFEM se plantea el equilibrio en la discontinuidad, donde se ponen en manifiesto todas las fuerzas que actúan, siendo

$$\int_{\Omega_e^h} \mathbf{G}_e^T \boldsymbol{\sigma} d\Omega - \int_{\Gamma_e^h} \mathbf{J}^T \mathbf{T}_{\Gamma \text{HRFA}} d\Gamma = 0 \quad (1)$$

Donde \mathbf{G}_e^T es el operador de equilibrio cuya función es trasladar las tensiones $\boldsymbol{\sigma}$ determinadas en los puntos de Gauss del elemento a la discontinuidad Γ_e^h integradas en el volumen Ω del elemento Ω_e^h . Mientras que \mathbf{J}^T contiene las interpolaciones relacionadas a los modos de apertura de la fisura (normal, tangencial, rotación) y $\mathbf{T}_{\Gamma \text{HRFA}}$ contiene las leyes cohesivas normales y tangenciales para simular la respuesta de la discontinuidad. En la Fig. 1 se muestra un esquema de análisis de los elementos. Para mayores detalles ver Gerez (2016).

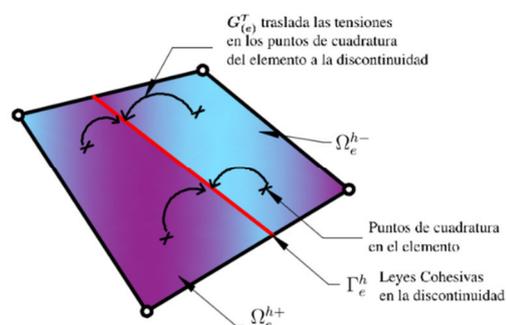


Figura 1: Elemento finito con una discontinuidad. Esquema de análisis

Teniendo en cuenta el equilibrio definido en la ecuación 1, deben considerarse además las leyes cohesivas correspondientes al comportamiento de las fibras las cuales resultan

$$\mathbf{T}_{\Gamma \text{HRFA}} = \omega_f \mathbf{T}_{\Gamma f} + (1 - \omega_f) \mathbf{T}_{\Gamma m} \quad (2)$$

siendo ω_f la proporción volumétrica de las fibras, $\mathbf{T}_{\Gamma f}$ la fuerza cohesiva desarrollada por las fibras de acero y $\mathbf{T}_{\Gamma m}$ la fuerza cohesiva de la matriz de hormigón. Los grados de libertad del problema se mantienen sin cambios y son independientes del contenido de fibras. De esta manera el EFEM sigue teniendo consistencia variacional, no hay limitaciones en la elección del elemento finito a utilizar, se respeta la cinemática propia del método, no se producen problemas tales como bloqueo de tensiones o tensiones espurias.

3. DETECCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA DISCONTINUIDAD

En esta sección se detalla las consideraciones empleadas para la detección y seguimiento de la discontinuidad a través de la malla de elementos finitos empleada. La detección de la discontinuidad se realiza a través de la singularidad del tensor acústico, mientras que el seguimiento de la discontinuidad se realiza mediante la aplicación de un algoritmo basado en un problema térmico para obtener el patrón de fisuración.

3.1 Indicador de falla localizada

El indicador de falla localizada utilizado en esta formulación consiste en la singularidad del tensor elastoplástico de localización o tensor acústico \mathbf{Q}^{ep} , ver Ottosen (1991), de acuerdo a

$$\det[Q^{ep}] = 0 \quad , \quad Q^{ep} = N \cdot E_{ep}^{HRFA} \cdot N \quad (3)$$

siendo E_{ep}^{HRFA} el tensor constitutivo elastoplástico del HRFA y N la dirección normal a la discontinuidad. Realizando el análisis numérico de la condición de falla localizada es posible obtener las direcciones críticas en las que se produce la discontinuidad.

A modo de ejemplo, se muestra los resultados obtenidos para un ensayo de tracción, compresión y corte con una proporción de fibra variable desde 0% (hormigón simple) hasta una cuantía del 4%. En la Fig. 2 se muestran los ángulos de localización para fibra orientada 30°, respecto de la horizontal. Se representa el $\det(Q^{ep})/\det(Q^e)$, donde $Q^e = N \cdot E_e^{HRFA} \cdot N$, es el tensor de localización correspondiente al material elástico, siendo E_e^{HRFA} el tensor constitutivo elástico del HRFA.

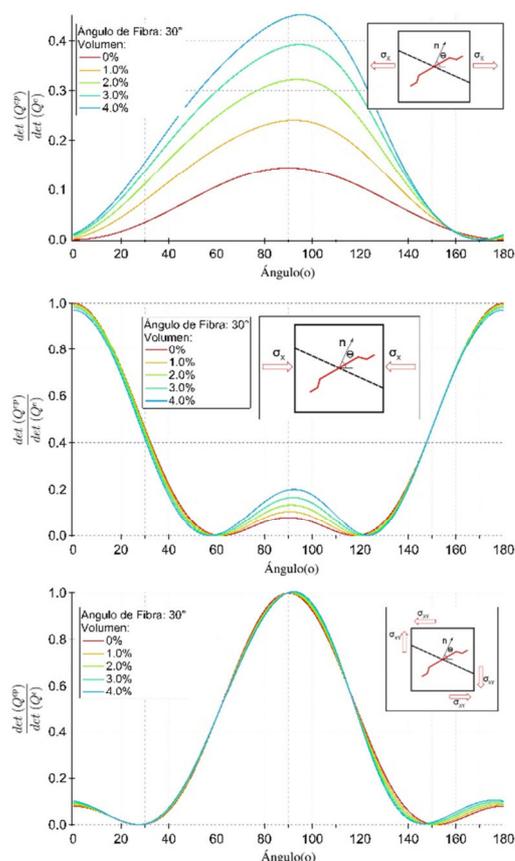


Figura 2: Ángulos críticos de localización para una probeta de HRFA con proporciones de fibra

del 0 al 4%, sometida a tracción, compresión y corte simple.

3.2 Seguimiento de la discontinuidad

Para la aplicación del EFEM es necesario determinar el camino de la discontinuidad en los elementos en base a la información obtenida en los puntos de Gauss. Para obtener la línea de discontinuidad se pueden aplicar dos procedimientos, (i) elemento a elemento: consiste en establecer de a un elemento por vez la dirección de la discontinuidad mediante, por ejemplo, un análisis de localización de la falla y a partir del primero ir trazando la trayectoria teniendo como información previa un punto de paso de la misma en el escalón de carga anterior y la dirección determinada por el análisis de localización. Es una estrategia muy eficiente y robusta con una excelente capacidad para problemas bidimensionales, Oliver (1995), (ii) seguimiento global propuesto por Oliver (2002) se basa en considerar las direcciones normales críticas obtenidas de un análisis de bifurcación discontinua y a partir de éstas crear una familia de curvas bidimensionales que representan todas las posibles direcciones de propagación de las discontinuidades y luego seleccionar aquellas que representan las condiciones del problema a resolver. Esto se realiza mediante una analogía con un problema de conducción del calor, lo que facilita la percepción del mismo. En este trabajo se aplicó este enfoque y todos los detalles de la implementación pueden consultarse en Gerez (2018).

4. MODELO CONSTITUTIVO PARA EL HRFA

Se considera al HRFA como un material compuesto por una matriz de hormigón y fibras de acero cuyo efecto se considera en el deslizamiento fibra-matriz y el efecto dovola (ver Fig. 3) considerando Teoría de Mezclas de Truesdell y Toupin (1960) que supone la igualdad de los campos cinemáticos del continuo equivalente y sus componentes en un volumen infinitesimal. A partir de esto se formula el tensor constitutivo elástico para el HRFA como

$$\mathbf{E}^{HRFA} = \omega^m \mathbf{E}^m + \omega_i^f (\mathbf{r}_i \otimes \mathbf{r}_i) \otimes (\mathbf{r}_i \otimes \mathbf{r}_i) E^f + \omega_i^f 2 [(\mathbf{r}_i \otimes \mathbf{s}_i)^s \otimes (\mathbf{r}_i \otimes \mathbf{s}_i)^s] G^f \quad (4)$$

donde ω^m y ω_i^f representan la fracción volumétrica de hormigón y fibras en la dirección i , definida a través del vector \mathbf{r}_i y su normal \mathbf{s}_i , \mathbf{E}^m es el tensor constitutivo elástico correspondiente al hormigón, E^f y G^f son los módulos de elasticidad axial y transversal de las fibras, respectivamente. Del mismo modo, las tensiones se determinan como

$$\boldsymbol{\sigma}^{HRFA} = \omega^m \boldsymbol{\sigma}^m + \omega_i^f (\sigma_{Ni}^f \mathbf{r}_i + \sigma_{Ti}^f \mathbf{s}_i). \quad (5)$$

Para la matriz de hormigón se considera un comportamiento elastoplástico siendo $\boldsymbol{\sigma}^m = \mathbf{E}^m : (\boldsymbol{\varepsilon}_e^m - \boldsymbol{\varepsilon}_p^m)$, con $\boldsymbol{\varepsilon}_e^m$ y $\boldsymbol{\varepsilon}_p^m$ son los tensores de deformación elástico y plástico, respectivamente. Se adopta un criterio de falla de Drucker-Prager parabólico y el potencial plástico, de acuerdo a

$$F(I_1, J_2) = J_2 + \alpha I_1 - k = 0 \quad (6)$$

$$F^*(I_1, J_2) = J_2 + \eta \alpha I_1 - k = 0 \quad (7)$$

Siendo I_1 y J_2 el primer y segundo invariante del tensor de tensiones respectivamente, mientras que η es el parámetro que controla la no asociatividad del modelo. Los parámetros α y k se calibran respecto a la resistencia a la tracción y compresión del hormigón f_t y f_c resultando

$$\alpha = \frac{f_c - f_t}{3} \quad \text{y} \quad k = \frac{f_c f_t}{3} \quad (8)$$

La función de carga y evolución de las tensiones disipativas puede consultarse en Vrech (2016). El comportamiento de las fibras fuera de la discontinuidad se considera elástico lineal.

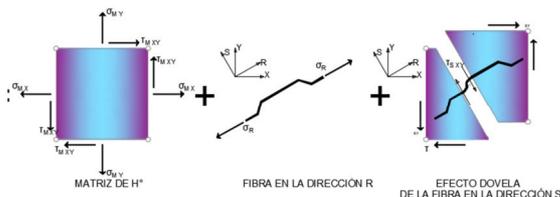


Figura 3: Modelo constitutivo del material compuesto.

4.1 Ley cohesiva para el hormigón

Para definir el aporte de la matriz cementicia en la discontinuidad se considera una ley cohesiva de tipo exponencial para la apertura normal

$$T_{\Gamma m}^N = f_t \exp(-a_n \|u_N\|), \quad (9)$$

siendo $\|u_N\|$ la apertura normal de la fisura y a_n es un parámetro que tiene en cuenta la energía de fractura. Para la ley cohesiva tangencial se utiliza una función lineal afectada por un factor de retención de corte propuesto por Suidan (1984) como

$$T_{\Gamma m}^{TG} = q_m \|u_{TG}\| \quad (10)$$

donde $\|u_{TG}\|$ es la apertura tangencial de la fractura.

4.2 Modelo de deslizamiento de las fibras

El comportamiento axial de las fibras se representa mediante una función unidimensional de tipo Rankine como

$$F^N = \sigma_N^f - \sigma_u^{pull-out} = 0. \quad (11)$$

Los parámetros necesarios para este modelo son la tensión máxima de adherencia fibra-matriz cementicia $\sigma_u^{pull-out}$, el módulo elástico de la interfaz E_i^f obtenido mediante un ensayo de pull-out (arrancamiento) y el módulo elástico de la fibra de acero E^f (consultar para más detalles Oliver (2008)). Para considerar la geometría de la fibra (ganchos, extremos, corrugadas, torsionadas, etc.) se incluye al modelo de plasticidad unidimensional un módulo de endurecimiento/ablandamiento para considerar los efectos provocados por los extremos de las fibras durante el proceso de deslizamiento. En este trabajo se considera una distribución de fibras uniforme, adoptando un módulo de endurecimiento para simular fibras con extremos de ganchos.

4.3 Efecto dovela de la fibra

Para tener en cuenta el efecto dovela que se genera entre matriz de hormigón y las fibras al aplicar una fuerza de corte, se utiliza una función de falla unidimensional. Para ello es necesario definir el módulo de elasticidad transversal G^f y una tensión límite de corte τ_y^f . La determinación de estos parámetros se basa en la analogía con el problema de una viga semi-infinita sobre una fundación elástica, El-Arris (2007). Para determinar la tensión de corte límite se utiliza la relación

$$\tau_y^f = \frac{k_{dow} d_f^2 \sqrt{f_c \sigma_f}}{A_f}, \quad (12)$$

donde d_f es el diámetro de la fibra, A_f es su sección y σ_f la tensión menor entre la tensión de interface y la fibra. Se adopta el valor de $k_{dow} = 1,27$ según los trabajos de Dulacska (1972).

5. EJEMPLOS

En esta sección se resumen los resultados obtenidos de las simulaciones numéricas del modelo propuesto. En primer lugar, se muestran los resultados del análisis de un elemento sometido a estados simples de tracción, compresión y corte. Se validan las predicciones numéricas con los datos experimentales provistos por Suwannakarn (2009) a tracción, Chern (1992) a compresión y Mirsayah (2002) a corte simple. En las Figuras 4, 5 y 6 se muestran las simulaciones de los casos citados.

Para poder mostrar la capacidad predictiva de fractura se utiliza el ensayo de corte push-off con los parámetros materiales provistos por Barragán (2002). En la Fig. 7 se muestran las dimensiones de la probeta, en la Fig. 8 se muestra la forma de la fractura del ensayo, donde se muestra la formación de la fisura principal y dos fisuras secundarias posteriores a la formación de la primera. En la Fig. 9 se muestra la malla empleada y en las Figs. 10, 11, 12, 13 y 14 la propagación de la fractura durante la simulación.

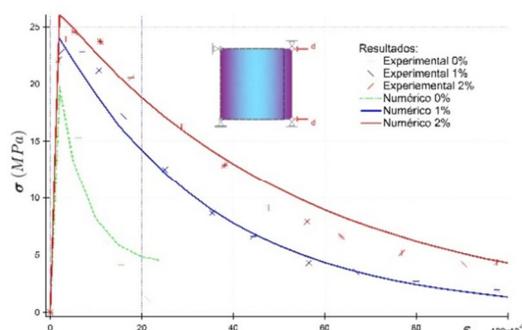


Figura 4: Resultados para compresión simple.

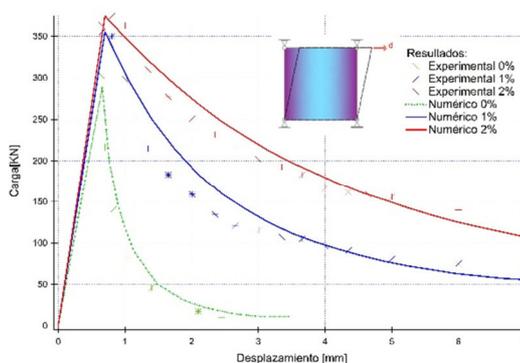


Figura 5: Resultados para corte simple.

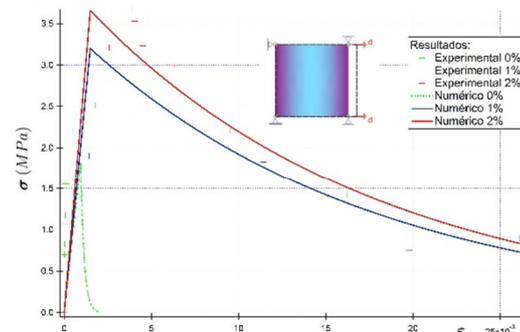


Figura 6: Resultados para tracción simple

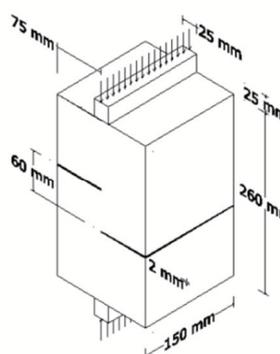


Figura 7: Ensayo Push-Off. Geometría de la probeta.

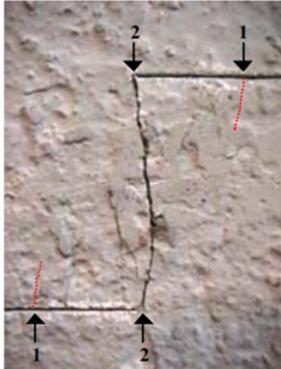


Figura 8: Forma de la fractura.

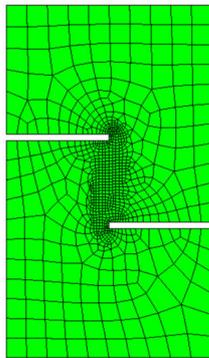


Figura 9: Malla de elementos finitos empleada.

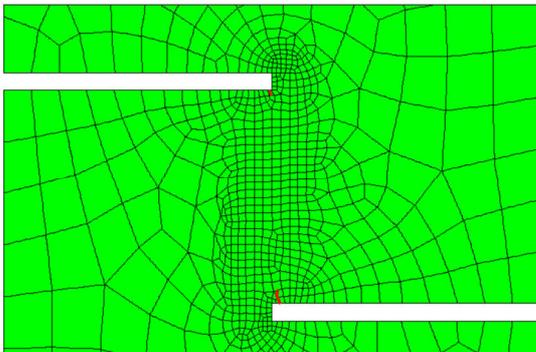


Figura 10: Inicio de Falla

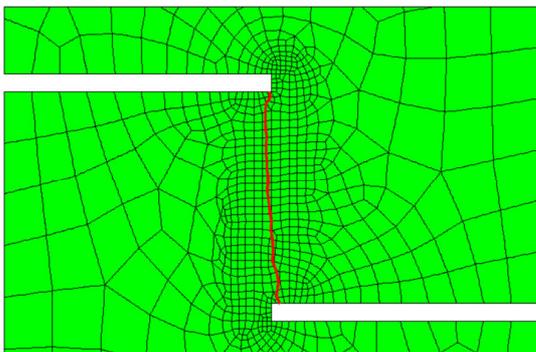


Figura 11: Propagación de la Falla

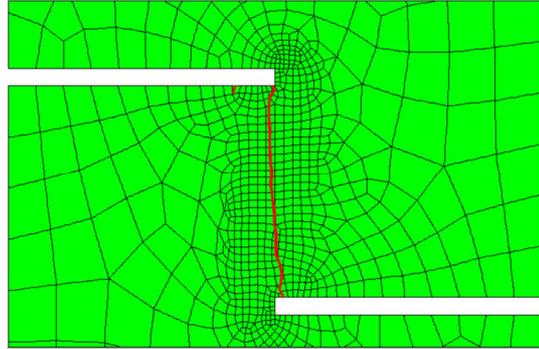


Figura 12: Propagación de la Falla

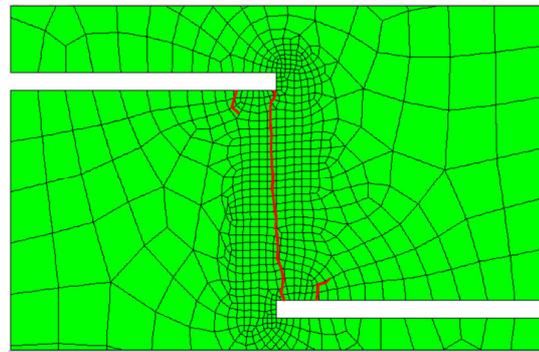


Figura 13: Propagación de la Falla

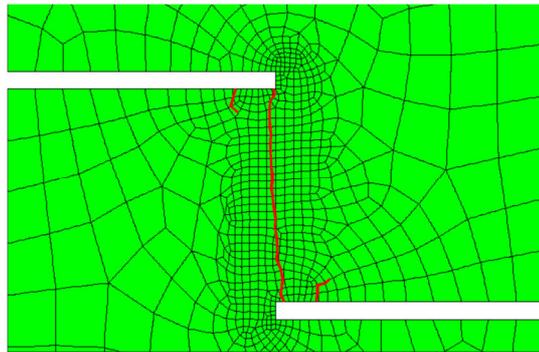


Figura 14: Estado final de la fractura

6. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta una formulación constitutiva para la simulación del comportamiento mecánico del HRFA a partir de la modificación del método EFEM.

Se utiliza la Teoría de Mezclas de Truesdell y Toupin (1960) y se considera la posibilidad de disponer las fibras en múltiples orientaciones tanto en la matriz como en la discontinuidad,

como así también aplicar en cada dirección una dada cuantía volumétrica.

El inicio y la trayectoria de la discontinuidad se basan en la condición de falla localizada y la aplicación de un algoritmo basado en el problema de la condición de calor, respectivamente muestran un gran grado de precisión y facilidad de aplicación al acoplarse junto al problema mecánico, resolviéndose simultáneamente.

El modelo simula correctamente el comportamiento mecánico de la interacción matriz- fibra considerando el deslizamiento y el efecto dovela a corte, principales mecanismos de interacción.

Los resultados numéricos presentados, muestran una gran capacidad predictiva del modelo. Los resultados obtenidos son muy buenos en términos de curvas tensión vs. deformación.

El ejemplo numérico del ensayo de corte push-off muestra una gran similitud del patrón obtenido con el experimental, el modelo logra reproducir todas las fisuras con una gran aproximación de forma y posición de las mismas.

El modelo constitutivo se comporta adecuadamente para representar el comportamiento previo y posterior a la fisura, logrando simular adecuadamente el patrón de fisuración y la respuesta en términos de curvas carga vs. desplazamiento.

REFERENCIAS

- Armero, F., Large-scale modelling of localized dissipative mechanisms in a local continuum: applications to the numerical simulation of strain localization in rate-dependent inelastic solids, *Mechanics of Cohesive-Frictional Materials*, 4, 101-131, 1999.
- Barragán, B.E., *Failure and Toughness of steel fiber reinforced concrete under tension and shear*, Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2002.
- Caggiano, A., Etse, G. and Martinelli. Zero thickness interface model formulation for failure behaviour of fiber-reinforced cementitious composites, *Computer and Structures*, 98-99(0), 23-32, 2012.
- Caner, F.C. Bazant, Z.P. y Wendner, R. Microplane model M7F for fiber reinforced concrete, *Engineering Fracture Mechanics*, 105, 41-57, 2013.
- Chern, J., Yang, H. and Chen, H. Behaviour of steel fiber-reinforced concrete uniaxial loading, *ACI Material Journal*, 89(1), 32-40, 1992.
- Denneman, E. Wu, R. Kearsley, E.P. and Visser A.T. Discrete fracture in high performance fibre reinforced concrete materials, *Engineering Fracture Mechanics*, 78(10), 2235-2245, 2012.
- Dulacska, H. Dowell action of reinforcement crossing cracks in concrete, *ACI Structural Journal*, 69(12), 754-757, 1972.
- El-Arri, B. Behaviour of beams with dowel action, *Engineering Structure*, 29(6), 899-903, 2007.
- Etse, G. Caggiano, A. y Vrech, S. Multiscale failure analysis of fiber reinforced concrete based on a discrete model, *International Journal of Fracture*, 178(1-2), 131-146, 2012.
- Gerez, M. y Vrech, S. Comportamiento del hormigón modelado mediante elementos finitos enriquecidos EFEM, *Memorias del Congreso ENIEF XXXIV*, 2567-2582, 2016.
- Gerez, M. y Vrech, S. Hormigones reforzados con fibras de acero. Modelo numérico basado en EFEM, *Memorias del Congreso MECOM XXXVI*, 2591-3522, 2018.
- Oliver, J. Continuum modelling of strong discontinuities in solid mechanics using damage models, *Computational Mechanics*, 17(1-2), 49-61, 1995.
- Oliver, J., Topics on failure mechanics, *Monograph CIMNE N°68*, Barcelona, España, 2002.
- Oliver, J. Linero, D. Huespe, A. y Manzioli, O. Two-dimensional modelling of material failure in reinforced concrete y means of a continuum strong discontinuity approach, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 197(5), 332-348, 2008.
- Ottosen, N.S. Runesson, K. Properties of discontinuous bifurcation solutions in elastoplasticity, *International Journal of Solids and Structures*, 27(4), 401-421, 1991.
- Suidan, M. Schnobrich, W. Finite element analysis of reinforced concrete, *Journal of Structural Division ASCE*, 29(2), 1-42, 1984.
- Suwannakarn, S.W., *Post-Cracking characteristics of High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites*, Tesis de doctorado, Universidad de Michigan, EEUU, 2009.
- Truesdell C. and Toupin, R., *Principles of classical mechanics and field theory*, Encyclopaedia of physics, Springer, pág 226-858, 1960.

Evaluación del Riesgo Auditivo en Salas de Atención Odontológica

Gómez Marigliano, Ana C.¹; Diaz, Walter¹

(1) Física Aplicada, Departamento de Física, INFNOA, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.
agomezmarigliano@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN: Las principales causas de la contaminación acústica son las relacionadas a las actividades humanas (transporte, construcción de edificios, obras públicas entre otras). Con una exposición prolongada a sonidos mayores a 80 dB existe el riesgo de una disminución en la capacidad auditiva. Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 70 dBA como el límite superior deseable. En el presente trabajo se analiza el nivel y distribución del ruido en las salas de Técnicas Operatorias (Planta Alta y Planta Baja) y en Clínica de Operatoria de la Facultad de Odontología de la UNT, donde está presente una de las más importantes fuentes de ruido que es el equipo utilizado por los estudiantes en sus prácticas. Las mediciones de nivel de presión sonora (NPS) se realizaron en distintas zonas de las aulas con decibelímetros de clase 2, comparando los niveles en situación de actividad plena y sin actividad. Los resultados indican niveles de ruido en las zonas medias de las aulas muy próximas al valor límite de las normativas y una composición espectral que es compatible con la pérdida de percepción auditiva en la zona del habla.

ABSTRACT: The main causes of noise pollution are those related to human activities (transport, building construction, public works among others). With prolonged exposure to sounds greater than 80 dB there is a risk of a decrease in hearing ability. A report from the World Health Organization (WHO) considers 70 dBA as the desirable upper limit. This paper analyzes the level and distribution of noise in the rooms of Operative Techniques (High Floor and Ground Floor) and in the Operating Clinic of the Faculty of Dentistry of the UNT, where one of the most important sources of noise is present which is the equipment used by students in their practices. The sound pressure level (NPS) measurements were made in different areas of the classrooms with class 2 decibels, comparing the levels in a situation of full activity and no activity. The results indicate noise levels in the middle areas of the classrooms very close to the limit value of the regulations and a spectral composition that is compatible with the loss of auditory perception in the speech area.

Palabras claves: (contaminación acústica, disminución auditiva, mapa de ruido)

Keywords: (noise pollution, hearing loss, noise map)

1. INTRODUCCION

1.1. Consideraciones iniciales

El oído necesita algo más de 16 horas de reposo para compensar 2 horas de exposición a 100 dB (discoteca ruidosa). Los sonidos de más de 120 dB (banda ruidosa de rock o volumen alto en los auriculares) pueden dañar a las células sensibles al sonido del oído interno provocando pérdidas de audición.

Una exposición prolongada al ruido puede ser nociva a largo plazo, estimándose que los individuos pueden perder alrededor del 28 % de

audición al percatarse del problema.(Setcos & Mahyuddin, 1998)

La OMS recomienda no exceder distintos niveles de ruido, de acuerdo al ámbito laboral.(Miyara, 2015).

Dentro del ámbito del trabajo de los profesionales de la salud, se han realizado estudios para determinar la exposición a distintas fuentes de ruido. (Mendoza Sánchez, Roque Sánchez, & Moncada González, 1996).

Los profesionales más expuestos al ruido son los odontoestomatólogos, cirujanos maxilofaciales, los otorrinolaringólogos, traumatólogos, cirujanos

ortopédicos, así como el personal de apoyo. (Chavez Miranda, 2006)

Los consultorios dentales, al igual que muchos otros medios laborales rebosan de aparatos y dispositivos que generan ruido. Desde hace tiempo se sabe que sonidos de una intensidad y duración determinadas pueden provocar alteraciones auditivas. (Kurmis & Apps, 2007)

Con la introducción, en las consultas dentales, a finales de los años cincuenta, de las turbinas de aire de alta velocidad, que emiten sonidos de alta frecuencia, han surgido numerosos estudios que intentan averiguar la repercusión de la exposición a estos ruidos sobre la audición y la salud en general del personal que trabaja en las consultas dentales. (Setcos & Mahyuddin, 1998)

No hay estudios concluyentes respecto a la pérdida de audición de los odontólogos ante los niveles de ruido presentes. (Ferrando K., Chirife T., 2012)

El grado de la lesión va a depender no sólo de la intensidad del ruido (dBA), de la frecuencia emitida y del tiempo de exposición (el ruido produce un efecto acumulativo), sino también de factores personales (edad, sexo, antecedentes otológicos previos, ingesta de fármacos citotóxicos). (Fuentes L, Rubio M, & Cardemil M, 2013)

La localización de las lesiones dependerá del tipo de ruido. Así, con los ruidos agudos que son los más dañinos para el oído, la lesión se localiza en la base del caracol, mientras que con los graves se localizan más cerca del vértice.

Cuando se expone el oído a estímulos sonoros de intensidad superior al fisiológico, pero de breve duración, se produce un daño funcional reversible denominado “fatiga auditiva” o sordera temporal que desaparece a las pocas horas de cesar el estímulo sonoro.

Tras la exposición a un sonido de intensidad superior a 85-90 dBA, durante mucho tiempo y de forma continua, es frecuente la aparición de una hipoacusia neurosensorial por trauma acústico crónico ya que cuando la exposición es intensa y prolongada la recuperación es cada vez más lenta, y al final se produce la muerte celular. En primer lugar, se afectan las células ciliadas externas, y si persiste el ruido se alteran las células de sostén, y posteriormente las células ciliadas internas, desintegrándose el órgano de Corti.

Si el trauma acústico es agudo, producido por un ruido instantáneo de muy elevada intensidad, por encima de los 120 dBA, puede producirse rotura del tímpano y destrucción de células ciliadas y del órgano de Corti.

La sordera permanente por ruido es neurosensorial, de origen coclear, irreversible, bilateral, de evolución lenta y progresiva. Al principio sólo se afectan las frecuencias de 4.000 Hz, conservándose las de rango conversacional, por lo que suele pasar inadvertida durante años. Hasta que no se pierde un 28 por ciento de la audición (umbral auditivo en 30 dBA) no se aprecian problemas en la comunicación.

1.2. Niveles de ruido en la Clínica dental

En la consulta dental existen multitud de aparatos que producen un sinfín de ruidos, pero sólo se han considerado potencialmente peligroso a la pieza de mano de alta velocidad activada por aire.

La pieza de mano de alta velocidad emite ruidos en el rango de las altas frecuencias y de ultrasonidos. Desde su introducción en las consultas dentales a finales de los años cincuenta, se han publicado diversos estudios intentando averiguar el grado de repercusión sobre la salud del dentista o de su personal colaborador. Hay diversos estudios que han medido los niveles de ruido de los diferentes aparatos encontrando que el funcionamiento de los diferentes aparatos (no incluido la pieza de mano de alta velocidad) en la consulta producen niveles ruidos por arriba de los 60 dBA. (Sampaio Fernandes, Carvalho, Gallas, Vaz, & Matos, 2006)

En cuanto al ruido emitido por las piezas de mano, los niveles de intensidad son muy variables, pero oscilan entre los 60 dBA y los 97 dBA en los más altos siendo los valores más habituales entre 70 y 85 dBA. El nivel sonoro aumenta entre 5 y 8 dBA con las fresas y al corte sobre el diente.

Diversos autores encuentran que el tiempo de exposición a las altas frecuencias al que se expone el dentista es pequeño e intermitente, y está por debajo de los tiempos máximos establecidos por las normas de protección. Estos tiempos varían entre los 10 minutos/día y 4 horas/día. (Setcos & Mahyuddin, 1998)

Algunos estudios valoran el distinto grado de afectación del oído izquierdo y derecho en los dentistas. Para Park, el oído derecho estaba algo

más dañado en los dentistas diestros. Sin embargo, otros autores encuentran que el oído más afectado en los dentistas diestros es el izquierdo. (Park Paul R, 1978)

Hay estudios que encuentran peores niveles de audición en dentistas con varios años de ejercicio profesional, en comparación con el nivel de audición de médicos de su misma edad, o con estudiantes de los primeros cursos de odontología. En sus audiometrías se detectaba una caída a nivel de las frecuencias de 4.000Hz, que es la frecuencia más implicada en el déficit auditivo por trauma acústico. (TAYLOR, PEARSON, & MAIR, 1965) (Zubick, Tolentino, & Boffa, 1980)

2. METODOLOGIA Y MATERIALES

2.1. Metodología

Las salas objeto de estudio pertenecen a la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Tucumán. Su construcción es relativamente nueva (15 años) y se ubica en un predio alejado de fuentes externas intensas de ruido. En ellas los estudiantes de los últimos cursos de la carrera de Odontólogo realizan prácticas con pacientes y está equipada con el instrumental necesario.

Una de ellas es la sala de Clínica de Operaciones. Parte de la disposición de mobiliario se pueden observar en las figuras 1 y 2. La otra, ubicada en dos plantas, es la sala de Técnicas Operatorias. Se puede observar la sala en pleno funcionamiento en las figuras 4 y 5.

La situación de estudio es con las salas en plena actividad donde las fuentes de ruido interno están originadas por los instrumentos y las personas, principalmente.

El Nivel de Presión Sonora (NPS) está asociado a la intensidad de una onda acústica en una zona determinada. Su unidad es el dB. El NPS puede estar ponderado de acuerdo con la sensibilidad del oído humano (ponderación A) y en este caso su unidad se indica dBA.

Para el mapa sonoro de las salas se traza una cuadrícula regular y se mide el NPS en las zonas indicadas.

Además del NPS se registraron las componentes espectrales del ruido en las salas.

2.2. Instrumental utilizado

Se utilizaron dos sonómetros diseñado de acuerdo con la norma IEC651 tipo 2, para mediciones de campo, con las siguientes características:

Rangos desde 30 dB a 130 dB a frecuencias entre 20 Hz y 8 KHz

Display LCD de cuatro dígitos con una resolución de 0,1 dB.

Filtro de ponderación Slow (S)

Calibrador para Sonómetros IEC942 tipo 2, ANSI S1.40

Se utilizó la aplicación Sound Analyzer para celular, la cual permite obtener parámetros acústicos utilizando su micrófono. Fue calibrada antes de su uso, así como los sonómetros.

3. RESULTADOS

3.1. Sala de Operaciones

La sala de clínica de operaciones tiene dimensiones de 9 m de ancho por 25 m de largo con una altura de 3,2 m. Las tres filas de boxes de trabajo están distribuidas de manera que dos filas de box dan a los laterales donde se encuentran las ventanas, quedando una fila en la parte central, como se observa en las figuras 1 y 2.

En los laterales hay ventanales con cortinas tipo roller, el cielorraso es de poliestireno expandido y el piso es de material calcáreo.



Figura 1: Parte central



Figura 2: Zona lateral

Las mediciones se realizan en los puntos indicados en el esquema de la figura 3.

De los valores medidos se observa en los boxes centrales un aumento de NPS con respecto de los valores obtenidos de los laterales.

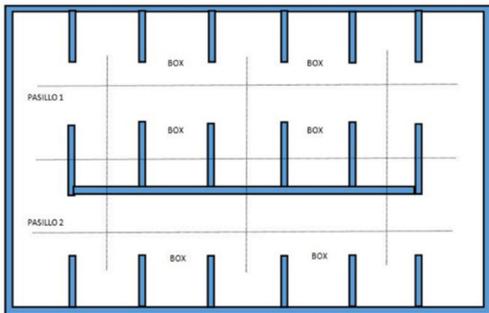


Figura 3: Plano de la Sala de Operaciones

Los resultados obtenidos indican que existe un valor promedio de NPS, con la sala en pleno funcionamiento, muy próximo al valor límite particularmente en la zona central del lugar de trabajo.

La tabla 1 indica los valores máximos y mínimos de NPS medidos en cada zona.

NPS	Máximo (dBA)	Mínimo (dBA)	Promedio (dBA)
Ruido Fondo	56,0	51,0	53,6
Pasillo 1	70,5	61,4	66,2
Pasillo 2	70,6	65,4	68,1
Box	72,4	63,3	68,9

Tabla 1. Máximos y mínimos de NPS en Clínica de Operaciones

La figura 4 muestra la distribución del NPS en el ámbito de la sala. Se observa que los valores de ruido en algunas zonas, con la sala en plena actividad, están por encima de los valores recomendados.

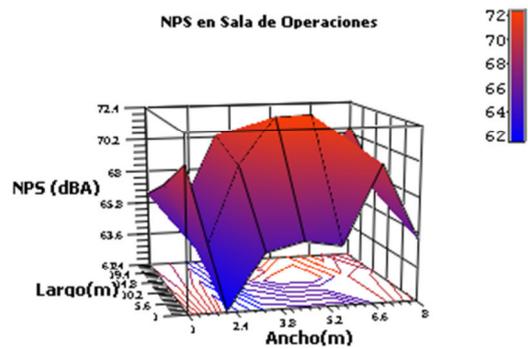


Figura 4: NPS en Clínica de Operaciones

Para comprobar la incidencia del ruido provocado por el motor de la turbina que usan los odontólogos, se mide NPS al entrar en funcionamiento y se obtiene un valor de 89dB a 20cm del instrumento. Los valores obtenidos en la cercanía de la turbina (situación usual en el odontólogo), está por encima de los valores máximos admisibles.

La composición espectral del ruido muestra que es compatible con la pérdida de percepción en la zona de la palabra. Se muestra en la figura 5.

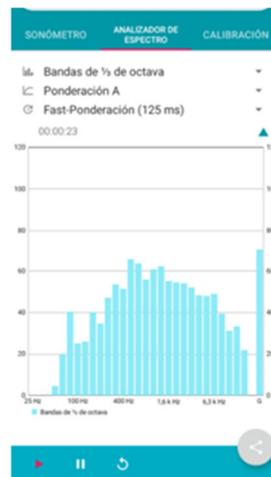


Figura 8: Espectrograma

Sala de Técnicas Operatorias - Planta Baja y Planta Alta

La planta baja es de forma rectangular de 9 m de ancho por 10 m de largo y la altura del techo es de 3,5 m. Sus paredes tienen azulejos, el piso está recubierto de cerámicos y el cielorraso construido con yeso. Figuras 9 y 10.



Figura 9: Planta baja



Figura 10: Planta alta

Las mediciones se realizan en los puntos indicados en las figuras 11 y 12.

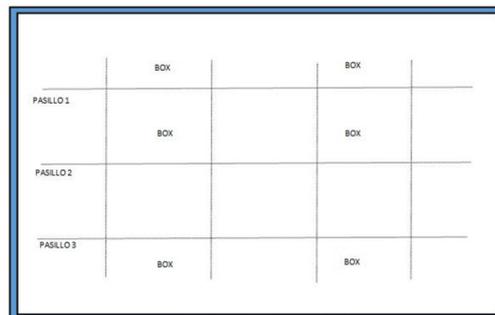


Figura 11: Plano de Técnicas Operatorias PB

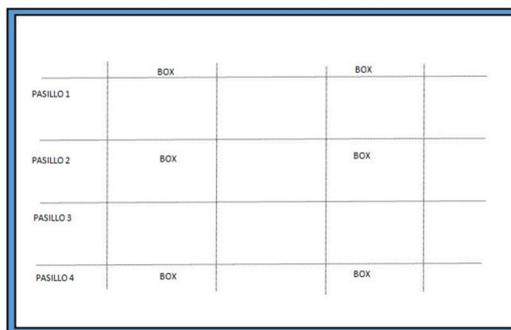


Figura 12: Plano de Técnicas Operatorias PA

Los valores máximos y mínimos de NPS en ambas salas se encuentran en las tablas 2 y 3.

NPS	Máximo (dBA)	Mínimo (dBA)	Promedio (dBA)
Ruido fondo	58,0	50,0	53,9
De pasillo 1	67,5	64,7	66,2
De pasillo 2	72,6	65,2	69,2
De pasillo 3	73,7	67,4	69,6

Tabla 2. Máximos y mínimos de NPS en Planta Baja

Ruidos	Máximo (dBA)	Mínimo (dBA)	Promedio (dBA)
De fondo	58,0	50,0	54,7
De pasillo 1	67,2	60,1	63,9
De pasillo 2	69,6	64,3	66,3

De pasillo 3	75,3	64,6	69,8
De pasillo 4	70,2	60,3	62,9

Tabla 3. Máximos y mínimos de NPS en Planta Baja de NPS en Planta Alta

Las figuras 13 y 14 muestran la distribución del NPS en los ámbitos estudiados

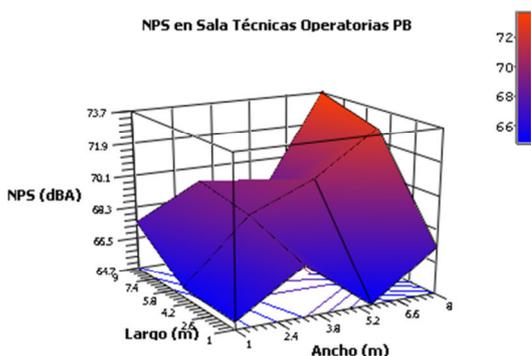


Figura 13: NPS en Sala de Técnicas Operatorias – Planta Baja

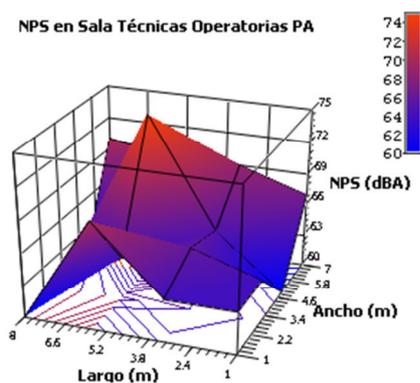


Figura 14: NPS en Sala de Técnicas Operatorias – Planta Alta

Se observa que, comparativamente, en la zona central de las salas la intensidad de sonido medida es mayor que en las zonas laterales. Por otro lado, se comprobó la calidad acústica de los paneles que separan los boxes: logran disminuir el NPS en unos 2dBA.

A 20cm del contra ángulo se midió 85dBA y el aire a presión 102 dBA, también a 20cm. La persona que trabaja muy cerca del contra ángulo y del aire a chorro, está expuesta a un NPS muy

alta. Sin embargo, a 80cm, se registra una disminución considerable de la intensidad, probablemente por la absorción de las personas y el material de los habitáculos.

4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se observa que, en los ámbitos estudiados, en plena labor se registran valores de NPS ruido próximos al valor límite recomendable en algunas zonas y en otras lo superan. Los valores obtenidos en la cercanía de la turbina (situación usual en el odontólogo), está por encima de los valores máximos admisibles. Si bien existe una distribución uniforme tanto del ruido de fondo como del ruido en presencia de personas trabajando, las instalaciones no poseen el suficiente material que pueda absorber energía acústica suficiente para llevar el NPS a niveles recomendables. En las cercanías de la turbina el NPS es muy elevado, lo que sugiere que si las personas expuestas a la misma lo soportan un tiempo prolongado deben utilizar algún elemento de protección. Para mejorar el ambiente laboral de las salas es recomendable tratar acústicamente las salas para llevar el nivel de ruido a valores razonables y realizar controles audiológicos a los estudiantes y docentes, así como mantenimiento del lugar de trabajo y del instrumental periódicamente.

5. REFERENCIAS CITADAS

- Chavez Miranda, J. R. (2006). Ruido : Efectos Sobre la Salud y Criterio de su Evaluación al Interior de Recintos. *Ciencia y Trabajo*, 20(8), 42–46.
- Ferrando K., Chirife T., J. N. (2012). Exposición a ruidos por el ejercicio profesional en docentes odontólogos. *Revista de Odontopediatría Latinoamericana*, 2, 59–67.
- Fuentes L, E., Rubio M, C., & Cardemil M, F. (2013). Pérdida auditiva inducida por ruido en estudiantes de la carrera de odontología. *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 73(3), 249–256. <https://doi.org/10.4067/S0718-48162013000300007>
- Kurmis, A., & Apps, S. (2007). Occupationally-

- Acquired Noise-Induced Hearing Loss: A Senseless Workplace Hazard. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 20(2), 127–136.
<https://doi.org/10.2478/v10001-007-0016-2>
- Mendoza Sánchez, R. S., Roque Sánchez, R. H., & Moncada González, B. (1996). Nivel de ruido en una institución hospitalaria de asistencia y docencia. *Gac. Méd. Méx*, 132(2), 127–133.
- Miyara, F. (2015). CRITERIOS SOBRE RUIDO DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Retrieved from
<https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/omsrit.htm>
- Park Paul R. (1978). Efectos del sonido sobre el dentista. *Protección Ambiental En El Consultorio Dental*, 3, 413–470.
- Sampaio Fernandes, J. C., Carvalho, A. P. O., Gallas, M., Vaz, P., & Matos, P. A. (2006). Noise levels in dental schools. *European Journal of Dental Education : Official Journal of the Association for Dental Education in Europe*, 10(1), 32–37.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0579.2006.00393.x>
- Setcos, J. C., & Mahyuddin, A. (1998). Noise levels encountered in dental clinical and laboratory practice. *The International Journal of Prosthodontics*, 11(2), 150–157. Retrieved from
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9709605>
- TAYLOR, W., PEARSON, J., & MAIR, A. (1965). THE HEARING THRESHOLD LEVELS OF DENTAL PRACTITIONERS EXPOSED TO AIR TURBINE DRILL NOISE. *British Dental Journal*, 118, 206–210.
- Zubick, H. H., Tolentino, A. T., & Boffa, J. (1980). Hearing loss and the high speed dental handpiece. *American Journal of Public Health*, 70(6), 633–635.
<https://doi.org/10.2105/AJPH.70.6.633>
- Setcos, J. C., & Mahyuddin, A. (1998). Noise levels encountered in dental clinical and laboratory practice. *The International Journal of Prosthodontics*, 11(2), 150–157. Retrieved from
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9709605>, 1998.

Actividad antirradicalaria de *Flaveria bidentis* (L) Kuntze y su relación con el contenido polifenólico

Badami, Pablo A., Barraza, Julio D., Hurtado Ferraté Sara M., Vásquez Vivas, Ana B. y González, Evangelina A.

Cátedra Química Orgánica y Biológica. Instituto Jardín Botánico. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
evagon@unse.edu.ar

RESUMEN: *Flaveria bidentis* (L) Kuntze conocida como balda es una maleza del norte Argentino utilizada por las comunidades rurales para diversos fines. Las propiedades benéficas que se le atribuyen podrían estar relacionadas con la presencia de polifenoles, capaces de inhibir o retrasar los procesos oxidativos mediados por radicales libres y es por eso que un análisis rutinario consiste en determinar la actividad antirradicalaria (AAR) y su relación con el contenido de polifenoles (PT) y flavonoides totales (FT). En este trabajo se determinó la AAR de extractos etanólicos y acuosos de *F. bidentis* mediante el método del DPPH expresándose los resultados como EC₅₀: μg de muestra seca por mL, $\mu\text{g MS/mL}$. Los PT fueron determinados por Folin-Ciocalteu utilizando Ácido Gálico como referencia, mg EAG/g MS , y los FT mediante el método del AlCl₃ utilizando Quercetina como referencia, mg EQ/g de MS . Los valores obtenidos fueron: EC₅₀: $686,01 \pm 3,39$ y $248,74 \pm 8,41 \mu\text{g MS/mL}$, PT: $11,65 \pm 0,64$ y $14,59 \pm 0,20 \text{ mg EAG/g MS}$ y FT: $12,52 \pm 0,50$ y $29,15 \pm 1,34 \text{ mg EQ/g de MS}$ para los extractos etanólicos y acuosos, respectivamente, siendo el extracto acuoso más eficiente para desactivar al radical libre correlacionándose este hecho con su mayor contenido de flavonoides totales.

ABSTRACT: *Flaveria bidentis* (L) Kuntze known as balda is an undergrowth the argentinian north used by the rural communities for various purposes. The beneficial properties attributed to it could be related to the presence of polyphenols, able to inhibit or delay oxidative processes mediated by free radicals and that is why a routine analysis consists of determining the antiradical activity (AAR) and their relationship with the content of polyphenols (PT) and total flavonoids (FT). In this work, the AAR of ethanol and aqueous extracts of *F. bidentis* was determined by the DPPH method, expressing the results as EC₅₀: μg of dry sample per mL, $\mu\text{g DM/mL}$. The PT were determined by Folin-Ciocalteu using Gallic Acid as reference, mg GAE/g DM and FT by the AlCl₃ method using Quercetin as reference, mg QE/g DM . The values obtained were: EC₅₀: $686,01 \pm 3,39$ y $248,74 \pm 8,41 \mu\text{g DM/mL}$, PT: $11,65 \pm 0,64$ y $14,59 \pm 0,20 \text{ mg GAE/g DM}$ y FT: $12,52 \pm 0,50$ y $29,15 \pm 1,34 \text{ mg QE/g DM}$ for the ethanolic and aqueous extracts respectively, being the most efficient aqueous extract to deactivate the free radical, correlating this fact with its higher content of total flavonoids.

Palabras claves: *Flaveria bidentis*, radicales libres, flavonoides, polifenoles

Keywords: *Flaveria bidentis*, free radicals, flavonoids, polyphenols

1 INTRODUCCION

Flaveria bidentis (L) Kuntze es una hierba anual de hojas opuestas sésiles, lanceoladas, trinervadas y aserradas, presenta una altura de 1.20 m o más con hojas anchamente lanceoladas y los capítulos dispuestos en cimas densas. Es nativa de Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay y el norte de Argentina. Crece como maleza en cultivos, baldíos y bordes de caminos. Los nombres

vernáculos con las que se la conoce son: balda, chasca y sunchillo, entre otros.

F. bidentis es utilizada en medicina popular desde tiempos ancestrales como alexifármaco, emenagogo, digestivo, excitante, tónico, antiparasitario, antidiarreico, antitusígeno, antiséptico y, además, de acuerdo a lo informado por Novara *et al.* (2000) y Pastor de Abram *et al* (2006) también se utiliza como insecticida. Además, sus flores y hojas son utilizadas como

colorantes para teñir diversos tejidos de color amarillo, Carrizo *et al.* (2002).

Un aspecto importante de *F. bidentis* que explicaría su eficacia en la medicina popular está relacionado con la composición de sus metabolitos secundarios. *F. bidentis* es muy rica en flavonoides sulfatados y tritiofenos que le otorgan actividad como insecticida, bactericida y antiviral, Guglielmone *et al.* (2005). Huo *et al.* (2014) comprobó que extractos etéreos presentan una fuerte actividad como herbicida hacia *Digitaria sanguinalis*.

En los últimos tiempos, y frente a la preferencia de los consumidores por las sustancias de origen natural, se ha incrementado la búsqueda de fuentes de sustancias naturales con efectos benéficos sobre la salud que puedan ser utilizados como suplementos o bien como sustitutos de antioxidantes sintéticos de dudosa inocuidad. Los antioxidantes son un conjunto de compuestos químicos o productos biológicos que contrarrestan, de una manera directa o indirecta, los efectos nocivos de los radicales libres o especies iniciadoras de las reacciones de oxidación. Si bien estos radicales forman parte del metabolismo normal de cualquier organismo, cuando la producción aumenta en forma descontrolada se produce el denominado estrés oxidativo, relacionado con la patogénesis de numerosas enfermedades tales como infertilidad, psoriasis, cataratas oculares, enfermedades cardiovasculares, enfermedad de Alzheimer, diabetes, aterosclerosis, artritis reumatoidea, y

cáncer de acuerdo con lo informado por López *et al.* (2012) entre otros autores.

Una fuente considerable de sustancias antioxidantes lo constituyen las plantas, ricas en metabolitos secundarios bioactivos (gomas, resinas, mucilagos, látex, aceites esenciales, taninos, etc.) que pueden ser usados tanto para la alimentación, medicina y diversas industrias, o como precursores para la síntesis de otras sustancias bioactivas.

Sobre estos antecedentes en este trabajo se presenta un estudio de la actividad antirradicalaria de extractos etanólicos y acuosos de *F. bidentis* y su relación con el contenido de polifenoles totales y flavonoides.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Muestras

Las muestras de *F. bidentis*, hojas y tallos, fueron recolectadas en el mes de febrero de 2019 del predio del Instituto Jardín Botánico *Lucas Domingo Roic* dependiente de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Una vez recogidas se procedió de acuerdo a lo informado por Badami (2018), fueron inmediatamente llevadas al laboratorio donde se seleccionaron, se lavaron y se secaron en estufa a 40°C hasta peso constante. Una vez secas se trituraron en un molinillo y se almacenaron herméticamente en un desecador hasta su análisis.

2.2 METODOLOGÍA

2.2.1 Preparación de los extractos

En un balón de destilación se colocó 1 g de muestra seca, ramas y tallos previamente molidos de *F. bidentis* y se adicionaron 100 ml de agua destilada en un caso y 100 ml de etanol de 96° en el otro. Una vez acoplado a un refrigerante, los balones se llevaron a ebullición por reflujo durante una hora, tiempo seleccionado mediante ensayos previos. Cumplido el tiempo y una vez enfriado, el extracto fue filtrado e inmediatamente analizado.

2.2.2 Determinación del contenido de polifenoles totales (PT)

El contenido de PT fue determinado de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu, Ivanova *et al.* (2005) y Shaghghi *et al.* (2008). Este método es ampliamente utilizado para la determinación de los PT totales presentes en una muestra y se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes formando complejos de un color azul intenso. Dado que el método es colorimétrico, la técnica implica la utilización de la espectroscopia UV-Vis leyéndose la absorbancia a 750 nm.

El procedimiento llevado a cabo consistió en colocar 0,5 mL de cada extracto y adicionarles 0,6 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (Biopack) previamente diluido 1:2 con agua destilada. Luego de 5 minutos se agregaron 0.6 mL de

Na₂CO₃ al 20 % y se llevaron a 10 mL con agua destilada. Transcurrido 90 min de incubación en ausencia de luz, se procedió a leer la absorbancia en un espectrofotómetro UV-Vis Spectrum, modelo SP 2100 UV con cubeta de vidrio de 1 cm de paso óptico. El contenido de PT se obtuvo a partir de una curva de calibración, realizada con ácido gálico como compuesto de referencia ($y = 0,109x + 0,030$, $R^2 = 0,998$).

Los resultados se expresan como mg equivalentes a ácido gálico por g de muestra seca (*mg EAG/g MS*). Los análisis se realizaron por triplicado informándose las correspondientes desviaciones estándar.

2.2.2 Determinación del contenido de flavonoides (FT)

El contenido de flavonoides totales (FT) fue determinado mediante el método espectrofotométrico basado en la formación de un complejo coloreado entre el AlCl₃ y los grupos carbonilo e hidroxilo del flavonoide, Lillo *et al.* (2016). La formación de este complejo ocasiona un corrimiento batocrómico e hiperocrómico del espectro de absorción pudiéndose de esta manera determinar el contenido de la muestra. El procedimiento consistió en agregar a un matraz conteniendo 1,5 ml de etanol, 0,2 ml de solución etanólica de AlCl₃ al 5 %, 0,1 ml de solución de acetato de sodio 1M, y 0,5 ml de los extractos. La mezcla se llevó a volumen final de 5 ml con agua destilada. Luego de 30 minutos se procedió a la lectura de la absorbancia a 415 nm. El contenido

se expresó utilizando como referencia al flavonol quercetina, para lo cual se realizó la correspondiente curva de calibración ($y = 0,0591x + 0,0034$, $R^2 = 0,9991$). Los valores se expresan por lo tanto como mg equivalentes a quercetina por g de materia seca, *mg EQ/g MS*. Todos los análisis se realizaron por triplicado,

Tabla 2: Contenido de polifenoles totales (PT), flavonoides totales (FT) y actividad antirradicalaria (AAR) de extractos acuosos y etanólicos de *F. bidentis*.

Extracto	PT*	FT**	EC ₅₀ ***
Etanólico	11,65 ± 0.64	12,52 ± 0,50	686,01 ± 3,39
Acuoso	14,59 ± 0.20	29,15 ± 1,34	248,74 ± 8,41

* (*mg EAG/g MS*); ** (*mg EQ/g de MS*); *** (*µg MS/mL*)

A diferencia de lo anterior, el contenido de flavonoides totales es claramente diferente

informándose las correspondientes desviaciones estándar

2.2.3 Determinación de la actividad antirradicalaria (AAR)

La AAR fue determinada mediante el método espectrofotométrico de desaparición del radical libre estable 2,2-difenil-1-picrihidracilo (DPPH) en solución metanólica, Brand-Williams *et al.* (1995). Las soluciones metanólicas de este radical libre presentan una intensa banda de absorción a 515 nm que, ante la adición de sustancias antioxidantes, decae en el tiempo. Un experimento típico consistió en adicionar, a una celda de vidrio conteniendo 3 mL de solución metanólica de DPPH, distintas alícuotas de extractos de modo de consumir entre 30 a 70 % del radical. El monitoreo del decaimiento de la absorbancia se realizó durante 10 min en intervalos de 2 minutos. Los resultados se expresan como µg de material seco por mL (*µg MS/ mL*) necesarios para reducir el 50 % del radical libre, EC₅₀.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 1 muestra los valores obtenidos para los extractos etanólicos y acuosos de *F. bidentis*. En lo que respecta al contenido polifenólico no se observan diferencias significativas en relación al solvente de extracción, siendo levemente superior en el caso del extracto acuoso. Los resultados se encuentran dentro del orden de lo informado por Paez *et al.* (2019), aunque menores presumiblemente por las diferencias en los métodos y las técnicas de extracción. Comparando los contenidos con respecto a especies vegetales ricas en sustancias polifenólicas tal como el té verde, *C sinensis*, si bien los extractos de *Flaveria bidentis* presentan polifenoles sus valores son marcadamente menores que para los extractos de *C sinensis*, Badami *et al.* (2018).

dependiendo del solvente con el que se haya efectuado la extracción, siendo el doble en agua

que en etanol. Esto puede atribuirse al hecho de que *Flaveria bidentis*, tal como se informa para las plantas de la familia de las Asteráceas, contienen ésteres de sulfato de flavonoides y flavonoides glicosilados muy solubles en agua de acuerdo con lo informado por Ananvoranich *et al.* (1994), Gidda *et al.* (2006) y Pastor de Abraham *et al.* (2006).

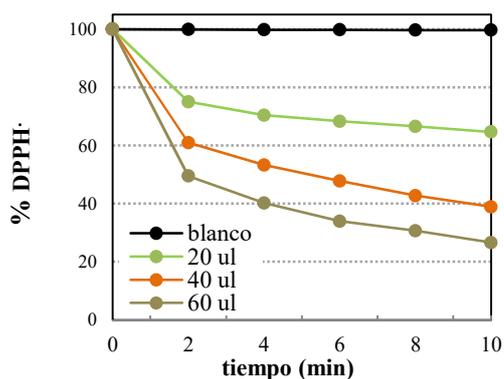


Figura 1: Perfiles de decaimiento del radical libre DPPH ante el agregado de extractos acuosos de *F. bidentis*.

La AAR frente al radical libre DPPH se expresó como la cantidad de extracto necesaria para reducir el 50 % del radical libre, EC_{50} . Este valor se determinó a partir de graficas % decaimiento de DPPH vs alícuota de extracto vegetal. Los % de decaimiento típicos se muestran en la Figura 1 en la cual puede observarse el decaimiento del radical en función del tiempo frente al agregado de diferentes alícuotas de extracto acuoso durante 10 minutos.

El análisis de los valores obtenidos indica que el extracto acuoso es más eficiente atrapando radicales libres, esto es, se requiere menos cantidad de extracto para desactivar la mitad de las especies radicalarias. Una manera de apreciar mejor este hecho es calculando el poder antirradicalario (PAR) definido como la inversa de EC_{50} . A mayor PAR mayor eficiencia Brand-Williams (1995).

En la Figura 2 se observa la existencia de una relación lineal entre el PAR y el contenido de FT, esto es, $FT_{\text{agua}}/FT_{\text{etanol}} = 2,33$ mientras que $AAR_{\text{agua}}/AAR_{\text{etanol}} = 2,76$.

Esto resulta lógico dado que dentro de los compuestos polifenólicos, los flavonoides y especialmente los flavonoles reportados en esta especie, son una familia de compuestos de

actividad antioxidante excelente debido a las características estructurales de estas moléculas que los hacen óptimos para reaccionar con especies deletéreas.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, los extractos acuosos y etanólicos de *F. bidentis* son desactivadores de radicales libres y esta capacidad está relacionada con su contenido de FT. Si bien, comparado con los extractos de otras especies tales como *C.sinensis*, son bajos, Badami (2018), puede considerarse a esta planta como una potencial fuente de bioactivas poniendo de esta manera en valor a un recurso natural del monte.

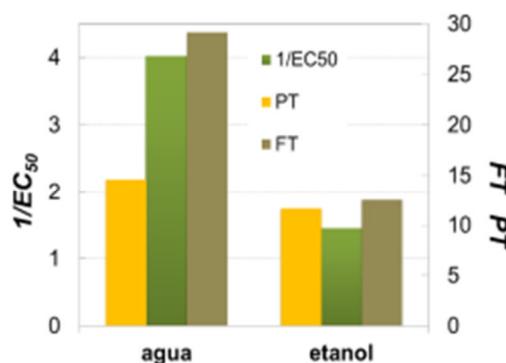


Figura 2: PAR, ($1/EC_{50}$) contenido de polifenoles totales (PT) mg EAG/g MS y contenido de flavonoides totales (FT) mg EQ/g de MS de los extractos etanólicos y acuosos de *F. bidentis*. (L.).

5. REFERENCIAS

- Ananvoranich S., L. Varin, P. Gulick & R. Ibrahim. Cloning and regulation of flavonol 3-sulfotransferase in cell-suspension cultures of *Flaveria bidentis*. *Plant Physiology*, 106, 485-491, 1994.
- Badami, P., J. Barraza, S. Hurtado Ferraté, A. Vásquez Vivas, I. Suarez & E. González. Actividad antirradicalaria y contenido polifenólico total de extractos acuosos de *Solanum argentinum* de Santiago del Estero. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, 4, 179-183, 2018.

- Brand-Williams W., M. Cuvelier & C. Berset. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 28, 25-30, 1995.
- Carrizo E., M. Palacio & L. Roic. Plantas de uso medicinal en la flora de los alrededores de la ciudad de Santiago del Estero (Argentina). *Dominguezia*, 18, 1, 26-25, 2002.
- Gidda S. & L. Varin. Biochemical and molecular characterization of flavonoid 7-sulfotransferase from *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44, 628-636, 2006.
- Guglielmone H. A., Agnese A. M., Núñez Montoya S. C. & Cabrera J. L. Inhibitory effects of sulphated flavonoids isolated from *Flaveria bidentis* on platelet aggregation. *Thrombosis Research*, 115, 495-502. 2005.
- Huo J., J. Xing, L. Zhang, Z. Kang & J. Zhang. Isolation and Structural Identification of Herbicidal Active Substance from Root of *Flaveria bident* (L.) Kuntze. *Journal of Integrative Agriculture*, 13, 4, 804-810, 2014.
- Ivanova, D., D. Gerova, T. Chervenkov & T. Yankova. Polyphenols and antioxidant capacity of Bulgarian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology* 96: 145-150. 2005.
- Lillo A., F. Carvajal-Caiconte, D. Nuñez, N. Balboa & M. Alvear Zamora. Cuantificación espectrofotométrica de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en distintos berries nativos del Cono Sur de América. *RIA*, 42, 2, 206.
- López, A., C. Fernando, Z. Lazarova, R. Bañuelos & S. Sánchez. Antioxidantes, un paradigma en el tratamiento de enfermedades. *Rev Asociación Nac Científica Estudiantes Medicina (ANACEM)*, 6, 1, 48-53. 2012.
- Novara, L. J. and E. M. Petenatti. Asteraceae Bertcht. & J. Presl. Tr. 5B. Liabeae (Cass.) Rydb. Flora del Valle de Lerma. *Aportes Botánicos de Salta*. Serie Flora, 9 (4). 10 p. 2000.
- Páez, V. A., P. L. Albornoz, E. Lizarraga, M. T. Sobrero & A. Chaila. Anatomía foliar y caulinar, y caracterización fitoquímica foliar de *Flaveria bidentis* y *F. haumanii* (Asteraceae) de Santiago del Estero, Argentina. *Acta Botánica Mexicana* 126: e1409. DOI: 10.21829/abm126.1409. 2019.
- Pastor de Abram, A., M. Zelada & R. Bertha. Estudio fitoquímico de *Flaveria bidentis* (L.) Kuntze (Asteraceae). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 72, 1, 3-11, 2006.
- Shaghghi, M., J. Manzoori & A. Jouyban. Determination of total phenols in tea infusions, tomato and apple juice by terbium sensitized fluorescence method as an alternative approach to the Folin-Ciocalteu spectrophotometric method. *Food Chemistry*, 108, 695-701. 2008.

Rendimiento comparativo de una columna de carbonatación cuando la refrigeración se hace en uno o dos platos adyacentes

Irahola Ferreira, Jaime A.¹

(1) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy.*
irahola.j@gmail.com

RESUMEN: Se estudia, utilizando un simulador comercial, dos alternativas para refrigerar una columna de platos perforados para la etapa de carbonatación en la producción de soda *Ash*. Los únicos datos de diseño son las dos corrientes de entrada. Por tope, ingresa salmuera amoniacal con composición similar a la que se obtendría de una columna de absorción de amoníaco y por cola, CO₂ y otros gases provenientes de un horno de cal y del calcinador de bicarbonato de sodio. En la primera alternativa, se extrae parte del líquido de la etapa 13, se lo enfría usando un intercambiador de calor en contra corriente y se lo reingresa al plato 12. La segunda alternativa es igual a la primera, excepto que, a la corriente fría se la reingresa al mismo plato: 13. En el diseño se considera, en ambos casos, igual cantidad de calor extraído. Se calcularon las condiciones de operación, las corrientes de salida, los costos de capital, operativo y de servicios y se realizó el diseño interno de la columna, verificándose, además de convergencia en el resultado, que se satisfagan las condiciones hidráulicas de todos los platos. Si se compara el costo total/Kg(Bicarbonato)/h producido, la primera alternativa es 2.0% más eficiente.

ABSTRACT: Two alternatives are studied using a commercial simulator for cooling a sieve plate column for the carbonation stage in the production of soda *Ash*. The only design data are the two input streams. The ammoniacal brine, with similar composition to that obtained from an absorption column enters at the top of the carbonation column. The stream containing carbon dioxide and other gases from a lime kiln and sodium bicarbonate is introduced at the bottom of the column. In the first alternative, part of the liquid from stage 13 is extracted, cooled using a countercurrent heat exchanger and re-entered into plate 12. The second alternative is the same as the first one, except that the cold stream it is re-entered into the same plate: 13. At the two alternatives, the same amount of extracted heat is considered. With this condition satisfied, then, operating conditions, output streams, capital, operating and service costs were calculated. Too, the internal design of the column was performed and was verified that the hydraulic conditions of all the sieve trays are satisfied. If you compare the total cost/Kg (bicarbonate)/h produced, the first alternative is 2.0% more efficient.

Palabras claves: Simulación – Carbonatación – Refrigeración – Rendimiento.

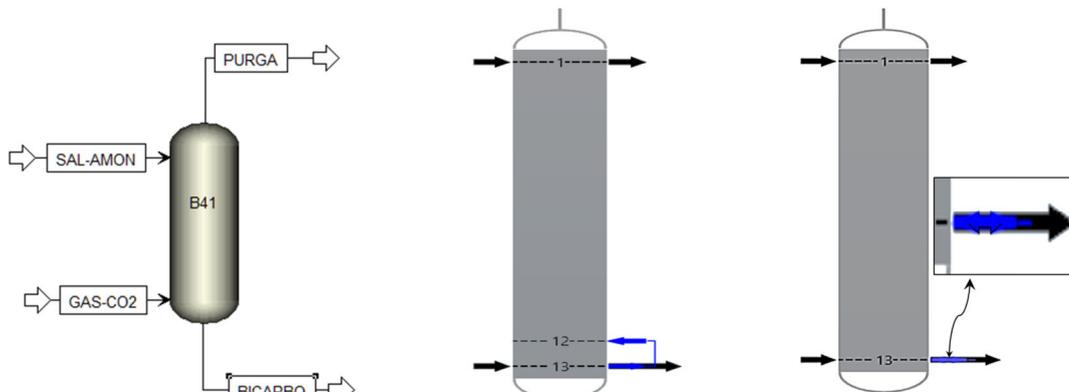
Keywords: Simulation - Carbonation - Refrigeration - Performance.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto

La fabricación de soda *Ash* o soda Solvay data de una patente hecha por Ernest Solvay de Bruselas Bélgica, en julio de 1881. A partir de entonces numerosas patentes referentes a la producción de soda *Ash* densa y fina fueron asentadas para procesos similares o basados en la producción a partir del mineral denominado: Trona. (Delling, 1996). En la actualidad, los métodos básicos que se usan para producir carbonato de sodio a nivel

mundial (Wagialla *et al.*, 1991) son: (i) Por el proceso Solvay estándar (también conocido como el proceso de soda- amoníaco) que utiliza sal (NaCl) y la piedra caliza como materias primas básicas y produce cloruro de calcio, como un subproducto. (ii) Por el proceso dual (o el proceso Solvay modificado), que utiliza principalmente la sal, dióxido de carbono y amoníaco como materias primas y produce además de la soda *Ash*, un valioso compuesto fertilizante: cloruro de amonio. (iii) Por carbonatación de hidróxido de sodio para producir monohidrato de carbonato de sodio que se calcina para producir carbonato de



sodio (Soda *Ash* densa). El carbonato de sodio se usa como materia prima para la saponificación de ácidos grasos en la fabricación de jabones y detergentes. También se usa como fundente en los hornos de vidrio para fabricar envases de vidrio, vidrio plano, fibras aislantes y cristalería. Como fuente de alcalinidad y de ion sodio se usa en la fabricación de productos químicos, por ejemplo: compuestos de cromo, pigmentos, bicarbonato de sodio etc., y en industrias para la fabricación de papel, de textiles y en otros procesos como ser: tratamiento de agua, procesamiento de alimentos, minería, etc. (Irahola, 2017). A los usos tradicionales, se debe agregar que el carbonato de sodio es un componente importante en la producción de carbonato de litio. Sucintamente, se puede decir que, luego de dos etapas previas de precipitación y purificación de la salmuera que contiene litio, finalmente, en una última etapa, éste es precipitado caliente como carbonato de litio desde la salmuera purificada mediante la adición de carbonato de sodio. (Diaz Tapia, 2013). Por lo tanto, además de la demanda mundial, se prevé que nuestra región será un gran consumidor de carbonato de sodio. Por otra parte, referente al proceso y al simulador en sí, Cormos *et al.* (2007) reportan que el modelado y simulación, en estado estacionario, del proceso de una planta de soda *Ash* con el simulador ASPEN se corrobora con los datos de una planta real. Ello, permite aseverar el apropiado uso del simulador para el proceso que nos ocupa y la alta representatividad de los resultados a obtener.

2 DISEÑO DE LA COLUMNA DE CARBONATACIÓN

2.1 Consideraciones

La absorción de dióxido de carbono tiene lugar con reacción química y puesto que las reacciones que ocurren son altamente exotérmicas, se requiere un sistema de enfriamiento de la columna. Si bien es cierto, la absorción de un gas puede llevarse a cabo en una columna de relleno o de platos, en este caso sólo puede considerarse una columna de platos, ya que sería más complicada la colocación del circuito de

enfriamiento en una columna de relleno, como también lo sería la extracción de corrientes laterales para su refrigeración. (Irahola, 2018) La temperatura de salida del producto se adopta según un reporte de Federal Environmental Agency (2001) que cita que la temperatura ideal de la salmuera en la salida de la columna carbonatación se encuentra entre 25 y 30 °C.

Tabla 1. Datos de las corrientes de entrada

Corriente	GAS-CO2	SAL-AMON	
Flujo Másico [Kg/h]	70000	200874	
T °C	60	25	
Presión [Bar]	2.5	1.01253	
Fracción Másica		Fracción Másica	
CO ₂	0.460274	NaCL	0.228948
CO	0.00468233	NH ₄ OH	0.186464
N ₂	0.506162	H ₂ O	0.584587
O ₂	0.0288817		

Reaction stoichiometry			
	Reaction	Type	Stoichiometry
▶	1	Equilibrium	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{OH}^- + \text{NH}_4^+$
▶	2	Equilibrium	$\text{H}_2\text{O} + \text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$
▶	3	Equilibrium	$2 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$
▶	4	Equilibrium	$2 \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{OH}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
▶	NH ₄ HCO ₃	Salt	$\text{NH}_4\text{HCO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{NH}_4^+$
▶	NH ₄ CL(S)	Salt	$\text{NH}_4\text{CL(S)} \leftrightarrow \text{CL}^- + \text{NH}_4^+$
▶	NAHCO ₃	Salt	$\text{NAHCO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{NA}^+$

Figura 2. Reacciones químicas consideradas en el Modelo

2.2 Objetivo

El objetivo es elegir entre dos alternativas, la más eficiente para refrigerar una columna de carbonatación. En la Alternativa 1 (columna 1), se extrae parte del líquido de la etapa 13, se lo enfría usando un intercambiador de calor en contra corriente y se lo reingresa al plato 12. La Alternativa 2 (columna 2) es igual a la primera, excepto que, a la corriente fría se la reingresa al mismo plato: 13. (Fig. 1)

2.3 Datos

Se estudia una columna de 13 platos perforados (Fig. 1). Por otra parte, sólo se conocen las dos corrientes de entrada. Por tope, ingresa salmuera amoniaca (corriente Sal-Amon) con composición similar a la que se obtendría de una columna de absorción de amoníaco y por cola, dióxido de carbono y otros gases (corriente Gas-CO₂) provenientes de un horno de cal y del calcinador de bicarbonato de sodio. (Tabla. 1).

La composición de las corrientes se obtuvo del trabajo de Cervera *et al.* (2006).

2.4 Hipótesis

Se considera: a) La presencia de reacción química y la probable formación de bicarbonato de sodio (sólido) según la temperatura de operación de los platos. b) La temperatura de la corriente de salida que debe estar en el intervalo [25,30] °C. En el proceso se consideran las reacciones químicas que se muestran en la Fig. 2.

3 METODOLOGÍA

El problema se resuelve usando el simulador Aspen Plus (*Template electrolytes- ELECNRTL*). Se realiza primero el diseño de la Columna de carbonatación sin considerar refrigeración y luego, se modifica la columna para diseñarla según las dos alternativas motivo de estudio. Básicamente, para simular, se elige el método de cálculo de las propiedades fisicoquímicas, se cargan los componentes y se ingresan los datos de las corrientes de entrada; se verifica que el modelo químico sea el correcto (Fig. 2) y luego de la simulación, que se satisfagan las condiciones de convergencia y funcionamiento hidráulico correcto de los platos de la columna.

4 RESULTADOS

Durante el dimensionamiento se ha tratado que las dos columnas sean lo más parecidas entre sí, para poder realizar la comparación de funcionamiento y eficiencia.

Las dimensiones de ambas columnas son las mismas: tienen 13 platos, con un diámetro de 3.5 m, una altura de 7.94 m y un espacio entre platos de 0.61 m. Obviamente, las condiciones de entrada son las mismas y se ha buscado diseñar las columnas de manera que la temperatura de salida de la corriente líquida "Bicarbo" esté en el intervalo que se aconseja: [25, 30] °C. Así, dichas temperaturas son 26,6450 °C y 26,6489 °C, en las columnas 1 y 2, respectivamente. Como se puede observar, son prácticamente iguales.

El resultado de la alternativa 1 se presenta en la Tabla 2, (en formato del simulador) y el resultado de la alternativa 2 en la Tabla 3.

En las Tablas 2 y 3, se observa el correcto modelado de las columnas puesto que el producto deseado NaHCO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} sólo está presente en la corriente Bicarbo. Esta corriente está en fase líquida, pero contiene bicarbonato de sodio en fase sólida. El simulador reporta que en fase sólida sólo se encuentra bicarbonato de sodio y se verifica lo que en teoría debía ocurrir debido a correctas condiciones de operación, no se ha formado bicarbonato de amonio. La producción conjunta de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio es 1.70% más, en la columna 1 que en la 2.

Por otra parte, en la fase sólida, también, es mayor lo producido por la columna 1: 1.6% más. Cuando se analiza el CO_2 que sale sin reaccionar de las columnas, se observa que se pierde 2.35% más por la columna 2, lo que de alguna manera corrobora la mejor producción de la columna 1.

Si se comparan los costos (Tabla 4), se observa que, considerando el costo total de capital ambas columnas son prácticamente iguales, aunque la columna 2 es 0.31% más costosa. Si se compara el Costo USD/(Kg/h bicarbonato), la columna 2 es 2.0% más costosa. Por lo tanto, según el análisis realizado la alternativa 1 es la mejor.

Tabla 2. Datos y resultados de la Columna 1

Stream Name	Units	GAS-CO2	SAL-AMON	BICARBO	PURGA
MIXED Substream					
Phase		Vapor Phase	Liquid Phase		Vapor Phase
Temperature	C	60	25	26.645	49.9823
Pressure	bar	2.5	2	1.139	1
Mass Flows	kg/hr	70000	200874	210059	60815.3
H2O	kg/hr	0	136669	126006	3372.76
CO2	kg/hr	32219.2	0	380.826	13996.5
CO	kg/hr	327.763	0	25.1696	302.594
N2	kg/hr	35431.4	0	2288.99	33142.4
O2	kg/hr	2021.72	0	348.332	1673.39
NA+	kg/hr	0	18088.5	10177.3	3.35E-32
CL-	kg/hr	0	27900.9	27900.9	6.34E-32
NH4+	kg/hr	0	15.6859	7332.18	9.16E-33
OH-	kg/hr	0	12.2282	0.00125531	6.39E-38
H3O+	kg/hr	0	5.65E-09	6.30E-05	2.85E-41
NH3	kg/hr	0	18188.3	2952.65	8327.72
NAHCO3	kg/hr	0	0	28909.2	0
HCO3-	kg/hr	0	0	3682.18	8.60E-33
CO3--	kg/hr	0	0	55.8337	1.12E-33
AMMON-01	kg/hr	0	0	0	0
AMMON-02	kg/hr	0	0	0	0
Mass Fractions					
H2O		0	0.68037	0.599858	0.0554591
CO2		0.460274	0	0.00181294	0.230148
CO		0.00468233	0	0.00011982	0.00497561
N2		0.506162	0	0.0108969	0.544967
O2		0.0288817	0	0.00165826	0.0275159
NA+		0	0.0900489	0.0484496	5.51E-37
CL-		0	0.138897	0.132824	1.04E-36
NH4+		0	7.81E-05	0.0349053	1.51E-37
OH-		0	6.09E-05	5.98E-09	1.05E-42
H3O+		0	2.81E-14	3.00E-10	4.69E-46
NH3		0	0.0905454	0.0140563	0.136934
NAHCO3		0	0	0.137624	0
HCO3-		0	0	0.0175292	1.41E-37
CO3--		0	0	0.0002658	1.85E-38
AMMON-01		0	0	0	0
AMMON-02		0	0	0	0
Solid Phase					
Mass Flows	kg/hr			28909.2	
H2O; CO2; CO; N2; O2	kg/hr			0	
NA+; CL-; NH4+; OH-; H3O+	kg/hr			0	
NH3	kg/hr			0	
NAHCO3	kg/hr			28909.2	
HCO3-	kg/hr			0	
CO3--	kg/hr			0	
AMMON-01; AMMON-02	kg/hr			0	

Tabla 3. Datos y resultados de la Columna 2

Stream Name	Units	GAS-CO2	SAL-AMON	BICARBO	PURGA
MIXED Substream					
Phase		Vapor Phase	Liquid Phase		Vapor Phase
Temperature	C	60	25	26.6489	50.0992
Pressure	bar	2.5	2	1.139	1
Mass Flows	kg/hr	70000	200874	209711	61163.2
H2O	kg/hr	0	136669	126094	3408.21
CO2	kg/hr	32219.2	0	354.551	14325.8
CO	kg/hr	327.763	0	25.71	302.053
N2	kg/hr	35431.4	0	2347.45	33083.9
O2	kg/hr	2021.72	0	347.092	1674.63
NA+	kg/hr	0	18088.5	10301.8	3.36E-32
CL-	kg/hr	0	27900.9	27900.9	6.37E-32
NH4+	kg/hr	0	15.6859	7208.62	9.25E-33
OH-	kg/hr	0	12.2282	0.00132055	6.38E-38
H3O+	kg/hr	0	5.65E-09	6.00E-05	2.91E-41
NH3	kg/hr	0	18188.3	3028.39	8368.64
NAHCO3	kg/hr	0	0	28454	0
HCO3-	kg/hr	0	0	3590.68	8.69E-33
CO3--	kg/hr	0	0	57.8672	1.12E-33
AMMON-01	kg/hr	0	0	0	0
AMMON-02	kg/hr	0	0	0	0
Mass Fractions					
H2O		0	0.68037	0.601275	0.0557232
CO2		0.460274	0	0.00169066	0.234222
CO		0.00468233	0	0.0001226	0.00493848
N2		0.506162	0	0.0111937	0.540912
O2		0.0288817	0	0.0016551	0.0273797
NA+		0	0.0900489	0.0491239	5.50E-37
CL-		0	0.138897	0.133044	1.04E-36
NH4+		0	7.81E-05	0.034374	1.51E-37
OH-		0	6.09E-05	6.30E-09	1.04E-42
H3O+		0	2.81E-14	2.86E-10	4.75E-46
NH3		0	0.0905454	0.0144408	0.136825
NAHCO3		0	0	0.135682	0
HCO3-		0	0	0.017122	1.42E-37
CO3--		0	0	0.00027594	1.83E-38
AMMON-01		0	0	0	0
AMMON-02		0	0	0	0
Solid Phase					
Mass Flows	kg/hr			28454	
H2O; CO2; CO; N2; O2	kg/hr			0	
NA+; CL-; NH4+; OH-; H3O+	kg/hr			0	
NH3	kg/hr			0	
NAHCO3	kg/hr			28454	
HCO3-	kg/hr			0	
CO3--	kg/hr			0	
AMMON-01; AMMON-02	kg/hr			0	

Tabla 4. Comparación de costos

Alternativa	1	2
Platos - refrigeración	13-12	13-13
Costo Total [USD]	2995570	3004990
Carbonatos de sodio, Total [Kg/h]	32647.21	32102.55
Costo [USD]/(Kg/h bicarbonato)	91.76	93.61

5 CONCLUSIONES

Se ha modelado y simulado una columna de carbonatación destinada a la producción de bicarbonato de sodio considerando dos formas alternativas de refrigerar la misma. Se ha encontrado que, si se toma como índice de desempeño el Costo [USD]/(Kg/h bicarbonato), la alternativa 1 es 2 % más eficiente. Desde el punto de vista del costo total de capital, la columna 1 es levemente menos costosa: 0,31% menor, y produce 1,7% más de bicarbonato y carbonato de sodio en conjunto.

6 REFERENCIAS

Cervera Gracia, L., L. Izquierdo, J. P. Labrozzi, M. Moreno, E. O. Ordóñez, R. Vidal. *Planta de producción de carbonato sódico*. Tesina de Ingeniería Química. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Valencia. 2006

Cormos, A. M., 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

Delling David. *Process for production of dense Soda Ash from Soda Ash Fines*. 1996.

Diaz Tapia, J. D. *Procedimiento de extracción de litio para la obtención de carbonato de litio, desde una salmuera o mineral y/o arcilla previamente tratado para estar libre de boro*. Patente: WO 2013049952 A1. 2013.

Federal Environmental Agency, Final Report, 2001

General chemical Industrial Products. *Soda Ash*. Report. 2017

Irahola Ferreira, Jaime A. Diseño de una torre de carbonatación usando un simulador. *XIII Jornadas de ciencia y tecnología de facultades de Ingeniería del NOA*. Santiago del Estero, 2018.

Irahola Ferreira, Jaime A. y F. D. España. Diseño de una columna de absorción para la producción de salmuera amoniacal usando un simulador. *XII Jornadas de ciencia y tecnología de facultades de Ingeniería del NOA*. Catamarca, 2017.

Wagialla K. M., I.S. Al Mutaz and M. E el Dahshan. The manufacture of soda ash in the Arabian Gulf. *International Journal of production Economics*, 27. 145-153.1992

Análisis de encogimiento de rodajas de zanahoria durante procesos de secado aplicando visión artificial

Larcher, Ledda I.¹, BIASONI, Enrique M.¹, Gómez Khairallah, Aníbal O.², Vidal, Julia T.² y Cattaneo, Carlos A.^{1,2}

(1) *Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*
larcher@unse.edu.ar

(2) *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*

RESUMEN: Se observan y analizan los efectos de tiempo y temperatura de secado en la forma y peso de rodajas de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante la captura y análisis de imágenes digitales. Se construyó el sistema de captura y análisis de imágenes que consta de dos cámaras digitales, iluminación tipo LED en posición cenital y balanza de precisión conectadas a una PC. Las imágenes obtenidas fueron procesadas usando programas desarrollados Matlab, lo que permitió obtener datos cuantitativos sobre área, perímetro y peso. Los valores obtenidos reflejan la pérdida de masa de las muestras a lo largo del tiempo de secado. Existe coherencia entre las imágenes procesadas y las gráficas correspondientes al contenido de humedad, mostrando que los parámetros morfológicos decrecen suavemente durante el tiempo de secado, lo que concuerda con la bibliografía.

ABSTRACT: The effects of drying time and temperature on the shape and weight of carrot slices (*Daucus carota* L.) are observed and analyzed by capturing and analyzing digital images. The image capture and analysis system was built, consisting of two digital cameras, overhead LED lighting and a precision scale connected to a PC. Acquired images were processed with programs developed using Matlab, which allowed obtaining quantitative data on area, perimeter and weight. Obtained values reflect the mass loss of the samples along drying time. There is consistency between the processed images and graphics corresponding to the moisture content, showing that the morphological parameters decrease smoothly during the drying time, which agrees with the bibliography.

Palabras clave: deshidratación, visión artificial, secado

Keywords: dehydration, artificial vision, drying

1. INTRODUCCIÓN

Los productos alimenticios son sistemas complejos que comúnmente requieren de la reducción de su contenido de agua para extender su vida útil, y una de las técnicas más usadas para producir alimentos deshidratados es el secado usando aire caliente. El secado mediante aire caliente involucra varios mecanismos de transferencia de masa y calor, aunque generalmente se considera que la difusión del agua descrita por la segunda ley de Fick es el factor de control a fines de modelado y simulación (da Silva et al., 2014; Pacheco-Aguirre et al., 2014). Esta operación es acompañada por diversos cambios en el producto,

sin embargo las más evidentes son el encogimiento y la deformación, además del color. Así, a efectos de realizar una estimación confiable de la pérdida de humedad, es primordial tener en cuenta el encogimiento y su descripción es un tema que continúa en vigencia (Souraki and Mowla, 2008; GarcíaPérez et al., 2012; Ruiz-López et al., 2012).

Para reunir los datos que complementen a un modelo de secado, es posible obtener la evaluación de la contracción del producto mediante metodologías que incluyen la medición directa de las dimensiones del producto o técnicas de desplazamiento de volumen (Panyawong and Devahastin, 2007; Yan et al., 2008; García-Pérez et al., 2012; Ponkham et al., 2012; Curcio and Aversa, 2014). En cualquier caso, los cambios de

tamaño se agrupan en una sola variable, como espesor o volumen. No obstante, durante el secado, los alimentos no sólo se encogen sino que también sufren una deformación considerable, lo que puede afectar tanto su atractivo visual como a su envasado. Además, el cambio en su geometría puede reflejar el colapso de la estructura microscópica porosa de los alimentos, lo que significa un drástico cambio en sus propiedades físicas. (Ruiz-López et al., 2012). Ambas tareas, la evaluación y la predicción de la deformación del producto, representan una tarea difícil tanto numérica como experimentalmente, y se han llevado a cabo diversos estudios concentrándose en la caracterización del encogimiento-deformación, principalmente a través de técnicas de análisis de imágenes (Campos-Mendiola et al., 2007; Yan et al., 2008; Yadollahinia and Jahangiri, 2009; Yadollahinia et al., 2009; Khazaei et al., 2013; Sampson et al., 2014). Sin embargo, las metodologías informadas no persiguen una mayor aplicabilidad de los datos sobre encogimiento y deformación (SD) en el modelado y la simulación de procesos de secado. (Ortiz-García-Carrasco et al., 2015).

Este trabajo presenta resultados obtenidos al analizar con rutinas programadas en Matlab las imágenes digitales de rodajas de zanahoria en el interior un secadero para el que se diseñó e implementó un sistema de captura de imágenes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un secadero construido en madera (Figura 1). Sus dimensiones son 1,6x0,62x0,43m de largo, profundidad y altura respectivamente; cuenta con un sector destinado al tratamiento del aire, de 0,67m de longitud; a continuación se tiene la cámara de secado de 0,56x0,60x0,40 m, en cuyo interior pueden instalarse 4 bandejas de secado uniformemente distribuidas en el sentido vertical, y -por último- el forzador de aire que genera la corriente de aire por todo el sistema, que es un motoventilador de tipo axial de 25W de potencia eléctrica instalado en el interior de una curva de salida, con objeto de evitar las interferencias que provocan las corrientes de viento externas al sistema en la mediciones. Según se puede apreciar en la Figura 2, el sector destinado al tratamiento de aire del secadero dispone de espacio suficiente en su interior para la instalación de tres tabiques perforados distribuidos en forma regular a lo largo de este

sector, con configuración variable, con lo que es posible modificar las características del aire circulante.

En el interior de la cámara de secado, se instaló un conjunto de equipos que permiten el seguimiento de las variables de interés, una de ellas es una balanza digital de laboratorio y un conjunto de dos cámaras digitales: una que permite la toma del producto en proceso de secado y una en el techo que permite el monitoreo de la evolución del peso, según puede verse en la Figura 1.



Figura 4. Secadero

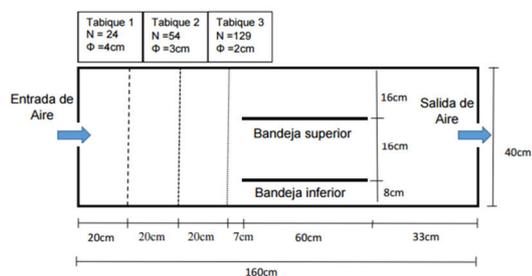


Figura 5. Vista frontal de la cámara de tratamiento

Como se puede observar en la Figura 3, la cámara que captura la imagen del producto se encuentra montada en un dispositivo construido a fin de poder ajustar la posición adecuada de la misma respecto del producto ensayado, mientras que en el techo puede observarse la que captura el visor de la balanza. Con la finalidad de eliminar las sombras perjudiciales en las tomas, también se instaló un sistema de iluminación LED en la cámara de secado, en la parte superior, que anula las sombras alrededor de las muestras además de no interferir físicamente con la otra cámara ni con el producto.



Figura 6. Detalle del montaje de cámaras e iluminación

La experiencia se realizó los días 4, 7, 10, 12 y 15 de diciembre de 2018, usando zanahorias que se cortaron transversalmente de manera de obtener rodajas. Una vez ubicada en el secadero, la muestra ya no necesita ser removida pues la adquisición de imágenes se realiza mediante software, de esta manera se evita que adquiera humedad proveniente del ambiente.

El secado se realizó durante 24 horas, capturando imágenes de la muestra y del visor de la balanza cada 30 minutos.

Para realizar el procesamiento de las imágenes se utilizó una PC equipada con un procesador Intel Core2 Quad Q8200 con 2 GB de memoria RAM y sistema operativo de 64 bits. Usando Matlab R2007a, se desarrolló un módulo de software que permitiera realizar el pre-procesamiento de las imágenes de forma de convertirlas a escala de gris y aplicar filtros que permitieran eliminar el fondo

para su posterior binarización. Se descartó la información relativa a color debido a que no se consideró relevante para los objetivos del trabajo. A continuación, la Figura 4 muestra el resultado del preprocesamiento para la imagen de una muestra:

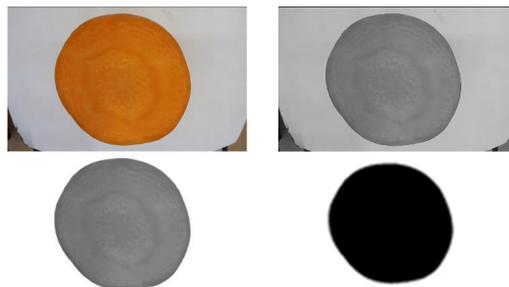


Figura 7. Imagen original, imagen en escala de grises, imagen filtrada para eliminar el fondo e imagen binarizada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos para una de las muestras, entre las 10:42 y las 10:55 del día siguiente.

Para obtener la imagen sobre la que se calcula el área, luego de someter la imagen original al pre procesamiento que elimina objetos indeseables del fondo, se umbralizó y binarizó. Sobre la imagen resultante (columna 2 en Tabla 1), se obtiene el perímetro ejecutando el algoritmo de 4 vecinos (columna 3, Tabla 1).

En la Tabla 2 se resumen los resultados numéricos obtenidos.

Tabla 1:

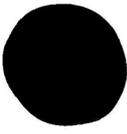
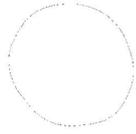
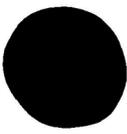
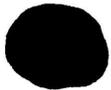
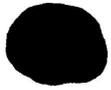
Ensayo 3 10/12/2018	Area	Perímetro
(1) 10-42-21.831 AM		
(2) 10-54-43.161 AM		
(3) 06-26-46.967 PM		
(4) 07-04-34.018 PM		
(5) 08-16-52.831 PM		
(6) 11-14-58.208 PM		
(7) 10-28-54.875 AM		
(8) 10-55-32.202 AM		

Tabla 2:

Ensayo 3 10/12/2018	Area (px)	Perimetro (px)	Peso (gr)	Tiempo procesamiento (seg)
10-42-21AM	408.820	2.069	95	6,49
10-54-43AM	405.565	2.057	91	6,35
06-26-46PM	242.007	1.648	41	6,17
07-04-34PM	229.948	1.622	39	6,05
08-16-52PM	207.837	1.561	32	5,58
11-14-58PM	162.487	1.448	25	5,47
10-28-54AM	90.096	1.269	8	5,47
10-55-32AM	89.229	1.273	5	5,45

La Figura 5 muestra la evolución de la curva de secado en base seca en función del tiempo de secado, que se expresa en minutos; donde m_0

corresponde a la masa seca y m corresponde a la masa en cada instante.

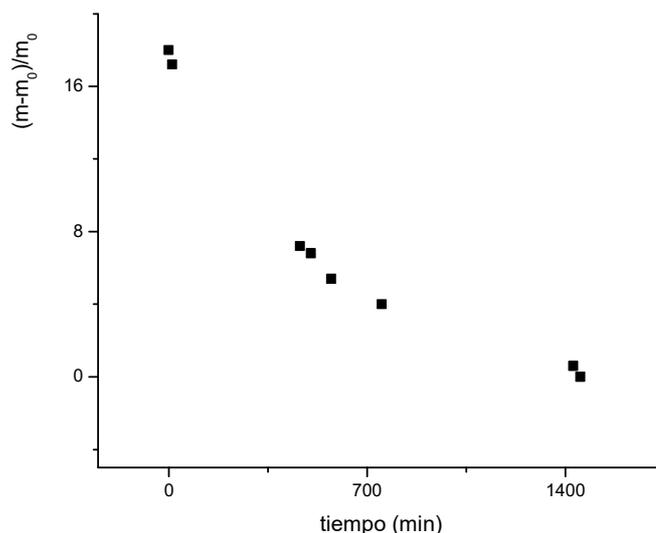


Figura 5. Secado en base seca en función del tiempo de secado

4. CONCLUSIONES

Se realizaron experiencias con un sistema de captura de imágenes que usa dos cámaras e iluminación LED. El sistema se utilizó para efectuar mediciones de área y perímetro durante la deshidratación de rodajas de zanahoria, operándose de manera remota. Se puede concluir que los resultados obtenidos reflejan la pérdida de masa durante el tiempo de secado, obteniéndose curvas que reflejan la rápida pérdida de humedad inicial y que decaen suavemente hacia el fin de los ensayos.

Los cambios en la forma, área y perímetro de la muestra a lo largo del tiempo de secado son coherentes con el peso que evidencia la pérdida de humedad. Sin embargo, la adquisición de imágenes desde la posición cenital hace que se descarten datos sobre el espesor y alabeo de la muestra, que podrían cambiar los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- Campos-Mendiola, R., H. Hernández-Sánchez, J.J. Chanona-Pérez, L. Alamilla-Beltrán, A. Jiménez-Aparicio, P. Fito & G.F. Gutiérrez-López. Non-isotropic shrinkage and interfaces during convective drying of potato slabs within the frame of the systematic approach to food engineering systems (SAFES) methodology. *J. Food Eng.* 83 (2), 285–292, 2007.
- Curcio, S. & M. Aversa, Influence of shrinkage on convective drying of fresh vegetables: a theoretical model. *J. Food Eng.* 123, 36–49, 2014
- da Silva, W.P., I. Hamawand & C.M.D.P.S Silva. A liquid diffusion model to describe drying of whole bananas using boundary fitted coordinates. *J. Food Eng.* 137, 32–38, 2014.
- García-Pérez, J.V., C. Ozuna, C. Ortuño, J.A. Cárcel & A. Mulet, Modeling ultrasonically assisted convective drying of eggplant. *Drying Technol.* 29 (13), 1499–1509, 2012.
- Khazaei, N.B., T. Tavakoli, H. Ghassemian, H. Khoshtaghaza & A. Banakar, Applied machine vision and artificial neural network for modeling and controlling of the grape drying process. *Comput. Electron. Agric.* 98, 205–213, 2013.
- Ortiz-García-Carrasco, B., E. Yañez-Mota, F.M. Pacheco-Aguirre, H. Ruiz-Espinosa, M.A. García-Alvarado, O. Cortés-Zavaleta, O., & I.I. Ruiz-López, Drying of shrinkable food products: appraisal of deformation behavior and moisture diffusivity estimation under isotropic shrinkage. *Journal of Food Engineering*, 144, 138-147, 2015.
- Pacheco-Aguirre, F.M., A. Ladrón-González, H. Ruiz-Espinosa, M.A. García-Alvarado & I.I. Ruiz-López, A method to estimate anisotropic diffusion coefficients for cylindrical solids: application to the drying of carrot. *J. Food Eng.* 125, 24–33, 2014.
- Panyawong, S. & S. Devahastin, Determination of deformation of a food product undergoing different drying methods and conditions via evolution of a shape factor. *J. Food Eng.* 78 (1), 151–161, 2007.
- Ponkham, K., N. Meeso, S. Soponronnarit, & S. Siriamornpun, Modeling of combined far-infrared radiation and air drying of a ring shaped-pineapple with/ without shrinkage. *Food Bioprod. Process.* 90 (2), 155–164, 2012.
- Ruiz-López, I.I., H. Ruiz-Espinosa, P. Arellanes-Lozada, M.E. Bárcenas-Pozos & M.A. García-Alvarado, Analytical model for variable moisture diffusivity estimation and drying simulation of shrinkable food products. *J. Food Eng.* 108 (3), 427–435, 2012.
- Sampson, D.J., Y.K. Chang, H.P.V. Rupasinghe & Q.U.Z. Zaman, A dual-view computer-vision system for volume and image texture analysis in multiple apple slices drying. *J. Food Eng.* 127, 49–57, 2014.
- Souraki, B.A. & A. Mowla, Axial and radial moisture diffusivity in cylindrical fresh green beans in a fluidized bed dryer with energy carrier: modeling with and without shrinkage. *J. Food Eng.*, 88 (1), 9–19, 2008.
- Yadollahinia, A. & M. Jahangiri, Shrinkage of potato slice during drying. *J. Food Eng.* 94 (1), 52–58, 2009.
- Yadollahinia, A., A. Latifi, & R. Mahdavi, New method for determination of potato slice shrinkage during drying. *Comput. Electron. Agric.* 65 (2), 268–274, 2009.
- Yan, Z., M.J. Sousa-Gallagher & F.A.R. Oliveira, Shrinkage and porosity of banana, pineapple and mango slices during air-drying. *J. Food Eng.* 84 (3), 430–440, 2008.

Utilización del rastrojo de algodón para la confección de tableros de partículas

Jiménez, Paula V.¹; Ruíz, Agustín P.¹; Pan, Estela²; Umlandt, Maximiliano²; Brandán, Rodrigo³; Medina, Juan C.¹

(1) Laboratorio de Paneles a Base de Madera, FCF- Universidad Nacional de Santiago del Estero

paulavanesajimenez@gmail.com; aguchoruiz@gmail.com; juancamedina9@hotmail.com

(2) Laboratorio de Fundamentos de Tecnología de la madera, FCF- Universidad Nacional de Santiago del Estero

epan@unse.edu.ar; maximiliano.umlandt@gmail.com

(3) Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero
rodrigobrandan83@hotmail.com

RESUMEN: En el presente trabajo se muestran avances alcanzados en una línea de investigación realizada en el Instituto de Tecnología de la Madera (FCF – UNSE), que tiene por objetivo determinar la factibilidad técnica de uso del rastrojo del algodón, para la confección de paneles aglomerados de tres capas de 0,75 g/cm³ de densidad y 18 mm de espesor. Hasta la fecha se realizaron experimentaciones de selección y reducción del material, de manera de determinar el proceso apropiado que permita adquirir una partícula óptima en lo referente a formas y dimensiones para obtener un tablero con propiedades físicas y mecánicas aceptables. Para ello, se determinaron propiedades físicas del material, densidad aparente y humedad siguiendo lo prescripto en las normas IRAM 9544 y 9532, respectivamente, y coeficiente de esbeltez de las partículas obtenidas. El rastrojo resultó con valores de peso específico de 0,45 g/cm³ al 9,5% de humedad, indicando que es un material de baja densidad. En cuanto al coeficiente de esbeltez calculado (11,5), éste resultó inferior a lo señalado por la bibliografía como óptimo para tener un producto con propiedades finales aceptables. Para mejorar este valor se recomienda cambiar cribas en molino y aumentar la humedad del material en la reducción.

ABSTRACT: In the present work, progress is shown in a line of research carried out at the Institute of Wood Technology (FCF - UNSE), which aims to determine the technical feasibility of using cotton stubble, for the production of agglomerated panels of three layers of 0.75 g / cm³ density and 18 mm thickness. Up to now, material selection and reduction experiments have been carried out, in order to determine the appropriate process for acquiring an optimum particle in terms of shapes and dimensions to obtain a board with acceptable physical and mechanical properties. Physical properties of the material, specific gravity and humidity, following the requirements of IRAM standards 9544 and 9532, respectively, and the slenderness coefficient of the particles obtained were determined. The stubble resulted with specific weight values of 0.45 g / cm³ at 9.5% humidity, indicating that it is a low density material. As for the calculated slenderness coefficient (11.5), it was lower than that indicated by the bibliography as the optimum to have a product with acceptable final properties. In order to improve this value, it is recommended to change screens in the mill and increase the humidity of the material in the reduction.

Palabras claves: valor agregado – residuo - coeficiente de esbeltez.

Keywords: value added – waste - slenderness coefficient.

1 INTRODUCCIÓN

El algodón (*Gossypium hirsutum*) es considerado a nivel mundial uno de los cultivos más

importantes, proporciona materia prima para la industria textil, y en la industria alimentaria tiene un papel importante, pues sus semillas tienen un

alto contenido en aceites y proteínas. Sin embargo, en muchos países los cultivos de algodón aportan escasas ganancias para el agricultor: los altos costos de inversión, la baja productividad debido a enfermedades en las plantas y la gran incidencia de pesticidas son las principales razones de los bajos ingresos que representa este cultivo (ICAC, 2010).

En la actualidad, en Argentina, Chaco -que supo ser históricamente la provincia algodonera- se muestra disminuyendo su producción de manera paulatina. Esta situación ha propiciado el crecimiento de Santiago del Estero posicionándolo en primer lugar a nivel nacional, contando con 131.500 hectáreas sembradas de algodón según datos de la Secretaría de Ganadería, Pesca y Agricultura de la Nación (2018), lo que representa el 44% de la producción nacional.

Una vez que el cultivo es cosechado y aprovechado para sus diferentes fines, los rastrojos son quemados en los campos agrícolas, dado que por lo general el agricultor no cuenta con destinos definidos para los mismos (ICAC, 2010).

Las industrias que no venden o aprovechan los residuos deben afrontar gastos adicionales para su manejo y disposición (y exponerse a contravenir normas ambientales si no lo hicieran apropiadamente), además de generar riesgos laborales y de seguridad dentro de la empresa (Medina et al., 2011).

Por su parte, Jiménez et al. (2017) menciona que la industria de la madera tiene la característica de generar grandes volúmenes de residuos durante el proceso de explotación forestal y elaboración de la misma. La acumulación de residuos, además del perjuicio que genera al ambiente en general, también origina un problema económico para las empresas que deben destinar dinero al manejo de estos materiales y la ocupación de terrenos para su acumulación.

De acuerdo a Medina (2012), la industria del aglomerado consume grandes volúmenes de residuos forestales. La integración del tallo de algodón como residuo a la cadena productiva de tableros aglomerados cobraría una importancia no menor, en especial en lo concerniente a lo ambiental y económico.

La inclusión del tallo de algodón en forma de partículas a un aglomerado requiere que se realicen investigaciones previas para establecer

las condiciones apropiadas de preparación del material y fabricación de los tableros, teniendo en cuenta parámetros como la densidad, la humedad y la geometría de las partículas, entre otros.

El tipo y forma de la partícula es determinante en cuanto a la calidad del panel a producir. Así, la resistencia del aglomerado depende de la propia resistencia de la partícula y de su capacidad para transmitir la misma al panel. La resistencia de la partícula depende fundamentalmente de su peso específico, y su capacidad de transmisión depende del tipo y forma de aplicación de la cola, así como de las características de las partículas (Ginzel y Peraza, 1966).

Dado que la planta de algodón presenta características similares a las latifoliadas y que su aprovechamiento habitual genera residuos que no se utilizan para un destino con mayor beneficio, este trabajo propone la fabricación a nivel experimental de aglomerados a partir de rastrojos de algodón. Determinando sus propiedades físicas y mecánicas, con el fin de inferir si los mismos resultan técnicamente aptos para su uso en interiores. De esta manera, se espera contribuir al conocimiento de un uso alternativo de un residuo con potenciales ventajas a diferentes niveles (agrícola industrial y ambiental).

2 METODOLOGÍA - MATERIALES

2.1 *Recolección del material*

La recolección del material se realizó en el campo experimental La María perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ubicado en la Ruta Nac. N° 9 Km. 1109 de Santiago del Estero, se extrajo la cantidad necesaria de este residuo para la fabricación de 12 tableros (120 kg). El rastrojo fue extraído de la playa de acopio, en las mismas condiciones en la que se lo descarta y fue depositado en las instalaciones del Instituto de Tecnología de la Madera (ITM), Facultad de Ciencias Forestales - UNSE.

2.2 *Preparación de la materia prima*

En un primer momento se procedió a la limpieza del rastrojo de algodón, con el fin de eliminar hojas, capullos y todo material indeseable, para así obtener el tallo limpio. A continuación, se procedió a humedecer los tallos para facilitar su manipulación y posterior tratamiento en maquinaria. Una vez humedecidos, éstos fueron

reducidos en la carpintería del ITM a una longitud de 8 cm; seguidamente se procedió a agruparlos en fardos de 200 cm³. Estas dos últimas operaciones se realizaron con la finalidad de poder efectuar la alimentación de la astilladora con este material. Todas estas actividades se muestran en las Fig. 1, 2, 3 y 4.



Figura 1: Limpieza del rastrojo de algodón.



Figura 2: Humedecimiento del rastrojo de algodón.



Figura 3: Recorte de los tallos en sierra circular.



Figura 4: Fardos de rastrojo de algodón.

Durante el desarrollo de las actividades anteriormente mencionadas, se tomaron 40

muestras al azar del material para determinar su densidad y contenido de humedad.

La reducción primaria de los tallos se realizó en una astilladora marca BENZER, modelo Kleinspaner K20, y la reducción secundaria en un molino CONDUX de golpe cruz. Estas operaciones se muestran en la Fig. 5.



Figura 5: Reducción primaria y secundaria del rastrojo en astilladora y molino.

Seguidamente, las partículas obtenidas se secaron a una humedad final del 10 % recomendada por el fabricante del adhesivo a utilizar (urea-formaldehído). Una vez secas las partículas, éstas fueron clasificadas por tamaño mediante una zaranda oscilatoria marca ALLGAIER, modelo AST 600, utilizando 3 mallas con abertura de 10 mm; 3 x 9 mm y 0.3 mm, para conocer la composición granulométrica y eliminar el polvo y las partículas más grandes. De estas partículas se separaron 200 muestras al azar para medir sus dimensiones y determinar el coeficiente de esbeltez.

2.3 Densidad

Para la determinación de la densidad aparente se siguió lo prescrito en la norma IRAM 9544 (1985), ecuación (1).

$$Da = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Donde:

Da= densidad expresada en g/cm³

P= peso expresado en g.

V= volumen expresado en cm³.

Para la determinación del peso del rastrojo se utilizó una balanza analítica de 0,01 g. de precisión. La determinación del volumen se realizó mediante el método de desplazamiento de agua (ecuaciones 2, 3, 4 y 5).

$$P = E \quad (2)$$

Donde:

P= peso del líquido desplazado
 E= empuje del líquido desplazado
 Por hidrostática, se tiene:

$$E = V \times D \quad (3)$$

V= volumen del líquido desplazado o volumen de la probeta.

D= densidad del agua

$$P = V \times D \quad (4)$$

Al ser la densidad del agua igual a 1 g/cm³

$$P = V \quad (5)$$

2.4 Humedad

En cuanto a la determinación de la humedad del rastrojo, se trabajó siguiendo lo prescrito en la norma IRAM 9532 (1963) acorde a la ecuación (6).

$$H = \frac{P_h - P_o}{P_o} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

H= humedad expresada en %

P_h= peso húmedo expresado en g.

P_o= peso anhidro expresado en g.

2.5 Coeficiente de esbeltez

El coeficiente de esbeltez es el cociente entre largo y el espesor de la partícula, ecuación (7).

$$CE = \frac{L}{e} \quad (7)$$

Donde:

CE= coeficiente de esbeltez

L= largo de la partícula expresado en mm.

e= espesor de la partícula expresado en mm.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Densidad

El rastrojo de algodón resultó con una densidad igual a 0,45 g/cm³ (Tabla 1), lo que indica que es un material de baja densidad. Asimismo, Maloney (1993) y Hillig (2000), señalan que especies con densidad de entre 0,40 y 0,60 g/cm³ son las más empleadas y recomendadas para la producción de tableros de partículas. De acuerdo con esto, el

rastrojo de algodón constituye una materia prima alternativa para la producción de este tipo de tableros.

3.2 Humedad

Se estableció que el rastrojo contenía un 9,5% de humedad (Tabla 1), indicando que el material se encontraba demasiado seco para llevar a cabo tratamientos posteriores. Ya que como lo señala Jiménez et al. (2017), el material puede producir demasiados finos durante su reducción.

Tabla 1. Valor medio y coeficiente de variación de la densidad y humedad del rastrojo de algodón.

Propiedad	Media	C.V.
Densidad	0,45 g/cm ³	8,2%
Humedad	9,5%	5,4%

3.3 Coeficiente de esbeltez

El coeficiente de esbeltez calculado fue de 11,5 (Tabla 3), inferior al valor mínimo recomendado (60) para que las propiedades físicas y mecánicas de los tableros sean aceptables de acuerdo a Ginzel y Peraza (1966) y Peredo (1988). Cuando la esbeltez no se encuentra en el rango teórico prescrito de 60 a 120, se notan tendencias dispares en las propiedades físico-mecánicas (Poblete, 1985). Valores de coeficiente de esbeltez fuera del rango ideal afecta negativamente el comportamiento mecánico, reduciendo la resistencia a la flexión de los tableros. Para mejorar este valor se recomienda cambiar cribas en molino y aumentar la humedad del material en la reducción.

Tabla 3. Valor medio de largo y espesor de las partículas del rastrojo de algodón y su correspondiente coeficiente de esbeltez.

Material	L (mm)	E (mm)	C.E.
Rastrojo	4,6	0,4	11,5

4 CONCLUSIONES

El rastrojo de algodón posee una densidad de 0,45 g/cm³, lo que indica que es un material de baja densidad. Constituyendo una materia prima alternativa para la producción de tableros aglomerados.

El rastrojo resultó con un 9,5% de humedad, encontrándose demasiado seco para llevar a cabo tratamientos posteriores.

El coeficiente de esbeltez resultó inferior al valor mínimo recomendado por lo que se recomienda cambiar cribas en molino y aumentar la humedad del material en la reducción.

REFERENCIAS

- Ginzel W. y C. Peraza, Tecnología de los tableros de partículas, Ministerio de Agricultura, Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid, España, 1966.
- Hillig, E. Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeira de Pinus, eucalipto e acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino formaldeído, Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.
- IRAM 9532, Método de determinación de humedad, Instituto de Racionalización de Materiales, Buenos Aires, 1963.
- IRAM 9544, Método para la determinación de la densidad aparente, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, 1985.
- Jiménez, V., J. C. Medina, M. Umlandt, E. Pan, A. Ruíz, F. Benítez y A. Ludueña, Residuos lignocelulósicos en la fabricación de paneles aglomerados, In: 1ER. CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA, Entre Ríos, Argentina, 2017.
- Maloney, T. M. Modern particleboard & dry-process fiberboard. San Francisco: Miller Freeman, 1993, 681 p.
- Medina, J. C. Ruiz, A. P.; Carranza, M.E. & Hoyos, G. Uso de los residuos de carpintería. In: V CONGRESO FORESTAL LATINOAMERICANO. EL FUTURO DEPENDE DE LOS BOSQUES, Lima, Perú, 2011.
- Medina, J. C. Calidad de los aglomerados. Curso de Postgrado, Programa de Doctorado en Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina, 2012.
- Peredo, M., Fabricación de tableros de partículas para uso en exteriores, Revista Bosque, 9, 1, 35-42, 1988.
- Poblete, H., Influencia del tamaño de la partícula sobre las propiedades mecánicas flexión y tracción en tableros de partículas aglomerados con urea formaldehído, In: SIMPOSIUM PINUS RADIATA INVESTIGACIÓN EN CHILE, Valdivia, Chile, 241 – 256, 1985.
- Secretaría de Ganadería, Pesca y Agricultura (SAGPyA). Boletín para el sector algodonero, Ministerio de Producción y Trabajo Presidencia de la Nación, 2018, 16 p.
- International Cotton Advisory Committe (ICAC), Utilisation of Cotton Plant By-Product for Value Added Products, final Report of Proyect CFC/ICAC/20, CFC Technical Paper N° 58, 2010, 87 p.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio de Energía de Biomasa, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Ing. Myriam E. Ludueña y al Téc. Ramón Cardozo; al carpintero Sr. Juan C. Díaz por su colaboración.

Detección y monitoreo de zonas anegadas por medio de imágenes de VANT utilizando Redes Neuronales Artificiales

Juárez, Gustavo E.¹, Franco, Leonardo², Ferrao, Hilda N.³, Menéndez, Franco D.⁴ y Pérez, Jorge O.³

(1) DEEC – FACET- Argentina , Depto. De Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga, España; gjuarez@herrera.unt.edu.ar

(2) Departamento. de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga, España, lfranco@lcc.uma.es.

(3) Laboratorio Tecnológico Procesamiento Digital de Señales, Departamento de Electricidad, Electrónica y Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. lpdi@herrera.unt.edu.ar.; jperez@herrera.unt.edu.ar

(4) Laboratorio de Inteligencia Artificial, Departamento de Electricidad, Electrónica y Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. fmenendez@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN: Este documento presenta una implementación desarrollada para el monitoreo y análisis de regiones inundadas utilizando imágenes grabadas de vehículos aéreos no tripulados (UAV) (Holland, 2003) utilizando técnicas de inteligencia computacional para el procesamiento de imágenes. La estrategia de trabajo se basa en el uso de una cámara de conexión IP montada en el vehículo aéreo no tripulado para la captura y transmisión de una secuencia de imágenes para el análisis en tiempo real, detección y cuantificación de zonas rurales anegadas, permitiendo la emisión de mensajes de alerta a los centros de monitoreo (Zhen Jia et al, 2008). El desarrollo algorítmico se incorporó a un prototipo de dron con dispositivos de guía y control para trayectorias automáticas de seguimiento de vehículos. Los algoritmos desarrollados, la integración tecnológica y los resultados experimentales obtenidos de ensayos controlados muestran la efectividad y el alcance del prototipo construido.

ABSTRACT: This paper presents an implementation developed for monitoring and analysis of flood regions using images recorded from unmanned aerial vehicles (UAVs) (Holland, 2003) using computational intelligence image processing techniques. The work strategy is based on the use of a camera with IP connectivity mounted on an air unmanned vehicle for the capture and transmission of a sequence of images for real-time analysis for detection and quantification of flood rural areas, allowing the emission of alert messages to monitoring centers (Zhen Jia et al, 2008). The algorithmic development was incorporated into a prototype drone with guidance and control devices for automatic vehicle tracking trajectories. The developed algorithms, the technology integration and the experimental results obtained from controlled trials shows the effectiveness and scope of the prototype constructed.

Keywords—Artificial Neural networks, Image Processing, UAS

I. INTRODUCCION

La utilización de tecnologías de la información y las comunicaciones para adecuar el manejo de suelos y cultivos a las distintas especies vegetales (naturales o inducidas) en la actividad agrícola, es una técnica que en la República Argentina se incorporó en los finales del siglo XX. El uso de herramientas tales como GPS, sensores de

humedad o banderilleros satelitales, permiten recopilar datos en tiempo real sobre lo que sucede en un cultivo, con lo cual se pueden tomar decisiones eficientes para el manejo del mismo. Si no se dispone de información localizada en tiempo real, las acciones correctivas demoran en aplicarse, sumando a esto un costo económico muy elevado, dado que los datos recolectados de un área específica no necesariamente representan el estado global del campo, llevando entonces al

desaprovechamiento de recursos técnicos y económicos al aplicar acciones predefinidas en forma global. Otros aspectos críticos que afectan la productividad agrícola están relacionados con los factores climáticos (temperaturas y precipitaciones) que afectan las áreas sembradas al producir anegamientos provocados por la irrigación excesiva. Es necesario aclarar que el anegamiento en términos geológicos debe ser entendido como la acumulación e imposibilidad de drenaje de agua en zonas específicas (a diferencia una inundación general) que ocasiona apelmazamiento del suelo y su posterior salinización, efectos negativos que deben ser cualificados y cuantificados con urgencia por parte del productor agrícola, a fin de tomar decisiones sobre el proceso productivo (INTA, Intainforma.gov.ar). El presente trabajo permite obtener información sobre el estado de superficies destinadas a la agricultura en condiciones de difícil acceso, para el caso de anegamientos en zonas con dificultades de acceso por medios terrestres.

Las tecnologías basadas en VANT, permiten realizar capturas de imágenes aéreas en zonas agrícolas, para su posterior análisis y extracción de conocimientos útiles para la toma de decisiones. Los métodos y procedimientos para el análisis de las imágenes recolectadas abarcan un amplio espectro de puntos de interés tales como: reconocimiento de objetos específicos, tamaños y formas, colorimetría de áreas y reconocimiento de patrones. La información aportada por los VANT y el post procesamiento de imágenes permiten entonces, al productor agrícola medir y analizar la complejidad de parámetros intrínsecos a los diferentes tipos de cultivos, incorporando la habilidad de reconocer en tiempo real la evolución del crecimiento de las especies vegetales y los factores externos que la afectan, logrando así maximizar los rindes por unidad de área sembrada.

Los estudios de producción, rendimiento, control y monitorización del estado de los cultivos mediante imágenes multiespectrales, facilitan la realización de tareas en el sector agrícola, tales como el control de la eficiencia de regadíos, conteo y supervisión de producción agrícola, y determinación de zona anegadas por efecto de lluvias, inundaciones o desbordes de canales de riego. Este último aspecto presenta características críticas en la provincia de Tucumán (República

Argentina), dado que como se muestra en la Fig. 1 (SOP Tucumán), las montañas ubicadas al Oeste de la provincia componen un accidente geográfico que canaliza el agua de lluvias sobre la zona agrícola más productiva ubicada en la zona Este de la misma.

En el caso de estudio mostrado en el cuerpo de esta presentación, se utiliza la tecnología mencionada en conjunto con algoritmos desarrollados para la determinación de áreas bajo anegamiento correspondientes al Dpto. Cruz Alta (Tucumán, Argentina) ($27^{\circ}17'56''$ S, $65^{\circ}02'10''$ O).



Figura 1: Mapa de la provincia de Tucumán con imágenes de ríos propensos a sufrir desbordamientos

La estructura del trabajo, está organizada del siguiente modo, en una primera parte se muestra el análisis del hardware y el sistema de vuelo diseñado para el control del vehículo aéreo no tripulado. En una segunda parte se analiza la metodología algorítmica para el post procesamiento de las imágenes capturadas, y finalmente algunos ensayos y resultados demostrativos del comportamiento del sistema desarrollado.

CONTROL DE TRAYECTORIAS

A. Esquema de Control

La automatización del recorrido de las trayectorias a recorrer por parte del vehículo auto guiado, a fin de cubrir la totalidad del área terrestre en análisis, requiere de dos etapas, una primera destinada a planificar el conjunto de trayectorias en función de la superficie, velocidad media del móvil y el ángulo de cobertura de la cámara digital para la captura de las imágenes. Fig. 1: Mapa de la

provincia de Tucumán con imágenes de ríos propensos a sufrir desbordamientos.

El procedimiento es realizado en forma automática a partir de la planimetría del terreno, y los datos asociados a los parámetros mencionados. El resultado permite contar con un conjunto de puntos de trayectorias en la forma de pares ordenados de longitud y latitud terrestres georeferenciadas compatibles con el protocolo NMEA (National Marine Electronics Association), (gpsinformation.org), de uso en los sistemas GPS comerciales. En la Fig. 2, se muestran las referencias para un punto dado del plano, con una altitud contante (altitud media de vuelo) en el plano xy.

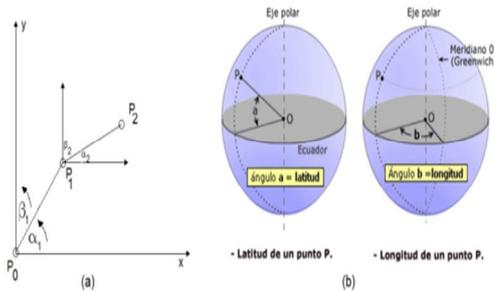


Figura 2: longitud y latitud terrestres.

La segunda etapa comprende el control de las trayectorias a seguir de acuerdo al conjunto de datos planificados en la primera fase. Operativamente se trata del seguimiento de un conjunto de puntos almacenados en una base de datos, contando como referencias la información provista por un GPS (sistema Ublox NEO-6M) (Octopart.com.es), y un compás magnético (sistema HMC5883L) (Farnell.com) (botscience.net) ambos con salidas en formato serial e interconectados con una computadora Raspberry Pi, utilizada como soporte principal para el control del móvil y el procesamiento de datos y señales. El GPS provee las coordenadas terrestres a ser comparadas con los puntos de trayectorias a seguir, y el compás magnético indica el ángulo de desvío entre puntos consecutivos. Un sistema de control digital del tipo PID (Ogata, 2010), (besoft.com.es) permite corregir los desvíos en tiempo real a fin de movilizar el vehículo por las trayectorias planificadas. En la Fig. 3 se muestra el concepto descrito anteriormente, para el plano XY.

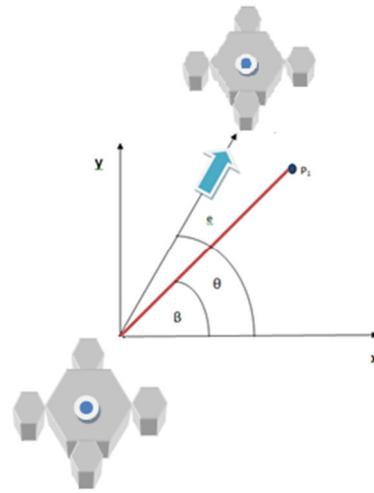


Figura 3: Seguimiento de trayectorias

B. Manejo de errores e incertidumbres de medidas

El esquema de control de vuelo descrito anteriormente está basado en las medidas de posicionamiento y ángulo provistas por los instrumentos GPS y el compás angular. Estas mediciones poseen los errores propios de cada instrumento más el ruido de medición, el resultado final es que este conjunto de medidas requiere de una corrección instantánea para la correcta navegación del sistema, el método escogido es la utilización de un filtro de Kalman (Mohinder et al.) (Simon, 2006). A tal fin se programó el filtro asociado a las ecuaciones odométricas del móvil (para un vuelo de altitud constante), permitiendo un mejor direccionamiento del móvil en el plano horizontal.

De los muchos métodos utilizados para la estimación de los valores verdaderos a partir de mediciones ruidosas, el filtro de Kalman presenta la particularidad de aportar una estimación óptima a partir de un cálculo computacional simple, lo que hace posible su implementación con tecnología de microcontroladores. El filtro de Kalman requiere para su funcionamiento de las medidas de los sensores y la ecuación de estados con la evolución de las variables físicas a estimar, así también como de condiciones mínimas necesarias para su aplicación: ruido de valor medio cero y distribución Gaussiana normal. En este primer desarrollo se trabajó con el modelado y programación del algoritmo original propuesto por Kalman, considerando al móvil en condiciones de linealidad. Las expresiones mostradas en (1),

indican el conjunto de funciones paramétricas que rigen el modelado de Kalman. Las mismas contemplan los estados de las variables y las mediciones de las mismas.

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= f(x_k, u_k, \eta_k) \\ z_k &= h(x_k, v_k) \end{aligned} \quad (1)$$

x : Vector de estado de las variables (lat , $long$, d , θ_l)

u : Ruido de medición

η : Ruido del proceso

z : Vector de medidas

v : Vector de ruido de medición

Los dos procesos del filtro interactivo de Kalman, estimación y actualización fueron implementados previamente a modo de control del funcionamiento del algoritmo mediante el software matlab, para el caso del móvil propuesto se plantearon las ecuaciones mostradas en las expresiones (2) y (3).

$$\begin{aligned} \hat{x}_k &= A_k \hat{x}_{k-1} + B u_{k-1} \\ P_k &= A_k P_{k-1} A_k^T + \eta_k Q_{k-1} \eta_k^T \end{aligned} \quad (2)$$

P_k, P_{k-1} : covarianzas del error actual y a priori

Q_{k-1} : covarianza del ruido del proceso

A_k : Jacobiano de la función de proceso

$$\begin{aligned} K_k &= P_k H_k^T (H_k P_k H_k^T + V_k R_k V_k^T)^{-1} \\ \hat{X}_k &= \hat{X}_{k-1} + K_k (Z_k - h(\hat{X}_k, 0)) \\ P_k &= (1 - K_k H_k) P_k \end{aligned} \quad (3)$$

K_k : ganancia de Kalman

R : covarianzas del ruido de medición

V : Jacobiano del ruido de medida de v

H : Jacobiano del ruido de medida de h

La ganancia de Kalman se fijó con un valor inicial de $K=0.5$, la expresión (4) indica la estructura del vector de estado utilizado para la simulación computacional.

$$X_k = \begin{bmatrix} lat_k \\ long_k \\ \theta_k \\ d_k \end{bmatrix} \quad (4)$$

X_k : actualización de estados

lat_k : latitud estimada

$long_k$: longitud estimada

θ_k : ángulo estimado

d_k : distancia estimada

La implementación algorítmica del filtro de Kalman, y el esquema de control permiten recorrer en forma autónoma las trayectorias prefijadas con un mínimo de error, en la Fig. 4, se muestra una curva de valoración sobre el ajuste de seguimiento de las trayectorias obtenidas con y sin utilización del filtro de Kalman, para el caso de las lecturas del GPS.

ADQUISICION DE IMAGENES

El proceso de adquisición de imágenes se logró mediante la utilización de una cámara fotográfica digital Raspberry Pi 3, montada sobre el VANT, la cual permite la captura de imágenes con resolución 1080p.

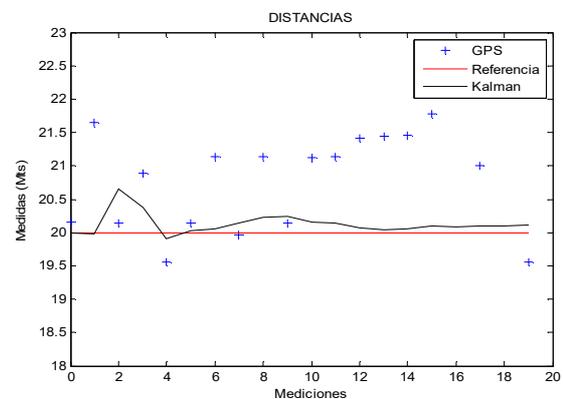


Figura 4: Lecturas y correcciones de GPS.

El software de gestión desarrollado en Python permite configurar la velocidad de captura a un máximo de 25 fps.

POST PROCESAMIENTO MEDIANTE REDES NEURONALES

El proceso de post procesamiento y análisis se lleva a cabo en el software base ejecutable en Microsoft Windows, realizada a partir de la versión interpretada en Matlab. La función de este software es la de determinar las zonas de anegamiento y el cálculo de aéreas con cobertura de agua. Para esto se procedió a utilizar una determinación de patrón colorimétrico utilizando una red Perceptron Multicapa (MLP) y una posterior descomposición RGB como se describe a continuación.

Las redes neuronales artificiales son sistemas paralelos, distribuidos y adaptativos (Rumelhart et al, 1986). Mediante un proceso de aprendizaje supervisado, una red neuronal ajusta su conjunto de pesos sinápticos, incorporando la información suministrada para su posterior utilización en la clasificación de nuevos datos. En el caso de problemas de reconocimiento de imágenes en un entorno de ambiente natural, el uso de redes neuronales permite, por ejemplo, determinar a qué especie pertenece el árbol que aparece en una imagen. Para esto se desarrolló una base de datos compuesta por diferentes clases de objetos presentes en el entorno que se desea procesar.

La problemática de los últimos años en la zona norte de Argentina, fue el aumento de las precipitaciones, lo cual presenta como problemática asociada, el anegamiento de los campos por el desborde de ríos.

Con el fin de desarrollar el procesamiento digital de las imágenes captadas por el VANT, se usó una red neuronal artificial, justificado esta elección en el potencial que presenta esta técnica para reconocer patrones en imágenes durante su análisis (pre-procesamiento, detección de objetos y su clasificación). El modelo de red neuronal elegida es la Perceptron Multicapa (MLP) con Algoritmo de Aprendizaje Backpropagation (Haykin, 1994), en virtud de que no es posible la separación lineal de colores y la naturaleza del resto de los colores [Harald].

Para la simulación del funcionamiento de la Red neuronal, se utilizó la imagen de la Fig. 5, la cual fue segmentada con el fin de separar los colores

correspondientes a la representación del agua, del resto de los objetos que se corresponden con la vegetación del campo. La complejidad asociada al caso de estudio está relacionada con el color que el agua refleja. Como puede observarse, la toma de imágenes se realizó un día nublado, a una altitud de 300 metros.



Figura 5: Imagen de la zona anegada captada por el VANT

El análisis de colores de pixeles busco diferenciar los azules de los verdes y rojos, dado que, por aproximación al color analizado, esta gama se acercaba con mayor aproximación al objetivo (Pérez et al, 2016).

ANÁLISIS DE IMÁGENES

Con la determinación del patrón colorimétrico de anegamiento mediante el procesamiento de redes neuronales, se logra contar con la información referida a las zonas anegadas mediante el análisis de por descomposición RGB, es posible determinar las aéreas específicas en forma cualitativa y cuantificada, este algoritmo se corresponde al modo substractivo de colores y posterior binarización de imágenes. En la Fig. 5, se muestra una imagen correspondiente a una zona anegada, la Fig. 6 y la Fig. 7, muestran los resultados obtenidos del procesamiento de imagen.

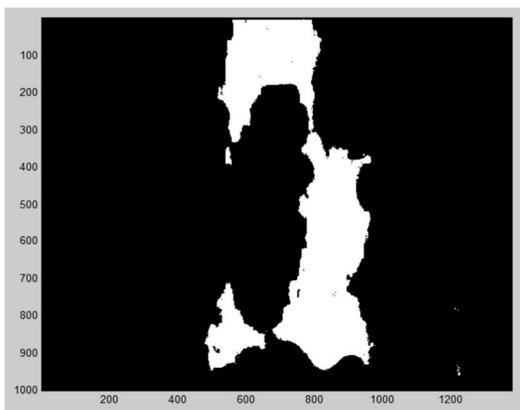


Figura 6: Binaria positiva

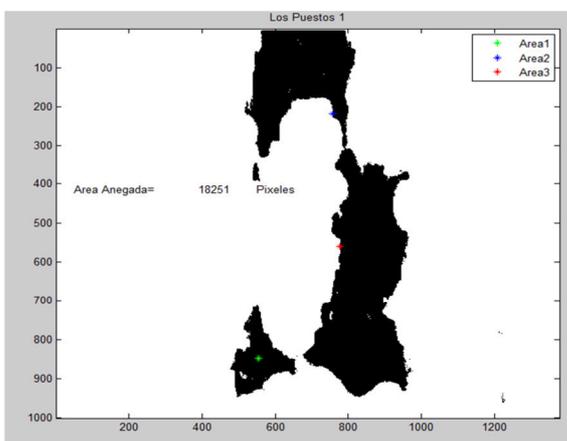


Figura 7: Imagen con el cálculo de Áreas anegadas

CONCLUSIONES

El trabajo presentado resume el procedimiento automático de captura, procesamiento y análisis de imágenes mediante tecnología drone. Los resultados obtenidos permiten contar con información valiosa para los agricultores en condiciones climatológicas desfavorables. Si bien el desarrollo está planteado para el caso de zonas anegadas el mismo es fácilmente redirigido a otras tareas, tales como la localización y medición de zonas de sequías o malezas en sembradíos modificando la función de valoración de la red neuronal para la determinación del patrón colorimétrico. Se trata de un trabajo en desarrollo por lo cual los resultados preliminares deben ser considerados como un primer resultado en el marco del proyecto de investigación sobre tecnologías drones.

REFERENCIAS

- Haykin, S., "Neural networks. A comprehensive foundation". IEEE Press, 1994.
- Holland, John M.. Designing Autonomous Mobile Robots: Inside the Mind of an Intelligent Machine. Newnes. 2003.
- Küppers, Harald. Fundamentos de la Teoría del Color. Gustavo Gill S.A.Espana-Barcelona, 22-35, 97-105, 145-149, 1980.
- Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews . Kalman Filtering: Theory and Practice Using MATLAB. Wiley-Interscience. 2001.
- Ogata, Katsuhiko, "Ingeniería de Control Moderna". Prentice Hall. pp. 567-592. 2010
- Perez, J. O., Ferrao H., Juárez G. E. and Sarapura R., "Sistema de navegación autónoma por seguimiento de trayectorias", XI JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA, DE FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA, Jujuy, Junio 2016
- Rumelhart, D.E. ; McClelland, J. L. "Parallel distributed processing". Vol 1: Foundations. Vol 2: Psychological and biological models. MIT Press, 1986.
- Simon, Dan, Optimal State Estimation Kalman, H., and Nonlinear Approaches. Cleveland State University. John wiley & Sons. 2006.
- Zhen Jia, Arjuna Balasuriya and Subhash Challa , Autonomous Vehicles Navigation with Visual Target Tracking: Technical Approaches, Algorithms, algorithms www.mdpi.com/journal/algorithms, ISSN 1999-4893, 2008.
- INTA, Intainforma.inta.gov.ar/?p=31107
- <http://comunicaciontucuman.ob.ar/>
- <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>.
- <https://octopart.com/neo-6m-0-001-u-blox-103344288>
- http://botscience.net/store/index.php?route=product/product&product_id=73.
- <https://www.farnell.com/datasheets/1683374.pdf>.
- <http://besoft.com.es/tutorial-arduino/tutorial-arduino-puntos-cardinales-usando-brujula-hmc5883l/>

Ingreso y competencias en lectoescritura científica, acciones de articulación

Ledesma Venecia, Silvana^{1,2}; Bravo, Silvia^{1,2} y Pesa, Marta¹

(1) *Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional
martapesa09@gmail.com*

(2) *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.
sbravo@herrera.unt.edu.ar; sledesmavenecia@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN: Para los ingresantes a carreras de ingeniería son imprescindibles las competencias básicas en lectura y escritura científica.

El desarrollo de competencias de lectura implica la construcción de una habilidad epistémica para interpretar y otorgar significado a la información, mientras que el aprendizaje de la escritura actúa como vía de construcción y acceso a habilidades cognitivas superiores.

Este trabajo tiene por objetivo realizar un aporte a las distintas acciones de articulación entre los niveles medio y universitario, presentando el desarrollo de una propuesta didáctica para el nivel medio, basada en actividades experimentales, y dirigida al desarrollo gradual de competencias en lectura y escritura científica. Se plantean los objetivos de la propuesta, la secuencia de actividades y los resultados alcanzados en cuanto a la redacción científica y a la comprensión conceptual del lenguaje científico. El análisis de los resultados muestra un desarrollo gradual de las competencias consideradas. Se evidencian mejoras en la redacción científica, además de una mayor comprensión conceptual del lenguaje científico. En este marco el rol del docente se concibe como un guía y orientador en la resolución de problemas y actividades intencionalmente planificadas para el logro de aprendizajes de nivel superior.

ABSTRACT: For those entering engineering careers, basic skills in reading and scientific writing are essential.

The development of reading skills involves the construction of an epistemic ability to interpret and give meaning to information, while writing learning acts as a way of building and accessing higher cognitive skills.

This work aims to make a contribution to the different articulation actions between the middle and university levels, presenting the development of a didactic proposal for the middle level, based on experimental activities, and aimed at the gradual development of skills in reading and scientific writing. The objectives of the proposal, the sequence of activities and the results achieved in terms of scientific writing and conceptual understanding of scientific language. The analysis of the results shows a gradual development of the competences considered. There are improvements in scientific writing as well as a greater conceptual understanding of scientific language.

In this framework, the role of the teacher is conceived as a guide for solving problems and activities intentionally planned to achieve higher level learning.

Palabras claves: Lectura científica- Escritura Científica- Competencias- Articulación

Keywords: Scientific Reading- Scientific reading- Competences- Articulation

1 INTRODUCCIÓN

Entre las competencias básicas, transversales y específicas para el ingreso universitario a carreras de ingeniería, el CONFEDI insta a que las asignaturas científicas privilegien el razonamiento lógico, la argumentación, la experimentación, el uso y organización de la información y la apropiación del lenguaje común de la ciencia y la

tecnología (CONFEDI 2014).

El lenguaje científico es un pilar de la ciencia, y son las personas que pertenecen a la comunidad científica las encargadas de enseñarlo, por medio de la enseñanza de su disciplina, a los aspirantes a formar parte de la misma (Lemke,1997).

En este trabajo se desarrollaron contenidos contemplados por el Ministerio de Educación de

la provincia de Tucumán para este nivel educativo. Los estudiantes trabajaron en el aula con los conceptos de magnitudes físicas, mediciones directas e indirectas de magnitudes físicas y algunos conceptos de cinemática, tales como velocidad y rapidez.

Las actividades realizadas, tendientes a ser un aporte a la articulación entre la educación secundaria y universitaria -las cuales, en general, están centradas en los últimos años de la escuela media-, se plantean en los primeros años considerando que el desarrollo de la lectoescritura científica es un proceso a largo plazo y requiere más tiempo de internalización para poder lograr el nivel de abstracción requerido por las competencias de ingreso a la educación universitaria.

Existen diversas definiciones del término “competencias” gracias a las distintas corrientes de pensamiento psicológico y sociológico. Se pueden mencionar por ejemplo, la definición de Prieto (2012) como “estar capacitado o ser diestro en algo”, y la definición de Perrenoud (2004) que revela la complejidad del concepto, como “aptitud para enfrentar eficazmente una familia de situaciones análogas, movilizándolo a conciencia y de manera a la vez rápida, pertinente y creativa, múltiples recursos cognitivos: saberes, capacidades, micro-competencias, informaciones, valores, actitudes, esquemas de percepción, de evaluación y de razonamiento”.

Se entiende por “Educación por Competencias” a aquella que hace énfasis en el desempeño en el entorno dado de cierta combinación de actitudes que movilizan mecanismos cognitivos en torno a la consecución del desarrollo de esas habilidades utilizando como medio estrategias áulicas para llevar a cabo el currículo propuesto. Por lo que las materias no están centradas sólo en el contenido sino también en la internalización de mecanismos que ayuden a la persona al desempeño en su entorno.

Teniendo en cuenta que para que un alumno sea competente en una disciplina, previamente hubo un análisis profundo de la información, que permitió una internalización de la misma, otorgando al individuo la posibilidad de pensar de manera crítica y tomar una postura con respecto a la disciplina que maneja, como así también poder brindar una solución ante problemas que se presenten en su actividad.

Esta nueva postura de la educación surge como respuesta a una educación que necesita

actualizarse e interpela los métodos usados para enseñar, para desestructurarlos, analizarlos, y si fuera necesario, descartarlos y exigir que se tome responsabilidad sobre los resultados de la enseñanza. Ante esta innovadora postura de la educación se presenta un desafío en las aulas que lleva a muchos docentes a preguntarse, de qué manera se podría aplicar esta definición en el quehacer cotidiano.

Es a la luz de este interrogante que surge nuestra propuesta didáctica para el desarrollo del lenguaje científico.

Para desarrollar esto es necesario tener en cuenta los conocimientos propios que pueden tener internalizados los alumnos y, hacer un diagnóstico con el objetivo de planificar las actividades a realizar.

Esto es un concepto fundamental del aprendizaje significativo, el cual nos dice que para que un contenido se aprenda de manera significativa es necesario anclarlo en conocimientos previos, que no sólo se internalizan, sino que modifican esos conocimientos solidificándolos, expandiéndolos y dándole un marco en la estructura de pensamiento del individuo.

En el transcurso del ciclo lectivo 2018 se realizó la implementación de una propuesta didáctica con alumnos de primer año del nivel secundario, basada en actividades experimentales y con el objetivo de desarrollar competencias de lectura y escritura científica.

Una de las dimensiones que se pretendió desarrollar es la introducción al discurso científico a través de la lectura, como uno de los pilares necesarios para adquirir conocimiento, presentándole a los estudiantes textos, que les permitan una llegada al discurso científico, sin dejar de tener en cuenta la edad de los alumnos y las posibilidades de que la lectura de esos textos les permita, a partir de sus ideas previas, el acceso real al conocimiento. Como sabemos, parte del quehacer cotidiano del estudiante constituye la adquisición de conocimiento a través de textos acorde al tema que necesitan aprender, esta forma de auto-aprendizaje es común en muchas disciplinas y no es ajena a esto la física, y los textos de física son los encargados, en parte de esto. Por lo que el desarrollo de la competencia en la lectura científica es clave (Mar Mateos, 2009).

Es importante entonces que los textos que se proporcionan a los estudiantes, no sólo sean científicos, sino que posean un nivel adecuado,

teniendo en cuenta el conocimiento previo de los alumnos. Esto es clave, porque se pretende que el estudiante construya significados, a medida que leen, los cuales deben apoyarse en representaciones propias internas del mundo. El rol del docente en este aspecto es clave, para poder identificar el nivel que tienen los alumnos, y darles los textos que podrán ayudarles a avanzar en el conocimiento.

El abordaje de la lectura científica se introdujo a través de textos y se afianzó en el dictado formal de las clases y la entrega de textos extras con preguntas de análisis.

Según Montserrat Castelló (2009) tenemos distintos tipos de escritores: escribas, compiladores, comentaristas y escritores. Tomando la posición de escribas, compiladores, accedemos en primera instancia al conocimiento, la segunda instancia es la argumentativa que nos permite tomar una posición con respecto a lo que estamos aprendiendo. La característica de escritor es como última instancia, reservada a quien, desde una posición de conocimiento toma una postura y un punto de vista que puede ser expresado por medio de la palabra. Se entregó a los alumnos dos textos diferentes y se analizaron las respuestas del texto dado de los estudiantes a la luz de estas clasificaciones.

Se puede observar que en gran parte, las respuestas no tienen una única clasificación, siendo sólo características de escribas, compilador o comentaristas. Ante una pregunta puntual, surgen los escribas, que adquieren características de compiladores, ante una combinación de preguntas, también podemos ver compiladores a la luz de los esquemas realizados.

2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

2.1 *Objetivos*

Para poder abordar las distintas problemáticas y especificar las acciones a seguir se debe definir en primera instancia cuáles son las competencias que necesitamos que nuestros estudiantes desarrollen a través del proceso enseñanza-aprendizaje.

La siguiente lista es un detalle de lo que se pretende que el estudiante pueda realizar:

- Desarrollo de una comprensión conceptual y estructural del lenguaje científico
- Desarrollo de estrategias de lectura de textos científicos.
- El uso de la voz pasiva o la utilización de la primera persona del plural para explicar el desarrollo de los pasos experimentales.

- La supresión de modismos del lenguaje
- La utilización de los significados científicos de las palabras, separándose del habla cotidiana.
- El acercamiento de una estructura de la redacción similar a la de los informes científicos, dejando atrás la prosa.
- Desarrollo de argumentaciones.

2.2 *Secuencia de las tareas realizadas*

El pretender un adecuado desarrollo de la lectura y escritura científica conlleva un proceso necesario para la internalización de la misma. Se realizó un diagnóstico de redacciones de los alumnos sobre experiencias de física, a fin de poder reconocer el punto de partida. Y periódicamente se pidió informes sobre las tareas realizadas en el aula, para realizar un seguimiento de la gramática usada, el uso del tiempo verbal adecuado y la estructura de realización. Al mismo tiempo se les provee textos que les permitan introducirse en el tipo de texto que se está trabajando. Las actividades de redacción se dan dentro del desarrollo de las clases normales llevando al alumno por un proceso de introducción a la lectura y escritura científica.

2.2.1 *Primera instancia: Introducción*

Se parte del concepto de informe como un texto que permite contar lo realizado en todo ámbito para luego particularizarlo a tareas que se dan netamente en el desarrollo de una clase de física. Se aprovechó como punto de partida una salida realizada por los estudiantes en el marco de eventos de incentivación a las vocaciones científicas, donde pudieron observar fenómenos ópticos. Luego en clase, se les realizó las siguientes preguntas, pidiendo que respondan en una redacción, sin separar las respuestas.

¿Qué fenómenos de la física pudieron observar en el laboratorio de física matemática?

¿Puede apreciar un fenómeno similar en la vida cotidiana?

¿En qué consistió el experimento?

2.2.2 *Segunda instancia: Textos sobre la realización de informes*

A modo de introducción se les proporcionó un texto guía, adecuado a la edad, de armado de informes y monografía científica, que se discutió y trabajó en clases.

2.2.3 *Tercera instancia: Mediciones directas*

La siguiente tarea consistió en la redacción de un informe sobre una actividad de medición directa de una magnitud (dentro del tema curricular Magnitudes y Mediciones). Antes de realizar esto se recordó la estructura básica de informes.

2.2.4 Cuarta instancia: Mediciones Directas e Indirectas

Se trabajó experimentalmente con el tema mediciones indirectas (volumen o densidad), pidiendo nuevamente la redacción de un informe con el objetivo de realizar un seguimiento de la evolución de la escritura.

2.2.5 Quinta instancia: Análisis de textos a través de preguntas

Se entregó a los alumnos dos textos (Carranza, 2017) referidos a:

- mediciones de magnitudes en la historia de la física
- concepto actual de rapidez

Se realizaron preguntas para guiar la lectura y se analizaron luego los tipos de respuesta

2.2.6 Sexta instancia: Medición de Rapidez

En la sexta instancia se realizaron mediciones sencillas de rapidez y se solicitó la redacción de un informe estructurado.

3 RESULTADOS

3.1 Escritura Científica

Partiendo desde un total desconocimiento de la escritura científica, los resultados a fin de año se interpretan como satisfactorios.

La evolución en sus presentaciones fue la siguiente:

3.1.1 En la primera instancia

Las respuestas obtenidas fueron redactadas a manera de prosa. Los alumnos no hablaron del experimento, sino de la experiencia, desconociendo el sentido de la palabra *informe*, común en el ámbito de la física. En la salida de observación realizada, se notó un alto índice de pensamiento mágico, al tratar el tema del arco iris, observándose cuando algunos alumnos mezclaban el concepto físico del mismo con conceptos traídos de la literatura infantil.

3.1.2 En la tercera instancia

Las respuestas se acercaron más a lo esperado, aunque siguieron usando la primera persona del

singular. El resultado promedio de informes fue aceptable, dando cuenta de la necesidad de una guía en la estructura de redacción.

En esta actividad podemos destacar que los estudiantes ya no cuentan su experiencia, sino que se concentran en describir los detalles del experimento.

3.1.3 En la cuarta instancia

El resultado fue una mejora del lenguaje, en particular, observamos lo siguiente: el uso de la voz pasiva en la redacción, el uso de la primera persona del plural, vemos la aparición de estructura, y la redacción metodológica. Sin embargo estas pequeñas evoluciones se observan, en cada trabajo, de a una por vez. Por ejemplo, una redacción metodológica en un relato prosaico que carece de estructura, o un trabajo relatado en infinitivo, con estructura y resultados, sin incluir la metodología. Es importante destacar el avance en la redacción, sin embargo, aparece el problema del aula heterogénea, en la cual es necesario abordar cada dificultad individualmente.

3.1.4 En la sexta instancia

El resultado en esta última instancia de redacción fue muy satisfactorio, los informes fueron desarrollados en su mayoría con la estructura pedida, en cuanto a la redacción en el tiempo verbal adecuado es utilizada la segunda persona del plural en la mayoría de los alumnos.

3.2 Lectura Científica

Las características de los ejercicios presentados no dan amplias posibilidades de observar características de escritores, pero puede observarse un génesis en aquellos trabajos que tienen características de comentaristas, donde hay un indicio argumentativo. Una de las preguntas pedía la realización de un dibujo sencillo que explicara los conceptos de movimiento propuestos por Aristóteles, algunos estudiantes lograron realizar un dibujo coherente y completo, sin embargo la mayoría de los esquemas para ser completos fueron compilatorios o quedaron incompletos.

3.3 Análisis de la estructura de informes

Para analizar la evolución de la estructura de los informes presentados, nos basamos en el punto de vista de la influencia que ejerce el docente, siendo él quien introduce una primera aproximación de

los estudiantes a la estructura de informes en el ámbito académico científico.

En los primeros informes presentados podemos observar que los estudiantes estructuraron su redacción (e incluso su lenguaje) en forma de prosa, detallando cronológicamente sus experiencias. Al finalizar el curso, los mismos estudiantes presentaron informes con estructura similar a la científica, separando los aspectos teóricos de los experimentales, pero costándole aún reconocer la diferencia entre la descripción del método de trabajo con respecto a los resultados.

3.4 *Pautas metodológicas de trabajo experimental*

En cuanto a metodología de trabajo experimental lo que se pretende en los alumnos es que puedan adquirir destrezas de trabajo en laboratorio. Un trabajo formal de laboratorio tiene etapas que, a través del método científico, permiten llegar a conclusiones, que validan o no las hipótesis realizadas previamente. Estas etapas son la observación del fenómeno o hecho, el análisis del experimento en cuestión, la planificación de las medidas a realizar, el desarrollo de las mediciones, el tratamiento de datos y las posteriores conclusiones que se sacan. Este orden claro de la secuencia de trabajo, es el que nos permite volver sobre él cuando las hipótesis no pueden ser validadas para reformular las mismas.

En el caso particular del trabajo con los alumnos, se pidió que se sepan reconocer el tipo de magnitud a medir, la diferencia entre magnitudes directas e indirectas, el expresar las unidades adecuadamente. Se hizo énfasis en el tipo de magnitudes, ya que reconociendo las mismas lleva consigo el poder reconocer el instrumento que se usa para realizar la medición o las operaciones implicadas para llegar a su resultado. Luego de esto se discute con los estudiantes todas las mediciones que se han realizado. De esta manera, le permitimos reconocer un patrón de trabajo.

4 REFLEXIONES FINALES

A partir de las respuestas de los alumnos, luego de que hayan leído las lecturas proporcionadas, podemos darnos cuenta que el acceso al conocimiento se realizó desde distintas posiciones, tomando roles de escribas, compiladores o comentaristas. Cuanto mayor

cantidad de posiciones tomemos más nos acercamos a ese conocimiento que queremos alcanzar. En los estudiantes, conseguir una postura frente al conocimiento recibido de la física, es un proceso complejo; sin embargo, se pueden ver un esbozo de argumentación en sus respuestas, esto nos permite inferir que, desde una representación interna de una medición o fenómeno en particular, quien aprende trata de explicar el mundo que lo rodea con el abanico de palabras y estructuras que conoce y pudo aprender.

Nuestra postura es constructivista, no hay competencia adquirida inherentemente, que no sea a través de personas o textos que introduzcan al individuo en la disciplina.

Ante esto podemos afirmar, que toda competencia se debe abordar, practicar, y procesar. Dejando de lado la creencia que la competencia se construye a partir del conocimiento mismo, y tomando la postura de desarrollarla conscientemente a través de actividades concretas en el aula o laboratorio.

En cuanto la redacción de manera estructurada, la pregunta que nos hacemos es: ¿qué sucedería si dejáramos libres a los estudiantes, que ellos solos lleguen a una estructura coherente de informes? Ciertamente la respuesta obtenida no sería satisfactoria, debido a que existirían dos soluciones, los estudiantes presentarían sus resultados sin estructura, o accederían a la información por sus medios, observando la estructura común en la comunidad científica. Lo cierto es que, ante una presentación formal de trabajos, se debe seguir una estructura, presentar según cierta norma. Esa norma está impuesta por los pares, por lo que ellos también toman el rol de profesores de los propios científicos, y de esa manera se va construyendo una redacción que permita a la comunidad una estructura conocida, que facilite el acceso al conocimiento y a una adecuada presentación de trabajos.

Así como entre los miembros de la comunidad científica se procura una dirección en los trabajos para cumplir con lo requerido por cada convocatoria, también es necesario que el docente enseñe estructura, con el cuidado suficiente para no imponer un formato rígido de la misma, sino de tal manera que el estudiante entienda el sentido de cada parte del informe, el motivo por el que es necesario ordenar la información y principalmente entienda que, si la estructura rígida no permite explicar adecuadamente el experimento, puede ser adaptada en ciertos

aspectos para que el trabajo pueda explicitarse bien, a fin de ser entendido y pueda ser repetido por los lectores.

El lograr que el alumno internalice una metodología de trabajo y entienda que para calcular un área necesita reconocer los parámetros a medir, elegir el instrumento adecuado para hacerlo, y luego usar esos datos para el cálculo del área, obtener el resultado y sacar conclusiones con respecto a éste cálculo, está fundado básicamente en la secuencia del trabajo experimental. En el proceso de enseñanza y aprendizaje podemos ver la necesidad de desglosar la actividad en sus instancias previas, para que cada nuevo método se vaya anclando en los conocimientos vistos.

Las actividades planificadas por el docente-investigador tienen como objetivo facilitar al alumno la adquisición de un lenguaje científico. Se trata de un proceso, cuya planificación está centrada en lograr claras competencias en lectura y escritura científica por parte de los alumnos. Se intenta que los estudiantes no sólo adquieran el conocimiento exigido por las directrices curriculares, sino que se les da una herramienta que les permita expresar ese conocimiento adquirido, estructuradamente, para poder ser leído, entendido y conceptualizado. Los resultados obtenidos en la primera experiencia de implementación revelan un avance gradual en la redacción científica, donde en primera instancia la redacción era prosaica, anecdótica y en primera persona.

En el informe final los estudiantes pudieron redactar un trabajo con estructura, uso adecuado

de la sintaxis y precisión del significado de los términos científicos utilizados. En este sentido se pone en evidencia que la consecución de los objetivos planteados está directamente relacionada con las actividades didácticas formuladas en base a las competencias que queremos desarrollar.

REFERENCIAS

Barone, I. *saber usar el lenguaje*. 310-322. arquetipo grupo editorial. colombia 2004

Carranza, A. *ciencias naturales I contextos digitales*. 92,93. kapelusz. buenos aires 2017

Castelló, M. *psicología del aprendizaje universitario: la formación en competencias*. 120-133. ediciones morata. madrid 2009

Confedi. *competencias en ingeniería*. universidad fasta ediciones. mar del plata 2014

Lemke, J. *aprender a hablar ciencia. lenguaje, aprendizaje y valores*. ed. paidós. barcelona 1997

Mateos, M. *psicología del aprendizaje universitario: la formación en competencias*. 106-120. ediciones morata. madrid 2009

Perrenoud, P. *pedagogía y saberes*, pp.67-77 univ. pedagógica nacional. facultad de educación. colombia 2006

Pimienta Prieto, J. *Las competencias en la docencia universitaria*. Editorial Pearson. México 2012

Diseño de acciones para el uso de reinforcement learning en la obtención de precodificadores híbridos para massive MIMO

Lizárraga, Enrique M.^{1,2}; Herrera, Walter E.¹ y Moreno, Osvaldo¹

(1) *Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca.*
mlizarraga@tecno.unca.edu.ar; wherrera@tecno.unca.edu.ar

(2) *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.*

RESUMEN: Se analizan precodificadores híbridos para canales inalámbricos de ondas milimétricas (*mmWave*). Se supone la operación de una etapa analógica acompañada de otra digital. Esta perspectiva busca una reducida cantidad de amplificadores de RF, ya que esto determina directamente el costo y el consumo energético. Sin embargo, es comúnmente visto en esquemas MIMO (*multiple-input multiple-output*) que el número de antenas ayuda a enfrentar ciertos desafíos del canal, como la alta atenuación. Por esto el precodificador se considera un medio que permite adaptación adecuada para utilizar eficientemente ambos recursos, es decir: las antenas disponibles y los amplificadores presentes. Se estudia el caso particular de contar con un precodificador analógico con fases discretas, lo cual constituye una interesante mejora frente a alternativas de la literatura. La técnica denominada *reinforcement learning* (RL) se emplea para obtener parametrizaciones adecuadas en el precodificador, ante los diferentes estados que muestra el canal a lo largo del tiempo. Dada la naturaleza del algoritmo RL, resulta necesaria la definición de modificaciones elementales (o *acciones*) que se aplicarán a una eventual parametrización tomada como solución posible, mientras esta se refina iterativamente. En este trabajo se analizan criterios para definir estas acciones, manteniendo reducida la complejidad y la cantidad de iteraciones.

ABSTRACT: Hybrid precoders for millimeter-wave wireless channels (*mmWave*) are analyzed. The operation of an analog stage accompanied by a digital one is assumed. This perspective seeks a reduced number of RF amplifiers, since this directly determines the cost and energy consumption. However, as is commonly seen in MIMO (*multiple-input multiple-output*) schemes, the number of antennas is a key to deal with certain channel challenges, such as high attenuation. Therefore, the precoder is taken as an element that allows an adequate adaptation of both resources: the available antennas and amplifiers. In this context, the particular case of having an analog precoder with discrete phases is studied, which is an interesting improvement over alternatives in the literature. The technique called *reinforcement learning* (RL) is used to obtain convenient parametrizations in the precoder. Then, given the nature of the RL algorithm, it is necessary to define elementary modifications (or *actions*) that will be applied to an eventual parametrization taken as a possible solution, while this is iteratively refined. The focus of this work is to analyze criteria to define useful actions for this specific problem, keeping the complexity and number of iterations reduced.

Palabras claves: diseño - acciones - reinforcement learning - precodificador híbrido

Keywords: action - design - reinforcement learning - hybrid precoder

1 INTRODUCCIÓN

El espectro electromagnético se encuentra utilizado intensivamente y frente a esto se puede decir que las bandas espectrales tradicionalmente utilizadas están saturadas. Se considera especialmente en este trabajo la posibilidad de implementar servicios de conectividad inalámbrica para terminales móviles. Entre las bandas consideradas como tradicionales se mencionan

definiciones particulares como UHF (*ultra-high frequency*) entre 0,3-1 GHz, *banda L* entre 1-2 GHz, *banda S* entre 2-4 GHz y parte de la *banda C* entre 4-8 GHz, para citar algunas. La característica común en todas ellas es que se trata de definiciones inferiores a los 6 GHz, con lo que se ha difundido ampliamente la terminología de sistemas *sub 6 GHz*. El canal inalámbrico en estas bandas ha sido caracterizado algunas décadas atrás. Por su parte, los sistemas de comuni-

caciones de nueva generación denominados *5G* plantean el uso de nuevas frecuencias ante la necesidad de soportar servicios que se esperan para el futuro. De este modo se plantea el uso de bandas alrededor de 30 GHz y de 70 GHz. Dadas las longitudes de onda de dimensiones milimétricas, se ha popularizado la terminología de canales *mmWave*. Es conveniente aclarar que los organismos de regulación suponen la promulgación paulatina de reglamentaciones de actualización de los estándares para sistemas de comunicaciones, que gradualmente irán habilitando el uso de estas nuevas bandas. Por esto se puede esperar que el uso efectivo de estas nuevas porciones del espectro se vea en estos servicios recién pasado el año 2025, o tal vez incluso recién hacia el año 2029. El uso de estas bandas muestra problemas actualmente abiertos que se pretende considerar en este trabajo.

Al mismo tiempo, se mencionan dos avances tecnológicos que se busca aprovechar. Por un lado, se tiene en cuenta que en el último tiempo han tomado cierta popularidad varias técnicas de *inteligencia artificial* (o de *machine learning*) con propiedades muy atractivas tales como la posibilidad de evitar la necesidad de lidiar con modelos matemáticos sofisticados. Es decir, haciendo uso de ciertos algoritmos de esta área se puede evitar la necesidad de describir matemáticamente el problema propiamente dicho, y puede ser suficiente con manipular solo la definición computacional de un cierto algoritmo en base a una cantidad de parámetros generales relativamente baja, lo cual frecuentemente es más sencillo y tiende a generar un paradigma de *aprendizaje autónomo* en el dispositivo computacional. Por otro lado, se toma en consideración que estudios científicos en el área específica de las comunicaciones se han basado en intensas campañas de medición y han verificado que al utilizar una cantidad de antenas suficientemente alta en un dispositivo que opere en el canal *mmWave*, se puede resolver la enorme atenuación identificada en la transmisión. Las múltiples antenas funcionan en base a un adecuado *procesamiento digital de señales* (PDS) que aplica principalmente direccionamiento del haz de transmisión (o recepción), aunque a su vez implementa multiplexación espacial (ver Gao *et al.* (2016)). Específicamente se puede decir que la solución PDS que se utiliza se denomina *precodificación* en el lado del transmisor, y se

acompaña de una operación complementaria denominada *combinación* en el lado receptor. Para lograr entonces que el sistema funcione, se supone la presencia de múltiples antenas pero a su vez se advierte la necesidad de determinar el precodificador y el combinador adecuado. Definir el precodificador no solo supone la definición de su arquitectura o flujo de señal, sino que debe tenerse en cuenta que en esta arquitectura habrán parametrizaciones del procesamiento en sus componentes que deberán responder a las variaciones instantáneas mientras el canal muta, debido a fenómenos de desvanecimiento (*fading*), etc. Esto se denomina comúnmente *estado del canal*. En este contexto resulta el aporte de este trabajo. Notar que tanto el precodificador como el combinador se pueden representar de manera matricial. Entones un gran desafío que aparece en esta aproximación proviene de que estas matrices, dependientes del estado del canal *mmWave*, deberán ser actualizadas con una periodicidad de aproximadamente 5 microsegundos (valor dado para transmitir una noción a partir de detalles en Saleh (1987)). Este trabajo considera específicamente el problema de obtener las matrices de precodificación, de una forma computacionalmente eficiente, sustentada por un algoritmo de *machine learning* denominado *reinforcement learning* (RL). Es común la denominación de *aprendizaje por refuerzos* para este tipo de algoritmos, no obstante se ha preferido referenciarlo de acuerdo con una terminología sin traducción.

Buscando transmitir con claridad el contexto del problema considerado en este trabajo se indica que se consideraran estas condiciones: *i)* un canal inalámbrico *mmWave*, *ii)* una configuración con múltiples antenas en un dispositivo de comunicaciones, y *iii)* un algoritmo de RL que resuelve el problema de definir la matriz de precodificación. Se encuentra que la matriz de precodificación se descompone en dos partes (ver Gao *et al.* (2016) y Buzzi *et al.* (2018)), frente a lo cual una de ellas consiste simplemente en una *matriz de desplazadores de fase*. En este trabajo se considera que aquellos cambios de fase son discretos, lo cual simplifica la implementación práctica del precodificador en un dispositivo real. Ya que la dimensionalidad (o cardinalidad) del problema alcanza valores que se consideran exageradamente altos para la tecnología computacional disponible, se encuentra que el

algoritmo basado en RL que se obtiene puede obtener soluciones de manera eficiente. Esta eficiencia proviene de que no se realiza una *búsqueda de fuerza bruta* (como idealmente podría plantearse) e incluso puede acomodarse a los cambios que presenta el canal *mmWave*. En este trabajo específicamente se evalúan dos estrategias para definir acciones, las cuales representan modificaciones elementales que el algoritmo RL puede aplicar a una cierta parametrización (candidata) mientras desarrolla un proceso iterativo de refinamiento para establecer la solución final. Se observa de este modo la posibilidad de implementar un intercambio entre velocidad de operación y complejidad del problema, por medio de los esquemas de definición de acciones que se describen para RL. Por su parte, dada la existencia de numerosas pruebas de algoritmos RL en escenarios donde la cantidad de acciones es relativamente baja, se pretende lograr esta característica en el planteo del problema del precodificador híbrido ya parcialmente planteado en Lizarraga (2019).

El trabajo se organiza como sigue. En la Sección 2 se plantea el problema que se busca resolver. Luego, en la Sección 3 se describen dos modos considerados para definir acciones, buscando implementar un algoritmo RL de manera eficiente. La Sección 4 muestra curvas de desempeño que resumen los resultados, y finalmente la Sección 5 contiene algunas conclusiones.

2 PLANTEO DEL PROBLEMA

Se considera una comunicación con múltiples antenas que conforma un modelo MIMO (*multiple-input multiple output*), el cual se representa en la Fig. 1. Se consideran N_{tx} antenas transmisoras y N_{rx} antenas receptoras. Se supone la utilización de multiplexación espacial mediante la transmisión simultánea de N_s símbolos de información. De acuerdo con resultados ampliamente conocidos, el sistema se implementa por medio de un precodificador representado en una matriz simbolizada con \mathbf{F} con dimensiones $N_{tx} \times N_s$. El canal se modela por medio de una matriz \mathbf{H} con dimensiones $N_{rx} \times N_{tx}$. Considerando el canal *mmWave* resulta importante aclarar que el modelado ha propiciado numerosas campañas de medición y la obtención de modelos

estocásticos altamente desafiantes (ver Buzzi *et al.* (2018) y referencias allí). Sin embargo, ha permitido también verificar la factibilidad de implementar soluciones de ingeniería desde la perspectiva analizada en este trabajo, es decir, mediante precodificación híbrida. Asimismo, nos referimos al concepto de que en el lado receptor se emplea un procesamiento complementario a la precodificación, el cual se denomina combinación (como ya se ha mencionado) y se modela por medio de una matriz \mathbf{W} con dimensiones $N_s \times N_{rx}$. En este trabajo se propone la definición de una estrategia para obtener soluciones de precodificación, por lo que se supone que \mathbf{W} se obtiene mediante cálculos clásicos (por ejemplo considerando la descomposición en valores singulares); no obstante, la estrategia planteada aquí para el precodificador se puede extender sencillamente al caso del combinador, lo cual se omite para buscar una mayor claridad en la exposición de las ideas fundamentales que se presentan. En la configuración mostrada en la Fig. 1 se considera que la cantidad de antenas transmisoras está directamente ligada a la cantidad de amplificadores de radio frecuencia (RF). Sin embargo, al aumentar N_{tx} según valores esperados para canales *mmWave*, se volvería prohibitivamente alto el consumo de potencia y el eventual costo económico de los dispositivos.

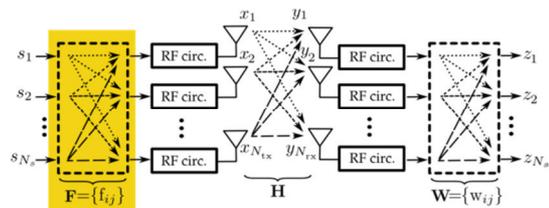


Figura 1: Sistema de comunicación MIMO con precodificación convencional.

Ante este panorama, se ha propuesto el uso de *precodificación híbrida* (ver Buzzi *et al.* (2018) y referencias allí), la cual se representa en la Fig. 2. Esta nueva estrategia supone el uso de dos etapas de precodificación, regidas por un nuevo parámetro que es precisamente la cantidad de etapas de RF efectivamente utilizadas, i.e. $N_{tx}^{(rf)}$. Luego se define que la primera etapa de precodificación es modelada por medio de una

matriz \mathbf{F}_{bb} con dimensiones $N_{tx}^{(rf)} \times N_s$, y que esta es acompañada por una segunda etapa representada por la matriz \mathbf{F}_{rf} con dimensiones $N_{tx} \times N_{tx}^{(rf)}$.

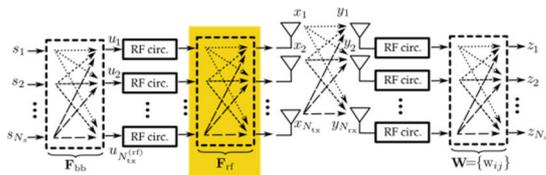


Figura 2: Sistema de comunicación MIMO con precodificación híbrida.

Dadas estas definiciones, se espera una cierta similitud entre el comportamiento global que proporciona la operación conjunta de las dos etapas de precodificación híbrida (capturada en el producto $\mathbf{F}_{rf} \cdot \mathbf{F}_{bb}$) y la operación del precodificador clásico. Esta comparación (de similitud) se simboliza con

$$\mathbf{F} \sim \mathbf{F}_{rf} \cdot \mathbf{F}_{bb} \quad (1)$$

Algunos autores han planteado minimizar la norma de Frobenius de la diferencia $\mathbf{F} - (\mathbf{F}_{rf} \cdot \mathbf{F}_{bb})$ (ver Buzzi *et al.* (2018) y referencias allí), aunque en nuestro caso se busca maximizar la capacidad observada, de acuerdo con detalles que se comentarán más adelante. En nuestro caso, la búsqueda de aquella similitud sugerida es indirecta. Es necesario aclarar que, para la matriz \mathbf{F}_{bb} no se esperan mayores restricciones ya que cuenta con una dimensionalidad relativamente baja y por esto se espera implementada mediante dispositivos electrónicos dedicados a la etapa de PDS, según definiciones en Lizarraga (2019) u otros. Eventualmente podría aparecer algún efecto indeseado respecto de la operación con representaciones de punto fijo (frecuentemente utilizadas para dispositivos de baja potencia con alta tasa de transmisión) pero se espera que este efecto no sea significativo. Este eventual efecto no es analizado en este trabajo. Asimismo es importante detallar que la matriz \mathbf{F}_{rf} tiene la característica de estar compuesta solamente por elementos que pueden introducir rotaciones del símbolo complejo (también previsiblemente vistas como desplazamientos de fase) pero

aclarando que esta matriz no puede introducir ganancia, ya que no cuenta con amplificadores. Al revisar la Fig.2 se observa que esta imposibilidad de implementar amplificación en parte es debida a que cada etapa de amplificación en RF es anterior en el flujo de señal. No obstante, evidentemente esta definición tiende a reducir la complejidad del sistema. Bajo esta misma línea de pensamiento se ha considerado importante suponer que los cambios de fase en cada elemento de la matriz \mathbf{F}_{rf} pertenecerán a un alfabeto finito. Se define ahora el algoritmo tenido en cuenta, a partir de observaciones introducidas previamente en Lizarraga (2019).

3 ALGORITMO CONSIDERADO Y DEFINICIÓN DE ACCIONES

Dentro de la multiplicidad de algoritmos de *machine learning* se toma en consideración la técnica RL debido a la posibilidad de evitar que el desempeño global observado dependa (directamente) de la necesidad de suministrar un modelo del canal al dispositivo que calcula el precodificador. En otros términos se puede decir que se espera que el algoritmo expuesto aquí se implemente en un dispositivo de comunicaciones que instante a instante utilizará las soluciones que provea esta algoritmo como precodificador. Entonces parece valioso evitar que este dispositivo necesite un modelo (estocástico) del canal inalámbrico, ya que numerosas variables físicas eventualmente variantes en el tiempo podrían intervenir en este modelo. La técnica RL tenderá a generar espontáneamente (o automáticamente) una representación interna del canal. Incluso permitirá adaptar esta representación a lo largo del tiempo si el canal cambia.

Hablando específicamente de la técnica RL se hace referencia a la Fig. 3. Notar que aparecen dos bloques principales. El bloque superior se denomina *agente*, y simboliza el dispositivo que implementa el cálculo del precodificador. Luego el bloque circunscripto por la línea entrecortada modela el *ambiente*. Una característica del ambiente, desde la perspectiva de RL, es que el agente intentará aprender sus leyes de funcionamiento para maximizar los valores observados en una cierta variables de salida denominada *recompensa*, y simbolizada con $R[m]$ (o $R[m+1]$). En la práctica también suele

observarse que el ambiente tiene un comportamiento que puede ser difícil de describir (ver Sutton (2018)). A modo de ejemplo se puede mencionar que la técnica RL se ha utilizado en problemas de robótica para intentar que ciertos *humanoides* aprendan a caminar, y se han logrado resultados asombrosos. Notar que en este caso, el modelo del problema incluye capturar los efectos mecánicos en la estructura (potencia de los motores eléctricos del dispositivo, inercia, etc.). Toda esta información se espera que el agente la reconozca y asimile mediante el principio de *prueba y error*, o algo parecido: *acumulación de recompensas* (o *castigos*), sin que sea necesario dársela en un modelo matemático, físico o estocástico. De la misma forma, se espera que el agente en el problema de calcular el precodificador adquiera automáticamente una representación adecuada del comportamiento del canal, sin que esta información le sea dada explícitamente o manualmente al dispositivo. Todo esto busca transmitir la noción de que la complejidad del ambiente en nuestro caso está determinada por la dinámica del canal *mmWave*, capturada en un modelo (ver Buzzi *et al.* (2018) y referencias allí) que será utilizado explícitamente solo en la descripción de esta entidad (es decir, el ambiente). Entonces el modelo del canal *mmWave* no será embebido en el agente. La técnica RL se basa en una interacción entre el agente y el ambiente que responde a tres variables: *i) acciones*, *ii) estado* y *iii) recompensa*. Se trata de una operación iterativa.

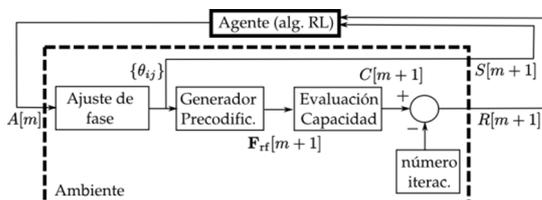


Figura 3: Algoritmo de cálculo del precodificador, a partir de la técnica RL.

En Lizarraga (2019) se encuentran detalles acerca de las variables que se comentan. Se menciona que dentro de las técnicas RL existen diferentes aproximaciones algorítmicas. En este caso se considera *Q-learning*. Los valores de fase en cada

uno de los elementos de \mathbf{F}_{rf} se considera que definen un vector de estado, según la Fig. 3. Luego la capacidad que indica la ecuación de Shannon para una cierta solución candidata, así como el número de iteraciones realizadas definen la variable recompensa. Se conoce que este algoritmo se basa en una matriz que busca cuantificar la *calidad* de cada acción posible frente a un cierto estado. Esto se representa en la Fig. 4. Cada solución candidata corresponde a una fila de la matriz (o tabla) dada en la Fig. 4. Luego, se podrán tomar diferentes acciones para pasar a un nuevo estado, eventualmente mejor (es decir, eventualmente produciendo un nuevo precodificador que dará mayor tasa de transmisión). El principio de operación del algoritmo es que se parte de una solución arbitraria para \mathbf{F}_{rf} e iterativamente se van haciendo modificaciones hasta que el algoritmo se detiene. El algoritmo se plantea en base a *episodios*, con cada episodio a su vez desarrollado a lo largo de una cierta cantidad de *iteraciones* (ver Sutton (2018)). Detalles más precisos se pueden encontrar en Lizarraga (2019).

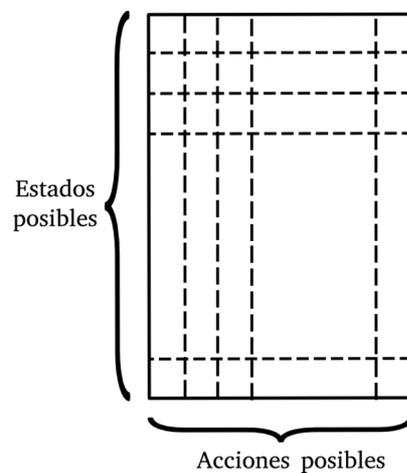


Figura 4: Matriz de calidad en *Q-learning*.

En este trabajo nos concentramos en analizar dos posibles formas de implementar las acciones.

3.1 Modificación de Fase con Acceso Directo a cada Elemento del Precodificador Analógico

Se considera que un cierto estado del precodificador está determinado directamente por los valores de fase (actuales) de la solución obtenida hasta ese momento desde iteraciones (o episodios) previos. Entonces el algoritmo puede elegir cuál de todos los elementos de \mathbf{F}_{rf} modificará (notar componen un total de $N_{tx} \cdot N_{tx}^{(rf)}$ posibilidades) y a su vez decide si incrementará o reducirá su valor. De este modo se plantea un esquema de modificación de fase con *acceso directo* a cada elemento del precodificador analógico, el cual será referenciado como *Modo 1* para facilitar la terminología.

3.2 Modificación de Fase con Acceso Secuencial a cada Elemento del Precodificador Analógico

La segunda opción considerada consiste en considerar que el estado del sistema lo determina no solo el conjunto de los valores de fase (actuales) en la solución obtenida hasta ese momento para \mathbf{F}_{rf} desde iteraciones (o episodios) previos, sino que se acompaña por un número de índice que se incrementa iteración a iteración de forma cíclica, y que establece un único valor de fase en \mathbf{F}_{rf} que estará disponible para ser modificado. Es decir, el algoritmo solo puede acceder a un único elemento de \mathbf{F}_{rf} en una cierta iteración. Desde otra perspectiva se puede indicar que si el algoritmo determina que se debe modificar un elemento específico, deberá esperar la iteración que habilita el acceso a ese elemento. Entonces el algoritmo no puede elegir cuál de todos los elementos de \mathbf{F}_{rf} modificará iteración a iteración, sino que el propio estado del sistema le indica a qué elemento tendrá acceso. De esta forma el algoritmo solamente decide si se incrementa o se reduce el valor que tiene accesible, frente a un cierto estado del agente. Notar que así solo se pueden tomar tres acciones (incrementar, mantener o reducir), y esto responde al principio de minimizar la cantidad de acciones en el agente, que es una motivación en este trabajo para intentar reutilizar experiencias positivas de uso de RL ya mostradas en la literatura. Así se plantea un esquema de modificación de fase con *acceso secuencial* a cada elemento del precodificador analógico, el cual será referenciado como *Modo 2* para facilitar la terminología. Notar que esta segunda estrategia supone una menor complejidad en la implementación del dispositivo, aunque se espera

tanto una velocidad de operación como un entrenamiento más lentos.

4 RESULTADOS

Se utiliza un esquema con parámetros similares a los reportados en Lizarraga (2019) que implementa el algoritmo discutido en este trabajo. Sin embargo, se aclara que en los resultados de Lizarraga (2019) se ha utilizado únicamente el esquema de acceso denominado *Modo 1*. El algoritmo pretende descubrir automáticamente el máximo valor de capacidad que permite un cierto estado del canal, y luego (si el estado de canal se mantiene invariante) busca ser capaz de implementar con pocas iteraciones la solución que ha descubierto previamente. Este evento se denomina *éxito*. La Fig. 5 muestra la *tasa de éxito* que se logra al utilizar acciones definidas bajo el *Modo 1*. Por su parte, generalizando la implementación que plantea el esquema descrito arriba, se implementa el *Modo 2*, que arroja resultados de tasa de éxito tal como se presenta en la Fig. 6.

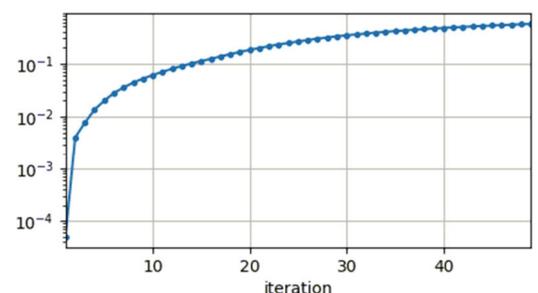


Figura 5: Tasa de éxito con *Modo 1* (acceso directo a los valores de fase del precodificador analógico).

Se encuentra que en la parametrización estudiada en este trabajo ambos modos de acceso producen resultados similares, desde el punto de vista de la tasa de éxito. En la Fig. 6 se hace notorio que el sistema puede determinar la mejor solución recién cuando el acceso secuencial a un cierto elemento de \mathbf{F}_{rf} se habilita. Los cuatro puntos en el extremo izquierdo del trazo en la Fig. 6 indican que al menos se requieren cuatro modificaciones en \mathbf{F}_{rf}

para alcanzar una solución eficiente para el precodificador analógico, con una probabilidad del 10%. Por su parte, se ha estudiado previamente que la eventual situación de *no alcanzar el éxito* (90% según el ejemplo de las líneas anteriores) igualmente resulta en que el algoritmo ha hecho su *mejor esfuerzo* para optimizar F_{rr} . La Fig. 7 muestra el resultado de capacidad (medida en bits por segundo por cada Hertz) que se alcanza cuando el algoritmo opera. En base a resultados de la literatura, este valor se considera satisfactorio. Notar que la tasa de éxito representa una variable intrínseca a la forma en que se ha planteado el problema en este trabajo. Entonces más allá de su utilidad para evaluar el desempeño del algoritmo, resulta que el valor de capacidad observada es el que realmente tiene una utilidad práctica y directa para analizar el desempeño del precodificador.

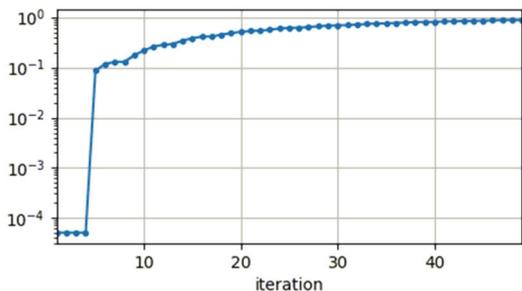


Figura 6: Tasa de éxito con *Modo 2* (acceso secuencial a los valores de fase del precodificador analógico).

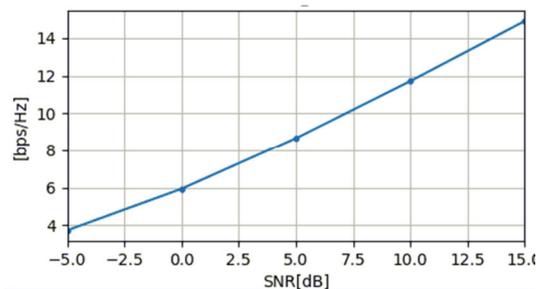


Figura 7: Capacidad promedio observada para el canal *mmWave* al utilizar la precodificación híbrida analizada.

Es importante aclarar que se han detectado configuraciones que resultan en un problema de mayor dimensionalidad (específicamente aumentando la cantidad de antenas, i.e. N_{tx}) donde el entrenamiento del algoritmo RL se vuelve sumamente lento, cuando se aplica el *Modo 2*. Frente a esto, sería beneficioso plantear esquemas que respondan a ideas intermedias entre las que sugiere el *Modo 1* y el *Modo 2*, como un trabajo futuro.

5 CONCLUSIONES

Se han planteado dos esquemas de acceso a los valores de fase de un cierto precodificador analógico que a su vez determina una solución posible para el desafío de utilizar precodificación híbrida en canales *mmWave*. Los modos de acceso mencionados tienen un efecto directo sobre la cantidad de acciones de un algoritmo de *reinforcement learning* utilizado para abordar el problema. La motivación fue permitir la posibilidad de que la cantidad de acciones se mantenga reducida. Resultados específicos con problemas de baja dimensionalidad muestran un desempeño altamente satisfactorio.

REFERENCIAS

- Gao, X., L. Dai, S. Han, C.-L. I & R. Heath, “Energy-efficient hybrid analog and digital precoding for mmWave MIMO systems with large antenna arrays,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 34, no. 4, pp. 998–1009, Apr. 2016.
- Buzzi, S., C. D’Andrea, T. Foggi, A. Ugolini & A. Colavolpe, “Singlecarrier modulation versus OFDM for millimeter-wave wireless MIMO,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 66, no. 3, pp. 1335–1348, Mar. 2018.
- Sutton R. y A. Barto, *Reinforcement Learning: An Introduction*, 2nd ed. The MIT Press, 2018.
- Saleh, A. & R. Valenzuela, “A statistical model for indoor multipath propagation,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 5, no. 2, pp. 128–137, Feb. 1987.
- Lizarraga, E.M., G.N. Maggio, & A. Dowhuszko, “Hybrid beamforming algorithm using reinforcement learning for millimeter wave wireless systems” (IEEE) 2019 XVIII Workshop on Information Processing and Control (RPIC). Bahía Blanca, Argentina, September 2019.

Calidad del recurso hídrico del departamento Santa Rosa explotado para consumo humano, Catamarca, Argentina

Lobo, Ada P.^{1,4}; Saracho, Marta A.^{2,4}; Segura, Luis A.^{3,4}

(1) *Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca*
adapatri@yahoo.com.ar

(2) *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca*
martasaracho@gmail.com

(3) *Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Catamarca*
geosegura_luis@yahoo.com.ar

(4) *Subsecretaría de Planificación de los Recursos Hídricos, Catamarca.*

RESUMEN: En el departamento Santa Rosa se reconocen las siguientes subcuencas hidrográficas situadas de oeste a este: San Francisco; El Abra; Bañado de Ovanta y Las Cañas. Estos cursos fluviales constituyen la principal fuente de recarga del sistema acuífero. El abastecimiento de agua potable se realiza a través de fuentes superficiales y subterráneas. El objetivo de este trabajo es caracterizar hidroquímicamente, en el departamento Santa Rosa, por cuenca hidrográfica, la calidad del recurso hídrico superficial y subterráneo utilizado para consumo humano. Fue monitoreada la calidad del agua de 10 cursos de superficiales que constituye las subcuencas alta, media y baja de los ríos del departamento y 13 fuentes de agua subterránea destinada a consumo humano. Las concentraciones de los iones mayoritarios y minoritarios fueron determinadas mediante técnicas estándares. Se analizaron las características hidrogeológicas e hidroquímicas del área de estudio determinadas en trabajos previos. En los cursos superiores de las diferentes subcuencas, los ríos presentan baja mineralización e influyen en la calidad del agua subterránea de mineralización media, mientras que en los tramos inferiores -excepto el río San Francisco que mantiene su buena calidad- el grado de mineralización aumenta y el agua subterránea presenta un incremento en la mineralización.

ABSTRACT: In the Santa Rosa department, the following sub-basins located West to East are recognized: San Francisco; El Abra; Bañado de Ovanta and Las Cañas. These rivers constitute the main source of recharge of the aquifer system. The drinking water supply come from surface and subsurface sources. The objective of this work is to characterize hydrochemically, in the department of Santa Rosa, by hydrographic basin, the quality of surface and underground water resources used for human consumption. The water quality of 10 water currents that constitute the high, medium and low sub-basins of the department's rivers and 13 groundwater source for human consumption was monitored. The concentrations of the major ions were determined by standard techniques. The hydrogeological and hydrochemical characteristics of the study area determined in previous works were analyzed. In the upper and middle courses of the different sub-basins, the rivers have low mineralization and influence the quality of medium mineralized groundwater, while in the lower sections -except the San Francisco river that maintains its good quality- the degree of mineralization increases and groundwater shows an increase in mineralization.

Palabras Clave: Calidad- Recursos Hídricos- Santa Rosa- Catamarca

Keywords: Quality- Water Resources- Santa Rosa- Catamarca.

1 INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrogeológica Santa Rosa está ubicada en la región Este de la provincia de Catamarca, en el ambiente geológico de las

Sierras Pampeanas. Superficialmente coincide con el sector norte de la subcuenca

hidrográfica de la Falda Oriental del Ancanti – tributaria de la cuenca del río Salí-Dulce- donde

los cauces fluviales más importantes que atraviesan la región son, de oeste a este, los ríos Huacra – San Francisco, Sumampa, Sauce Mayo, Capellanía (también llamado Manantiales o El Abra), La Aguada y los ríos Bañado de Ovanta o La Capilla y Las Cañas.

Estos cursos fluviales constituyen la principal fuente de recarga del sistema acuífero, a partir de la infiltración del agua que circula por ellos cuando ingresan al relleno sedimentario del pedemonte. Es una de las jurisdicciones agrícola-ganadera más productivas de la región este de la provincia, caracterizada por un clima cálido: subtropical serrano. Limita al norte con la provincia de Tucumán, al sur con el departamento El Alto, al este con la provincia de Santiago del Estero y hacia el oeste con el departamento Paclín. Conforme a investigaciones recientes (INA-CRAS, 2014), en la cuenca hidrogeológica de Santa Rosa se reconocen tres grupos de terrenos: rocas del Basamento Cristalino con porosidad y permeabilidad secundaria por fracturación; estas rocas constituyen el basamento hidrogeológico en el área de estudio; rocas sedimentarias del Mioceno con reducida permeabilidad y con elevado contenido de yeso y otras sales que contribuyen a la mineralización y desmejoramiento de la calidad química del agua, resultando agua inapta para consumo humano y demás usos y caudales reducidos. A los fines prácticos, esta unidad geológica también se considera integrante del basamento hidrogeológico. Las perforaciones utilizadas para agua potable, riego y ganadería se han instalados en el tercer grupo de terreno constituido por rocas del Plioceno y sedimentos del Cuaternario porosos y permeables, los cuales presentan las mejores condiciones hidráulicas para almacenar y conducir agua, constituyendo los principales acuíferos del área de estudio.

Tanto el recurso hídrico superficial conformado principalmente por las cuencas de los ríos San Francisco; El Abra; Bañado de Ovanta y Las Cañas, la principal fuente de recarga al acuífero, y el recurso hídrico subterráneo en su integridad, constituyen una importante fuente de abastecimiento para consumo humano en el departamento Santa Rosa presentando en algunos sectores escasa aptitud debido fundamentalmente a elevadas concentraciones de sales disueltas, arsénico y fluoruro, lo que representa un riesgo para la salud de la población que la consume. Desde hace algunos años se realiza el control de

la calidad de agua en las distintas cuencas hidrogeológicas de la provincia de Catamarca sin disponer de información de la calidad del agua del recurso hídrico superficial, dato fundamental para evaluar su influencia en las concentraciones de los iones presentes en el agua subterránea. Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación “Determinación de zonas de riesgo por contaminantes naturales en agua de consumo, en localidades de las cuencas hidrográficas del Salar de Pipanaco y Falda Oriental del Ancasti, Catamarca, Argentina”. El objetivo de esta investigación es caracterizar hidroquímicamente, la calidad del recurso hídrico superficial y subterráneo utilizado para consumo humano, en el departamento Santa Rosa.

2 MATERIALES Y MÉTODOS:

Se monitoreo la calidad de 13 fuentes de agua subterránea y 10 fuentes de agua superficial destinadas a consumo humano. En la tabla 1 se presentan el nombre del lugar o río de donde se extrajeron las muestras, las cuencas a la cual pertenecen, su ubicación geográfica, y el tipo de fuentes de agua.

Tabla 1. Puntos de monitoreo de agua.



En la Figura 1 se observa la distribución espacial de los sitios de monitoreo provenientes de fuentes de agua superficial y subterránea y las diferentes cuencas a la cual pertenecen.

El muestreo fue realizado en el período 2016, 2018 y el primer trimestre del 2019. Para determinar los valores de conductividad, y las concentraciones de los iones: arsénico, fluoruro y sulfato, se utilizaron técnicas normalizadas (APHA, AWWA, WEF; 2005). La concentración de arsénico total fue determinada por espectrometría de absorción atómica (3113 B), utilizando un equipo Perkin Elmer AA 400 con horno de grafito (HGA 900). Para determinar la concentración del ion fluoruro se aplicó la técnica del SPADNS (4500-F-) mediante el uso de un espectrofotómetro marca HACH DR 6000. El ion sulfato fue analizado por gravimetría con combustión de residuos (4500-SO 2) y la conductividad (2510 B) con un equipo marca HACH HQ 14d. Para la visualización, consulta y manipulación de la información generada se desarrolló un Sistema de Información Geográfico (SIG) utilizando para tal fin el Software ARC GIS.

fueron comparados con los valores Guías para Calidad del Agua Potable de la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2006) y con los Estándares de Calidad de Agua Potable fijados por el CAA (Código Alimentario Argentino, 1994, 2007 y 2012). Se analizaron las características hidrogeológicas e hidroquímicas del área de estudio determinadas en trabajos previos (Segura et al. 2017; Saracho et al. 2017; INA-CRAS. 2014) teniendo en cuenta la cuenca de aporte a la que cada punto de monitoreo pertenece, para ello fueron georreferenciados y se delimitaron las cuencas hidrográficas involucradas.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las figuras 2, 3, 4 y 5 se muestran los mapas georreferenciados por cuenca hidrográfica de los rangos de concentraciones de iones mayoritarios y minoritarios según los valores guía de la OMS y los límites establecidos por el CAA. La tabla 2 muestra los valores medios resultantes de las concentraciones de arsénico y flúor en los sitios de monitoreo.

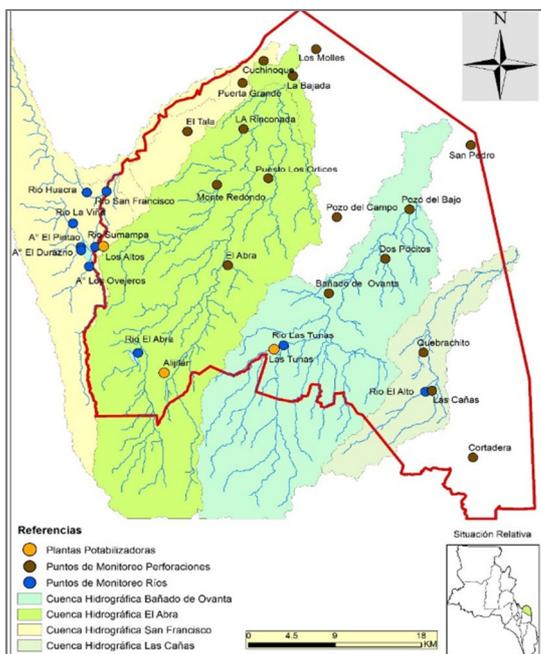


Figura 1: Área de Estudio –dpto. Santa Rosa y Ubicación de los puntos monitoreados. (Fuente: Dirección Provincial de Hidrología. Catamarca)

Tabla 2. Valores de concentraciones de flúor y arsénico en los puntos de monitoreo.

MUESTRA N°	NOMBRE	ARSÉNICO (µg/l)	FLUORURO (mg/l)
1	Bañado de Ovanta	10	1,11
2	Dos Pocitos	11	1,32
3	Pozo del Campo	9	1,28
4	Pozo del Bajo	8	0,46
5	San Pedro	11	0,41
6	Cortadera	6	1,03
7	Las Cañas	13	1,17
8	Quebrachito	33	1,85
9	Puesto Los Ortices	9	0,28
10	Puerta Grande	14	0,2
11	La Bajada	16	0,21
12	Cuchinoque	14	0,32
13	El Tala	32	1,17
14	Los Molles	24	0,21
15	Monte Redondo	32	0,7
16	La Rinconada	51	0,47
17	El Abra	8,7	1,6
18	Río Huacra	< 5	0,4
19	Río Sumampa	< 5	0,4
20	Río San Francisco	5	0,4
21	Río El Alto	< 10	0,9
22	Río Las Tunas	< 5	0,6
23	Río El Abra	<5	0,4
24	A° El Pintao	<5	0,6
25	A° El Durazno	5	0,5
26	A° Los Ovejeros	<5	0,4
27	Río La Viña	<5	0,4

Para evaluar la calidad química de los recursos hídricos superficiales y subterráneos estudiados, los valores medios de los parámetros investigados

En la figura 2 se observa que para la cuenca del río San Francisco, tanto el agua superficial como subterránea presenta valores de flúor menores a 0,7 mg/l, límite inferior fijado por la normativa nacional para agua de bebida a una temperatura media anual de 18°C, a excepción de la perforación ubicada en El Tala que presenta una concentración media de flúor de 1,17 mg/l, valor comprendido en el rango de 0,7 a 1,2 (mg/l) establecido por CAA para dicha temperatura. En la cuenca de El Abra solo una perforación (El Abra) presenta un valor de concentración de flúor de 1,6 mg/l, superior al establecido por el CAA quedando todas las demás muestras analizadas por debajo del límite inferior. Del análisis efectuado sobre los puntos de monitoreo ubicados en la cuenca del río Bañado de Ovanta se observa que la concentración del ion fluoruro es inferior a 0,7 (mg/l) en el río Las Tunas y la perforación de Pozo del Bajo, mientras que en el pozo de Dos Pocitos la concentración media de este ion excede el límite superior fijado por el CAA para la temperatura media de la zona (1,2 mg/l) valor que puede ser atribuido a la litología de los horizontes productivos relacionados a los depósitos del Plioceno. No se visualiza una relación o influencia directa entre la calidad del recurso hídrico superficial y subterráneo, situación igualmente observada con respecto a este componente minoritario, sobre la cuenca del río Las Cañas.

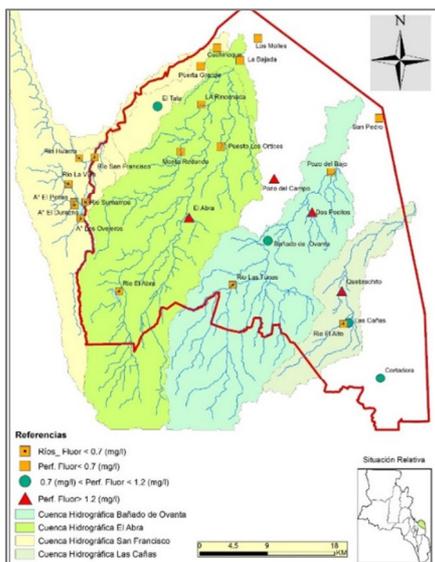


Figura 2: Rangos de concentración de fluoruro en el área de estudio. (Fuente: Dirección Provincial de Hidrología. Catamarca)

En la figura 3 se muestra la distribución espacial de las concentraciones de ión arsénico en las cuencas estudiadas.

Del análisis efectuado, se deduce que para las cuencas analizadas las menores concentraciones de arsénico se encuentran en la cuenca alta y se ajustan al límite establecido por el CAA para agua potable en coincidencia con el Valor Guía de la OMS (10 µg/l); la concentración aumenta a medida que nos acercamos hacia las cuencas bajas del área de estudio. La concentración más elevada es la detectada en la localidad La Rinconada ubicada en la cuenca baja del río El Abra donde se registró una concentración promedio de arsénico de 51 µg/l. A su vez, las perforaciones de El Abra y Bañado de Ovanta cuya concentración de arsénico se ajusta a las normativas de referencia, están ubicadas en la zona de influencia de los ríos El Abra y Bañado de Ovanta, de bajos tenores de arsénico (< 5 µg/l). Estos cursos superficiales nacen en las estribaciones más elevadas del sector noreste de la sierra El Alto- Ancasti y discurren por jurisdicción del departamento Santa Rosa con rumbo sudoeste-noreste.

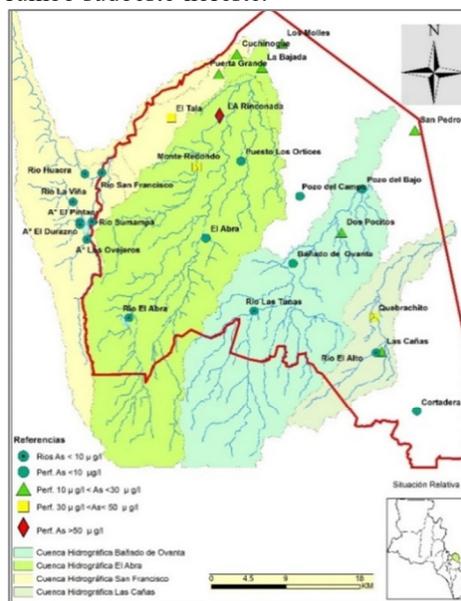


Figura 3: Rangos de concentración de arsénico en el área de estudio. (Fuente: Dirección Provincial de Hidrología. Catamarca)

Tabla 3. Valores de concentraciones de conductividad y sulfato.

MUESTRA N°	NOMBRE	CONDUCTIVIDAD (µs/cm)	SULFATOS (mg/l)
1	Bañado de Ovanta	1108	196
2	Dos Pocitos	673	70
3	Pozo del Campo	1286	313
4	Pozo del Bajo	1079	287
5	San Pedro	1142	251
6	Cortadera	960	47
7	Las Cañas	930	49
8	Quebrachito	2110	490
9	Puesto Los Ortices	854	55
10	Puerta Grande	576	38
11	La Bajada	634	59
12	Cuchinoque	563	55
13	El Tala	597	40
14	Los Molles	659	99
15	Monte Redondo	1926	511
16	La Rinconada	964	179
17	El Abra	2320	432
18	Río Huacra	249	12
19	Río Sumampa	257	6
20	Río San Francisco	331	21
21	Río El Alto	695	19
22	Río Las Tunas	419	6
23	Río El Abra	289	20
24	A° El Pintao	388	9
25	A° El Durazno	419	9
26	A° Los Ovejeros	344	10
27	Río La Viña	243	10

En tabla 3 se muestra las concentraciones medias de ion sulfato y conductividad para los sitios estudiados.

Las figuras 4 y 5 permiten visualizar los valores de conductividad y del ion mayoritario sulfato según los niveles guías de la OMS y el CAA. Del análisis de la distribución espacial de estos parámetros se visualiza una correspondencia entre los valores determinados de conductividad y sulfatos, especialmente en la zona NO del área influenciada por el aporte de los cursos superficiales de baja mineralización.

Para la cuenca de río San Francisco las concentraciones de ión de sulfato, tanto en el agua superficial como subterránea se encuentran por debajo del valor guía de la OMS (250 mg/l) en correspondencia con agua de baja mineralización (conductividad eléctrica < 1000 µs/cm)

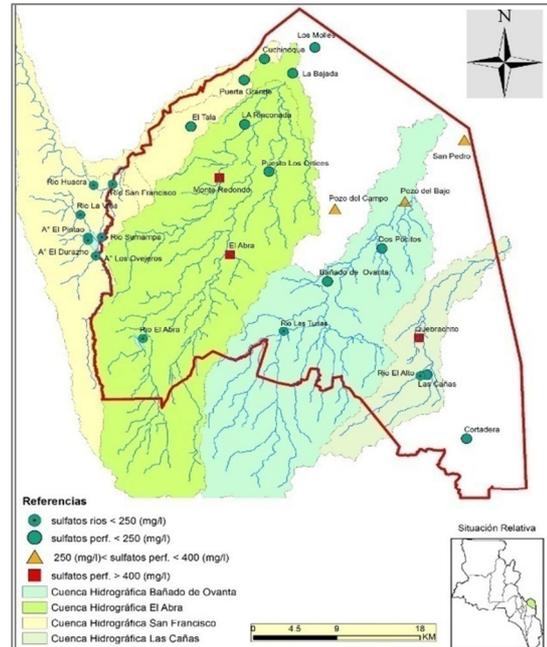


Figura 4: Rangos de concentración de Sulfato en el área de estudio. (Fuente: Dirección Provincial de Hidrología, Catamarca)

Para la cuenca del río El Abra las perforaciones ubicadas en la localidad de Monte Redondo y El Abra presentan valores de ion sulfato por encima del límite establecidos por el CAA (400 mg/l) asociados a valores de conductividad superiores a 1000 µs/cm, encontrándose todos los demás valores de sulfatos por debajo del valor guía recomendado por la OMS. Caso similar sucede con la cuenca del río Las Cañas, donde solo la perforación ubicada en El Quebrachito supera los límites establecidos por el CAA con concentraciones de ión de sulfato de 490 mg/l y conductividad de 2110 µs/cm.

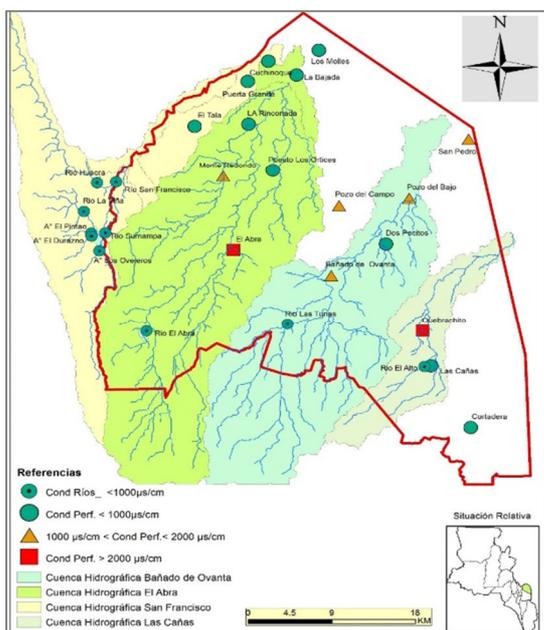


Figura 5: Rangos de conductividad eléctrica en el área de estudio. (Fuente: Dirección Provincial de Hidrología, Catamarca)

4 CONCLUSIONES

En la cuenca del río San Francisco el agua presenta baja mineralización, detectándose concentraciones medias de sulfato dentro de los valores guías recomendados por la OMS para agua de bebida mientras que las concentraciones de arsénico en la cuenca alta son inferiores a 10 μg/l aumentando hacia la cuenca baja sin superar el límite establecido por el CAA.

Del análisis de la distribución espacial de conductividad y concentraciones de sulfato se deduce que la parte central de la cuenca del río El Abra presenta menor calidad.

Con respecto al arsénico la concentración más alejada del límite fijado por la normativa nacional en toda el área de estudio es la detectada en la localidad La Rinconada ubicada en la cuenca baja. En función de lo expuesto se considera necesario investigar la posible incidencia del tiempo de producción y posibilidad de sobreexplotación de la perforación, profundidad del acuífero, y/o problemas en el diseño de filtros y pre filtros que pudieran generar un aporte adicional de sedimentos loésicos en el elevado valor puntual de dicho ión.

En la cuenca del río Bañado de Ovanta se visualiza una dispersión en los resultados de conductividad e iones analizados no permitiendo establecer una sectorización de calidad de agua a nivel de cuenca alta, media o baja. Igual situación se presenta en la cuenca del río La Cañas.

En el área de estudio, el agua subterránea de mayor mineralización corresponde a perforaciones ubicadas en los sectores sur y centro del departamento donde los valores de conductividad fluctúan entre 1000 μS/cm y 2000 μS/cm coincidentes con concentraciones de ión sulfato superiores al límite tolerable fijado por el CAA. La calidad de este recurso varía según las características de los horizontes sedimentarios productivos de edades neógenas y cuaternarias explotados en la zona siendo estos últimos los que proveen agua de mejor calidad química.

Los valores medios del ión fluoruro en los ríos de las cuencas estudiadas se encuentran por debajo del límite inferior fijado por el CAA en el agua de consumo humano, para la temperatura media anual del área de estudio. Con respecto al agua subterránea, el 30,77 % excede el límite superior fijado por la normativa nacional (1,2 mg/l), el 46,13 % se encuentra por debajo de 0,7 mg/l, (límite inferior establecido por la misma) y solo el 23,1% de las muestras analizadas se ubican dentro de los valores recomendados para agua de bebida establecidos por el CAA.

Del análisis de la distribución espacial del ión de arsénico, en todas las cuencas hidrográficas estudiadas se determina que las menores concentraciones se encuentran en las cuencas altas y dentro del valor guía de la OMS. Las concentraciones de este ión en las fuentes de agua subterránea ubicadas en el sector noroeste del departamento exceden el valor guía de la OMS no detectándose éste problema en el agua superficial.

Se considera que éste análisis es necesario para realizar una gestión integral del recurso hídrico superficial y subterráneo en zonas con concentraciones de elementos químicos en niveles nocivos para la salud humana.

El contar con la información hidroquímica volcada a un SIG permite la actualización permanente de la información y sirve de respaldo técnico a los gestores hídricos para la toma de decisiones adecuadas respecto a la selección de

áreas críticas para la aplicación de tecnologías de remediación.

5 BIBLIOGRAFÍA

6

APHA.-A.W.W.A.-W.E.F. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Edición 21.

Código Alimentario Argentino. (2007). Capítulo XII. Modificación 2012 Ministerio de Salud. Bs.As. Argentina.

INA-CRAS (2014). *Estudio Hidrogeológico de las Cuencas de Santa Rosa y del Aconquija*.

Convenio INA-Gobierno de la Provincia de Catamarca. Acuerdo Específico N° 01/12. Informe Técnico IT 329. San Juan

OMS. (2006). *Guías para la Calidad de Agua Potable*. Primer Apéndice de la Tercera Edición. Volumen I. Recomendaciones. Ginebra. Suiza.

Saracho M., Segura L., Alles F., Leguizamón M., Rodríguez G. *Presencia y Distribución de Arsénico y Fluoruro en el Agua Subterránea del Departamento Santa Rosa. Catamarca*. La gestión del agua ante los desafíos climáticos y ambientales. CONAGUA 2017. Actas Trabajos Completos. Pp. 382-388.

Segura L., Saracho M., Lobo P., Agüero N. (2017). *Hidrogeoquímica del agua subterránea del departamento Santa Rosa. Catamarca*. La gestión del agua ante los desafíos climáticos y ambientales. CONAGUA 2017. Actas Trabajos Completos. Pp. 395-396.

Parámetros de producción de dos instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red en el valle central de Catamarca

Luque, Victor.¹, Rodriguez, Carlos.¹, Iriarte, Adolfo A.¹, García, Víctor O.¹, Foresi, Pedro²

(1) *Grupo de Energías Renovables Catamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca.*

vhluque@gmail.com

(2) *Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca*

RESUMEN: El Grupo de Energías Renovables Catamarca, monitorea dos instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, una conectada a la red interna de la Facultad de Ciencias Agrarias de 2,88 kWp y otra a la red interna en el predio del INTA-Sumalao de 1,5 kWp. La generación distribuida y en particular la autoproducción de energía eléctrica permiten un importante ahorro de energía convencional. Para realizar el estudio de estos sistemas se calcularon parámetros definidos por la norma UNE-EN 61724: productividad de referencia, productividad final y el coeficiente de rendimiento para nueve días del mes de abril de 2019, se muestran los perfiles de potencia instantánea de ambos sistemas y la irradiancia instantánea incidente. Se observan diferencias en los perfiles de potencia instantánea debido al emplazamiento de las instalaciones y a la inclinación de los paneles fotovoltaicos, el coeficiente de rendimiento promedio para la instalación situada en el predio universitario es de 0,80 y de 0,75 para la instalación ubicada en el INTA-Sumalao.

ABSTRACT: The Catamarca Renewable Energy Group monitors two grid – connected photovoltaic system, one connected to the internal network of the Faculty of Agrarian Sciences of 2.88 kWp and another to the internal network in the INTA-Sumalao site of 1.5 kWp. The distributed generation and in particular the self-production of electric power allow an important saving of conventional energy. To carry out the study of these systems, parameters defined by the UNE-EN 61724 standard were calculated: reference productivity, final productivity and the performance ratio of performance for nine days of April 2019, the instantaneous power profiles of both systems and the instantaneous irradiance incident. There are differences in the instantaneous power profiles due to the location of the installations and the inclination of the photovoltaic panels, the average performance ratio for the installation located on the university campus is 0.80 and 0.75 for the installation located at the INTA-Sumalao

Palabras claves: sistema fotovoltaico conectado a la red, coeficiente de rendimiento global, autoconsumo

Keywords: grid - connected photovoltaic system, performance ratio, self-consumption

1 INTRODUCCION

El Grupo de Energías Renovables Catamarca monitorea dos instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, que están localizadas en el valle Central de la Provincia de Catamarca. *Éste* se encuentra ubicado entre los paralelos 28°25' y 29°30' de latitud sur y los meridianos 65°35' y 66°17' de longitud oeste. Se halla rodeado por los cordones montañosos del Ambato hacia el oeste y del Ancasti hacia el este. En el predio de la

Universidad Nacional de Catamarca, localizado al oeste de la estación experimental del INTA, se encuentra un equipo de 2,88 kW_p y en el campo de la Estación Experimental Sumalao del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria otro equipo 1,5 kW_p, las instalaciones están distantes en línea recta 5,2 km.

La ley nacional N° 26190/2006 *Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica* y la Ley Nacional N°

27424/2017 Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable integrada a la Red Eléctrica Pública han permitido el desarrollo de las instalaciones fotovoltaicas en la República Argentina. La primera de ellas tiene como objetivo la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad. La segunda ley establece como objetivo principal la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables con destino al autoconsumo y a la inyección de eventuales excedentes de energía eléctrica a la red de distribución. Mediante convenios con organismos públicos nacionales y provinciales se instalaron en la provincia de Catamarca dos proyectos institucionales de índole demostrativo para la generación distribuida con fuentes renovables.

La generación distribuida se puede definir como la generación y/o el almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la opción de interactuar (comprar o vender) con la red eléctrica priorizando la máxima eficiencia energética. Algunas de las ventajas de la generación distribuida son: disminución de las pérdidas de energía en el transporte, mejora de la administración de la energía en épocas de gran demanda, son de rápida instalación, modulares, de costo decreciente, reduce las emisiones de dióxido de carbono, generación de empleo...

La Argentina impulsa el autoconsumo fotovoltaico en hogares y pequeños negocios. A Marzo de 2019 se encuentran adheridas las provincias de Córdoba, Mendoza, Tucumán, Tierra del Fuego, Catamarca, San Juan, La Rioja, Chubut. Poseen regímenes propios CABA, Buenos Aires, Entre Ríos, Jujuy, La Pampa, Misiones, Neuquén, Rio Negro, Salta, San Luis, Santa Fe. Mientras que las provincias de Formosa, Santa Cruz y Santiago del Estero no adhirieron ni crearon un régimen propio.

Para poder comparar sistemas fotovoltaicos ubicados en diferentes emplazamientos, diferentes climas y con distintos tamaños se emplean los parámetros definidos por la norma *UNE-EN 61724:2000* Monitorización de sistemas fotovoltaicos: guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis. El coeficiente de rendimiento global (Performance Ratio) es un

factor de mérito que sirve para comparar la productividad de instalaciones fotovoltaicas.

En el presente trabajo se calculan la productividad de referencia, la productividad final, el coeficiente de rendimiento global de ambas instalaciones para una semana del mes de abril de 2019, se muestran los perfiles de potencia instantánea como también la irradiancia instantánea incidente en el plano de los paneles fotovoltaicos.

2 MATERIALES Y METODOS

La instalación fotovoltaica ubicada en el predio de la Universidad Nacional de Catamarca se integra al pabellón anexo de la Facultad de Ciencias Agrarias, tiene por coordenadas: 28° 27' 32,460" Latitud Sur y 65° 47' 2,827" Longitud Oeste, con orientación norte y una inclinación de 30° del generador fotovoltaico. Está compuesto por 12 paneles fotovoltaicos de 240 W_p cada uno SUNMODULE SW 240 conectados en serie a un inversor AEG Protect PV 2800. En la Fig. 1 se muestran los paneles fotovoltaicos.



Figura 1: Vista generador fotovoltaico en UNCa

El sistema fotovoltaico emplazado en el INTA con coordenadas: 28.47° Latitud Sur y 67.73° Longitud Oeste, orientación hacia el Norte y una inclinación de 18°, consta de 30 paneles Solarnova PQ 40/50 D de 50 W_p los que forman tres string de 10 paneles cada uno, estos se conectan a un inversor Sunny Boy 1200. En la Fig 2 se muestran los paneles fotovoltaicos.



Figura 2: Vista Generador fotovoltaico en INTA

Los sistemas fotovoltaicos que se instalan actualmente presentan eficiencias y comportamientos energéticos diferentes dependiendo de la tecnología de célula empleada, los componentes y diseño del sistema y sus condiciones de operación, que dependen a su vez de las características meteorológicas del emplazamiento (Adrada, 2016).

La productividad de referencia Y_R es la irradiación total en el plano de los paneles dividido en kWh/m^2 por la irradiación de referencia G . Representa un número equivalente de horas en la irradiación de referencia. Si G es igual a 1 kW / m^2 , entonces Y_R es el número de horas pico de sol con la radiación solar en unidades de kWh / m^2 . El Y_R define el recurso de radiación solar para el sistema fotovoltaico. Es una función de la ubicación, la orientación de los paneles y la variabilidad climática.

La productividad final del sistema Y_F es la producción neta de energía E dividida por la potencia nominal P_0 del conjunto fotovoltaico instalado. Representa la cantidad de horas que la matriz fotovoltaica necesitaría operar a su potencia nominal para proporcionar la misma energía. Las unidades son horas o kWh / kW , siendo el último preferido por los autores porque describe las cantidades utilizadas para derivar el parámetro. El Y_F normaliza la energía producida con respecto al tamaño del sistema; en

consecuencia, es una forma conveniente de comparar la energía producida por los sistemas fotovoltaicos de diferente tamaño.

El coeficiente de rendimiento global PR es el Y_F dividido por el Y_R . Al normalizar con respecto a la irradiancia, cuantifica el efecto general de las pérdidas en la salida nominal debido a: la eficiencia del inversor y el cableado, la falta de coincidencia y otras pérdidas al convertir desde corriente continua a corriente alterna; Temperatura del módulo fotovoltaico; uso incompleto de la irradiación por reflexión desde la superficie frontal del módulo; suciedad o nieve; tiempo de inactividad del sistema; y fallas de componentes (Marion, 2005).

3 RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los parámetros eléctricos a la salida del inversor y la irradiancia sobre el plano de los paneles fotovoltaicos se registraron cada 5 minutos, dichas medidas no son simultáneas puesto que los inversores comienzan a entregar energía en instantes diferentes, cuando los paneles fotovoltaicos generan la tensión adecuada para su puesta en funcionamiento. La medición de la irradiancia en el FV-UNCa se realiza mediante un piranómetro Kipp & Zonen de precisión $\pm 5\%$, para la medición de la irradiancia en el FV-Inta en el plano de los paneles se instaló un piranómetro Kipp & Zonen de similares características. Para el cálculo de la irradiación sobre el plano de los paneles fotovoltaico se utiliza el denominado método del trapecio para la integración de la curva de la irradiancia diaria. La producción neta de energía diaria se obtiene de los registros de energía acumulada total del inversor, los cuales son almacenados en una computadora personal.

En la Fig. 3 se muestra la irradiancia sobre el plano del generador entre el 12 y 14 de Abril en la instalación ubicada en el predio de la Universidad Nacional de Catamarca

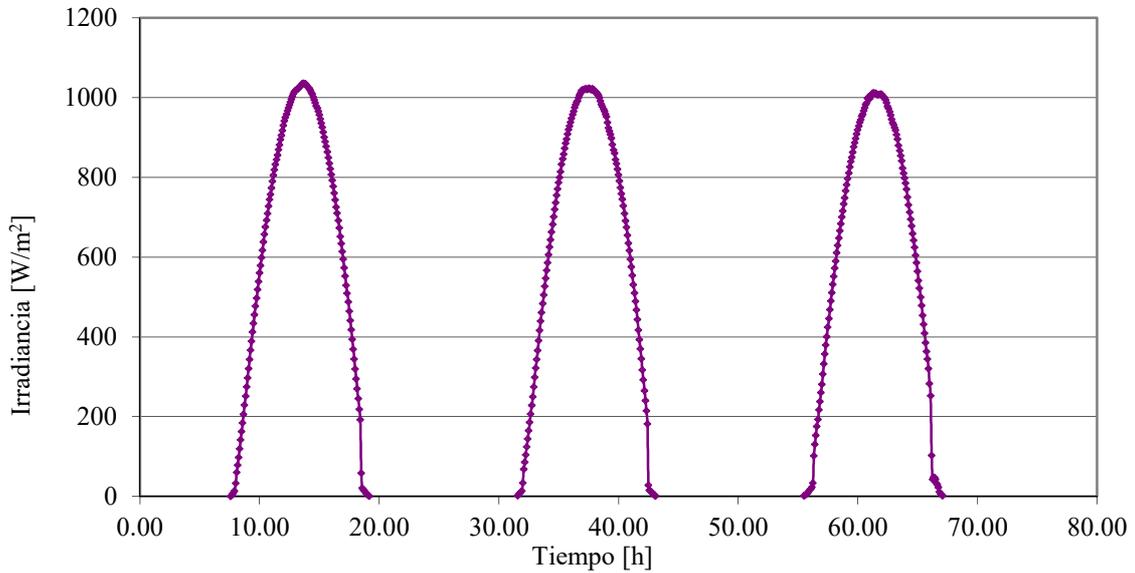


Figura 3: Irradiancia FV UNCa 12 al 14 de Abril de 2019

Se observa una rápida disminución de la irradiancia alrededor de las 18:30 situación atribuible a la falta de radiación directa por la puesta del sol sobre el cordón montañoso del Ambato. En la Fig. 4 se muestra el perfil de

potencia de corriente alterna a la salida del inversor del sistema FV UNCa, se observa que la potencia tiene una rápida variación a las 18:30 que concuerda con lo descrito para la irradiancia.

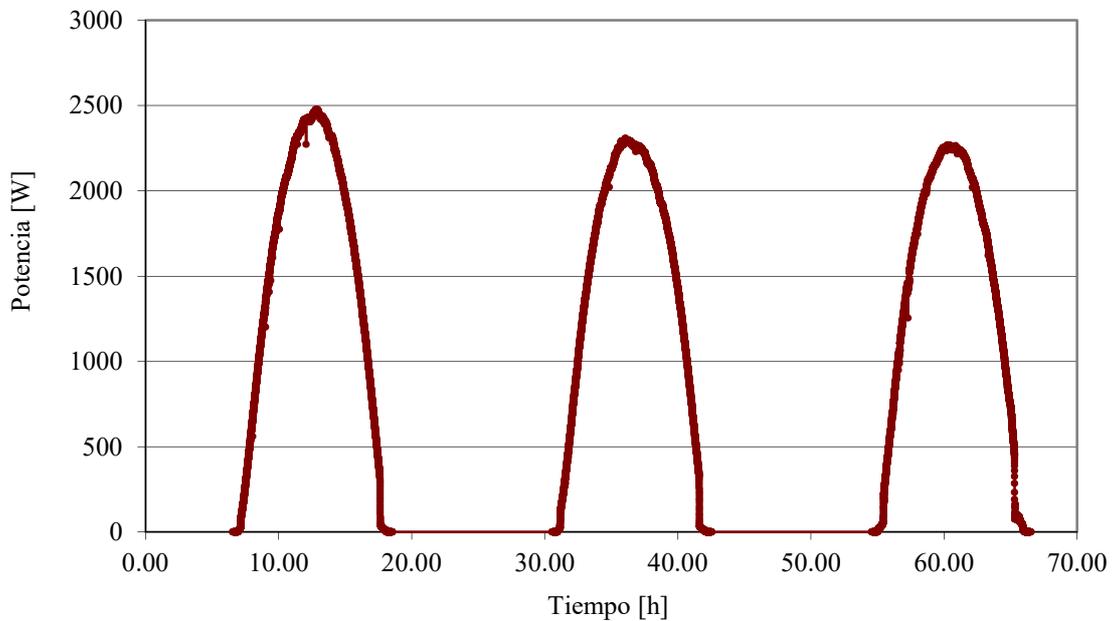


Figura 4: Perfil de potencia instantánea FV UNCa 12 al 14 de Abril de 2019

En la Fig. 5 se observa la irradiancia sobre el plano de los paneles fotovoltaicos para la

instalación del INTA-Sumalao para los días 12 al 14 de Abril de 2019.

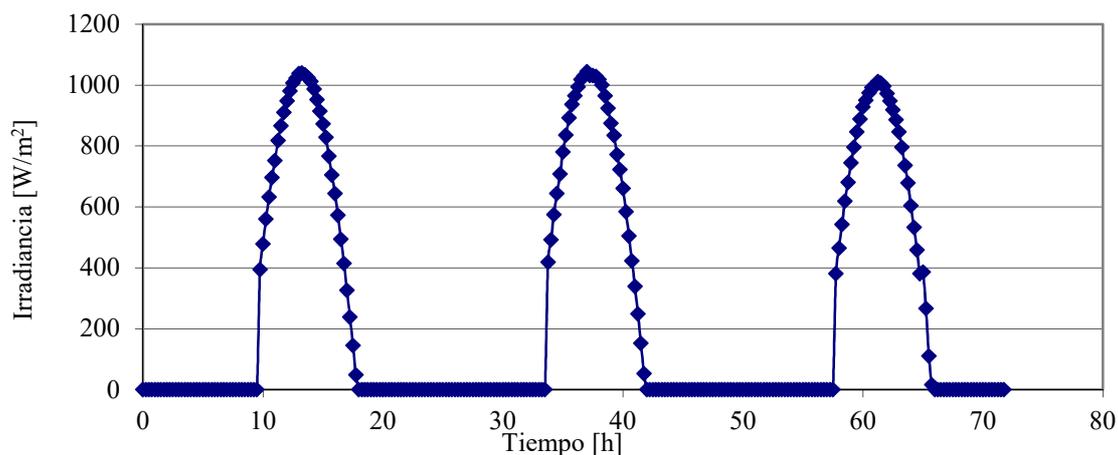


Figura 5: Irradiancia FV INTA 12 al 14 de abril de 2019

En la Fig 6 se observa el perfil de potencia instantánea de corriente alterna a la salida del

inversor ubicado en la instalación situada en el INTA-Sumalao.

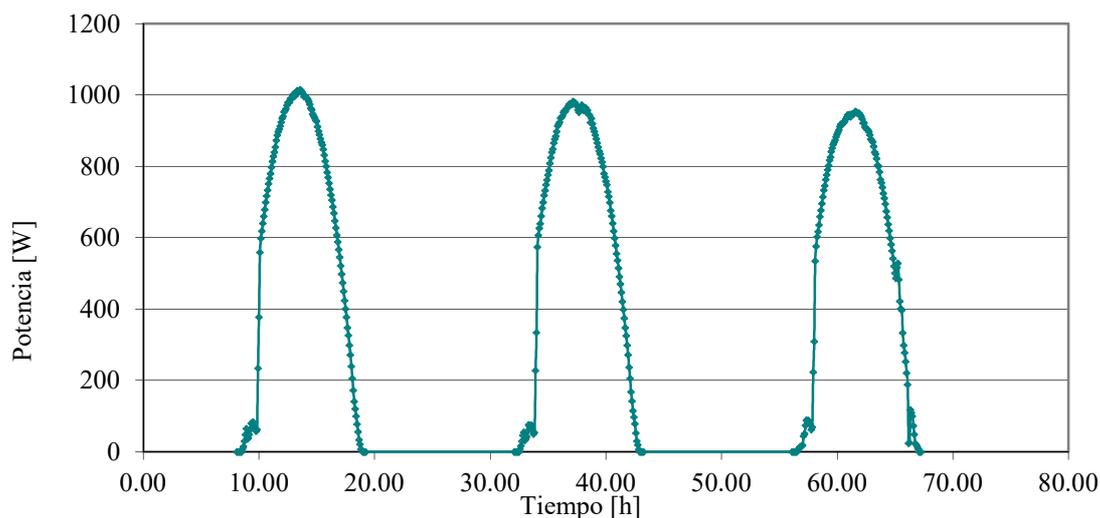


Figura 6: Perfil de potencia instantánea FV INTA 12 al 14 de Abril de 2019

Se observa que alrededor de las 10:00 horas la potencia instantánea presenta una rápida variación en concordancia con la incidencia de radiación directa sobre los paneles fotovoltaicos a partir de esa hora por la presencia del cordón montañoso del Ancasti que interfiere con la salida del sol.

En la tabla 1 se muestran la productividad de referencia, productividad final y el coeficiente de rendimiento global para la instalación ubicada en el predio universitario.

Tabla 1: parámetros característicos FV UNCa

Día	Y _R kWh/kW	Y _F kWh/kW	PR
12	7,28	6,08	0,83
13	7,29	5,73	0,79
14	7,04	5,59	0,79
15	6,66	5,35	0,80
16	6,34	5,07	0,80
17	7,09	5,69	0,80
18	6,83	5,45	0,80
19	6,41	5,03	0,79
20	3,76	3,06	0,81

Se observa que la productividad de referencia tiene en promedio un valor de 6,52 kWh/kW, la productividad final de 5,23 kWh/kW y el coeficiente de rendimiento característico tiene un valor promedio de 0,8

En la tabla 2 se muestran los índices de productividad de la instalación situada en el INTA-Sumalao. Se observa que la productividad de referencia tiene un promedio de 5,23 kWh/kW, la productividad final de 3,84 kWh/kW y el coeficiente de rendimiento global de 0,75.

Tabla 2: parámetros característicos FV-INTA

Día	Y _R kWh/kW	Y _F kWh/kW	PR
12	6,03	4,39	0,73
13	6,12	4,31	0,70
14	5,84	4,16	0,71
15	5,18	3,96	0,76
16	4,98	3,74	0,75
17	5,81	4,21	0,72
18	5,76	3,98	0,69
19	4,95	3,47	0,70
20	2,41	2,34	0,97

4 CONCLUSIONES

Los perfiles de potencia e irradiancia muestran la influencia de los cordones montañosos Ambato hacia el oeste y Ancasti hacia el este y, entre los cuales se encuentra situado el valle central de Catamarca.

La productividad de referencia es menor en el caso del FV INTA debido a su inclinación (18°) y a las menores horas de irradiancia sobre el plano de los paneles.

La productividad final es menor en el caso del FV INTA por efecto de menores horas de radiación directa comparada con la del FV UNCa como también al ensuciamiento de los paneles.

Los coeficientes de rendimiento global obtenidos para ambas instalaciones se encuentran dentro del rango aceptado como de buen funcionamiento.

El coeficiente de rendimiento global es mayor en el caso de la instalación ubicada en el predio de la Universidad Nacional de Catamarca, se estima que se tiene un valor menor en el caso del INTA-Sumalao por el uso de paneles con tecnología anterior a la usada en la instalación de la universidad.

5 REFERENCIAS

Marion B. et al. Performance Parameters for Grid-Connected PV Systems. 31st IEEE Photovoltaics Specialists Conference and Exhibition. Lake Buena Vista, Florida, January 3-7, 2005. 09.08.2019

Adrada T et al. Parametrización energética de diferentes tecnologías fotovoltaicas conectadas a la red de la escuela técnica superior de ingeniería y diseño industrial de la universidad politécnica de Madrid <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/661/A4.pdf?sequence=4>. 27.9.2019

UNE-EN 61724: 2000. Monitorización de sistemas fotovoltaicos: Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis, 2000

La integración de contenidos mediante el aprendizaje basado en tareas en la clase de Lectocomprensión en Inglés en la FACET

Maidana, María A.¹; Hawkes, Virginia E.¹; Bennasar, María R.¹; Lau, María B.^{1,2} y Abboud, Jorge A.^{1,2}

(1) *Facultad de Ciencias Exactas Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*
inglesfacetunt@gmail.com

(2) *Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Tucumán.*
inglesfacetunt@gmail.com

RESUMEN: Dado lo complejo de la adquisición de una lengua extranjera, consideramos el aprendizaje basado en tareas (TBL -*Task-Based Learning*) un abordaje valioso que permite conectar forma y significado, input y contexto, para la concreción de un propósito. Siguiendo esta línea, los docentes de la Cátedra de Idioma Inglés de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la UNT decidimos incluir en nuestros últimos dos libros una Unidad de Integración. Las demás unidades están organizadas de acuerdo con algún contenido lingüístico del idioma que se desea explicar, ejemplificar y/o ejercitar. Esta nueva unidad propone actividades que combinan contenidos lingüísticos con propósitos no lingüísticos. Con este objetivo incluimos distintas tareas que conducen a la resolución de problemas tales como: selección de un libro, de una carrera de posgrado; actitudes a adoptar en una entrevista de trabajo; interpretaciones del lenguaje corporal, entre otras. En este trabajo describimos algunas de las actividades propuestas en la unidad de integración y las analizamos siguiendo las características de tareas en el marco teórico del TBL propuestas, principalmente, por Ellis (2012).

ABSTRACT: Due to the complexity of foreign language acquisition, we believe that Task-Based Learning (TBL) is a fundamental approach that allows to relate form and meaning, input and context, in order to fulfill a certain purpose. On this line of thought, as teachers of English of the FACET, UNT, we have included an Integration Unit in our two latest books. The other units have been organized around some linguistic contents that need to be taught, explained, exemplified and/or exercised. This new unit proposes activities that combine linguistic contents with non-linguistic purposes and contains different tasks leading to solving problems such as selecting a book or a post graduate career, adopting certain attitudes in a job interview, interpreting body language, among others. In this paper we aim at describing some of the proposed tasks in the Integration Unit and we analyze them following the task characteristics within TBL theoretical framework, as introduced mainly by Ellis (2012).

Palabras claves: integración-aprendizaje-tareas-lectocomprensión

Keywords: integration-learning-tasks-reading comprehension

1 INTRODUCCIÓN

El interés por consolidar los contenidos y las reglas presentadas en nuestro libro *Lectocomprensión en Inglés. Ciencia y Tecnología* nos llevó a incluir una unidad de integración. Esta unidad fue concebida a partir de la metodología conocida como Aprendizaje Basado en Tareas, la cual sirve de base teórica para nuestra propuesta didáctica de integración.

1.1 *El aprendizaje basado en tareas (TBL)*

El presente trabajo se enmarca en el aprendizaje basado en tareas (TBL, por sus siglas en inglés), el cual se considera una de las ramas del enfoque comunicativo de enseñanza de lenguas extranjeras. Este método enfatiza la importancia de acercar las actividades que los alumnos realizan en las clases a las actividades que se realizan fuera del aula, en contextos de uso real. Por ello, adoptamos dicho método de enseñanza en la última unidad de nuestro libro, siguiendo algunos de los principios fundamentales que propone Nunan (2004, p.1) para la aplicación de la intervención pedagógica aquí analizada. Estos principios son:

- La selección de contenidos mediante un enfoque basado en las necesidades de los alumnos.
- El uso de textos auténticos en las situaciones de aprendizaje.
- La vinculación del aprendizaje de la lengua extranjera en la clase con el uso de la lengua fuera de la clase.
- Una revalorización de las experiencias personales de los alumnos como elementos que contribuyen al aprendizaje en la clase.

En relación con la selección de contenidos, se tienen en cuenta las necesidades de los alumnos según el perfil profesional. El fin instrumental del manejo de la lectura en inglés, a saber, acceder a bibliografía pertinente en lengua extranjera, se acentúa notablemente en áreas especializadas de estudio como es el caso de las ciencias exactas y de la tecnología, dado los permanentes avances en el campo.

Siguiendo esta línea, el uso de textos auténticos constituye una decisión pedagógica que responde a los requerimientos del perfil de egresado en este contexto.

Entendemos por textos auténticos aquellos escritos por y para nativos de la lengua extranjera, sin que sus autores tuvieran el propósito de enseñar el idioma. Por lo tanto, incluimos dichos textos en nuestras clases puesto que es factible que los futuros profesionales trabajen con ellos en situaciones de uso real.

Es por ello que los tipos de textos seleccionados permiten tender un vínculo entre el uso de la lengua extranjera en la clase y fuera de la clase. A su vez, este vínculo se refuerza con el diseño de tareas de lectura relevantes para la actuación profesional, estableciendo así una clara articulación teoría-práctica.

Las tareas de lectura están orientadas a que los alumnos recurran a experiencias personales para su resolución. De este modo, el aprendizaje resulta verdaderamente significativo. Al anclarse en lo cotidiano facilita el proceso de adquisición dado que involucra la participación activa de los alumnos desde su perspectiva.

1.2 *Las tareas en el TBL*

Tal como sostiene Littlejohn (2011), se entiende tradicionalmente por tarea cualquier actividad orientada a que los alumnos realicen una acción con el objetivo directo de producir aprendizaje. Esta definición contrasta con la concepción que el TBL tiene respecto de la tarea. En este enfoque se consideran tareas aquellas actividades donde la lengua extranjera es usada por el estudiante con un propósito comunicativo y para lograr un resultado (Willis, 1996). Desde este encuadre nos posicionamos y planteamos nuestras propuestas en la unidad objeto de análisis del presente trabajo.

Las tareas están diseñadas para que los alumnos tengan un propósito (no necesariamente lingüístico) para abordar la lectura (Willis, 1996). Es así que, entre los distintos tipos de tareas que se podrían implementar destacamos resolución de problemas, diseño de proyectos mediante trabajo grupal y ofertas académicas, entre otras actividades. Enfatizamos la implementación de aquellas que requieren la opinión y preferencias de los alumnos como respuesta a una determinada situación.

Por su parte, Ellis (2012) propone una definición de tarea basada en cuatro criterios fundamentales:

1. La focalización principal debe estar en el “significado” (por el cual entendemos que los

estudiantes deben interesarse principalmente en procesar los significados semánticos y pragmáticos de los enunciados).

2. Debe haber algún tipo de vacío, es decir, una necesidad de comunicar información, expresar una opinión o inferir significado.

3. Los estudiantes deben apelar a sus propios recursos (lingüísticos y no lingüísticos) para completar la actividad.

4. Hay un resultado claramente definido distinto al uso de la lengua (es decir, la lengua sirve como un medio para obtener un resultado, no como un fin en sí mismo).

2 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN

La Unidad de Integración es la última de los dos más recientes libros de la cátedra. Esta ubicación se debe a su objetivo principal: integrar todos los contenidos de manera holística. Incluye ocho tareas, todas diseñadas en el marco teórico de la TBL. Para los propósitos del presente trabajo, describimos y analizamos tres de ellas: Reseñas, Ofertas Académicas y Emprendedores y Científicos (Ver muestras de las tareas en el anexo).

2.1 Reseñas

La primera tarea es “Reseñas”. Esta tarea incluye reseñas de varios lectores sobre tres libros acerca de la teoría de la relatividad, cada uno de distintos autores y con diversos grados de complejidad en el tratamiento del tema.

La primera actividad requiere que los alumnos completen una ficha por libro con la información que obtienen de las distintas reseñas. La ficha solicita datos sobre título del libro, autor, editorial, año de publicación, número de páginas, lista de temas y la opinión de cada lector.

La segunda actividad es un cuestionario de cuatro preguntas cuyo objetivo es comparar y analizar la cantidad y el tipo de información.

La tercera y última actividad promueve la lectura crítica, presenta preguntas de opinión personal en relación con las reseñas de los libros y apunta a seleccionar uno y justificar su elección.

2.2 Ofertas Académicas

Otra tarea es “Ofertas académicas” (ver Anexo). Se presentan dos opciones de ofertas académicas extraídas de la página web de la universidad de

Chicago. La primera oferta, *Mathematics*, ofrece cuatro carreras de posgrado en la facultad o departamento de Matemática y describe la oferta académica de cada una de ellas. La segunda, *Astronomy and Astrophysics*, describe las tareas que realiza el departamento de Astronomía y Astrofísica para difundir sus descubrimientos a la comunidad y ofrece a los interesados la carrera de Física con especialización en Astrofísica.

La primera actividad requiere que los alumnos lean, analicen y comparen ambas propuestas académicas y respondan cuál de ellas les parece más completa, cuál ofrece un seguimiento más personalizado al estudiante, cuál no incluye una especialización y cuál oferta consideran más prestigiosa.

En la segunda actividad, los alumnos deben decidir, a partir de los aspectos analizados en el punto anterior, cuál propuesta les parece más atractiva y justificar su respuesta.

2.3 Emprendedores y Científicos

También se propone a los alumnos una tarea en la que se presentan textos sobre “Emprendedores y Científicos” seleccionados de una página de internet para público interesado en la investigación científica. El primero de ellos trata de la trayectoria académica y empresarial de Chris Evans durante los últimos sesenta años y el segundo describe cómo un científico amateur, Nick May, se convirtió en emprendedor.

Cada uno de los textos presenta una actividad similar: elegir con cuál de los cuatro enunciados propuestos estarían de acuerdo Chris Evans y Nick May, respectivamente. Luego, los alumnos deben comentar sus respuestas en sus grupos de trabajo.

Por último, deben expresar cuál historia les parece más interesante y justificar su respuesta.

3 ANÁLISIS DE LAS TAREAS

Teniendo en cuenta los principios básicos del TBL propuestos por Nunan (2004), respecto de la selección de material, los tipos de textos, la relación de tareas áulicas con aquellas fuera del aula y la función de la experiencia personal de los alumnos, analizamos las actividades anteriormente descritas.

En relación con la selección de contenidos, los temas presentados tienen estrecha relación con el perfil de los alumnos que cursan nuestra

asignatura. Temas como la teoría de la relatividad, ofertas académicas de universidades y la vida profesional de científicos tienen relevancia directa.

En cuanto a los textos seleccionados para esta presentación, se observa el uso de textos auténticos tomados de diversas fuentes digitales, tales como foros de reseñas de libros con contribuciones de lectores, la página web de la Universidad de Chicago y una página de divulgación de información para interesados en las ciencias.

Con respecto a la relación entre tareas dentro y fuera del aula, existe un claro vínculo entre las tareas propuestas para realizar en clase y las necesidades de lectura que los alumnos pueden llegar a enfrentar fuera del aula en situaciones de uso real. En este sentido, leer textos para seleccionar un libro sobre la base de reseñas o una carrera según la información provista por la universidad y para interiorizarse sobre las decisiones académicas y profesionales de distintos científicos son situaciones de lectura plausibles, considerando el perfil de nuestros egresados.

Por último, cabe destacar el rol que cumple la experiencia de los alumnos. Todas las tareas culminan con una apelación directa a las experiencias y al bagaje personal del lector alumno a fin de que tome decisiones basadas en la lectura y en su postura personal, como se ha visto en las actividades presentadas anteriormente: la selección de un libro, una carrera o su valoración de diferentes posibilidades académicas y profesionales.

Así también, nuestra propuesta está en concordancia con los criterios que según Ellis (2012) deben cumplir las tareas para enmarcarse en el TBL. Estos criterios enfatizan la importancia del significado, la necesidad comunicativa, el uso de recursos lingüísticos de los alumnos y la obtención de un resultado no lingüístico.

Importancia del significado: En la Unidad de Integración nos focalizamos principalmente en el significado de los textos, sin detenernos explícitamente en las estructuras lingüísticas presentes en los mismos.

A diferencia de las unidades anteriores que se organizan de acuerdo con algún aspecto particular del idioma que queremos explicar, ejemplificar y ejercitar, las actividades en esta unidad no están organizadas alrededor de un aspecto lingüístico

determinado sino que los textos sirven para resolver una tarea que va más allá del uso de la lengua en sí (Maidana et al, 2015). No incluimos actividades de reconocimiento y resolución de tiempos verbales, pronombres, sufijos, prefijos ni reglas de diccionario, entre otras, que son comunes en las unidades previas. Por lo tanto, en la Unidad de Integración el significado prevalece sobre las estructuras lingüísticas.

Necesidad comunicativa: Diseñamos las tareas con el objetivo de crear un vacío que genere una necesidad comunicativa que debe ser resuelta con la información o la opinión de los alumnos. De este modo, la lectura y la comprensión están en función de la ejecución de una acción concreta (Villicco, 2015), estrechamente vinculada a los significados implicados.

Recursos lingüísticos de los alumnos: siendo la última unidad del libro, las tareas están diseñadas para integrar todos los contenidos de manera auténtica, tal como se presentan en situaciones de uso real, por lo que se espera que los alumnos apliquen el conocimiento adquirido en las unidades previas. Esta puesta en práctica del conocimiento apela a los recursos lingüísticos y no lingüísticos de los alumnos para desempeñarse de manera satisfactoria. Se debe recalcar que la re-utilización de conocimientos y reglas en contextos diversos contribuye a la adquisición exitosa de la lengua (Villicco, 2015).

Resultado no lingüístico: En contraste con las unidades anteriores del libro, donde se priorizan las tareas con objetivos lingüísticos específicos, esta unidad sigue un diseño que concibe la enseñanza y el aprendizaje de una lengua extranjera no como un fin en sí mismo sino como la construcción de un medio disponible para “hacer” (Villicco, 2015). Este “hacer” incluye la comprensión de los textos pero el énfasis está puesto en el cumplimiento de la tarea final, la cual no es lingüística (Maidana, et al 2015).

4 CONCLUSIÓN

Considerando el diseño del resto de las unidades, la Unidad de Integración que analizamos en esta instancia se presenta como una innovación pedagógica. Esto responde al modo de abordar la elaboración de las tareas partiendo del marco teórico del TBL. La unidad se ajusta a los parámetros establecidos por este método teniendo en cuenta el material seleccionado, los textos incluidos, la autenticidad de las tareas y el bagaje

personal de los alumnos. Por su parte, las tareas observan los requisitos de otorgar prioridad al significado por sobre las formas lingüísticas, de facilitar situaciones que generen necesidades comunicativas, de resaltar la utilización y reutilización de los recursos lingüísticos propios de los alumnos.

A partir de nuestra experiencia, sostenemos que la inclusión de estos tipos de tareas contribuye de manera directa a la adquisición exitosa de la habilidad de lectura en nuestras clases de Lectocomprensión en inglés en la FACET.

REFERENCIAS

- Ellis, R. *Language Teaching Research and Language Pedagogy*, Wiley-Blackwell, Malden, 2012.
- Littlejohn, A. The analysis of language teaching materials: inside the Trojan Horse, *Materials Development in Language Teaching*, 179-211, 2011.
- Maidana, M., V. Hawkes, M. Bannasar, M. Lau y J. Abboud. *Lectocomprensión en Inglés. Ciencia y Tecnología*, La aguja de Buffon ediciones, Tucumán, 2015.
- Nunan, D. *Task-based language teaching*. Cambridge University Press, Cambridge, 2004.
- Villecco, M.E. Presentación del libro *Lectocomprensión en Inglés. Ciencia y Tecnología*, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, 2015.
- Willis, J. *A Framework for Task-Based Learning*, Addison Wesley Longman Limited, Essex, 1996.

Inhibición de lipoxigenasa por compuestos fenólicos naturales y sintéticos. Métodos gráficos y modelos de regresión

Medina, Analía V.¹; Nazareno, Mónica A.^{1,2}; Chaillou, Lucrecia L.¹

(1) *Laboratorio de Antioxidantes y Procesos Oxidativos, Instituto de Ciencias Químicas, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*

veromedina83@hotmail.com, manazar2004@yahoo.com, lucrechailou@gmail.com

(2) *CONICET*

RESUMEN: Las lipoxigenasas catalizan la reacción de oxidación de ácidos grasos que poseen sistemas 1,4-Z, Z-pentadieno, formando hidroperóxidos conjugados como productos primarios. Estas enzimas están presentes en alimentos participando en procesos oxidativos que pueden conducir al deterioro de su calidad organoléptica y nutricional. Por ello, se han desarrollado diversos procesos tecnológicos que modulan su actividad prooxidante, dicha actividad puede ser disminuida o inhibida por el agregado de ciertos antioxidantes. Los objetivos de este trabajo fueron: evaluar el efecto inhibitorio de antioxidantes sintéticos y naturales sobre la oxidación lipídica catalizada por lipoxigenasa; aplicar y comparar métodos gráficos y estadísticos para el diagnóstico del tipo de inhibición y la estimación de sus constantes de inhibición. Para ello, se utilizaron sistemas biomiméticos de tipo micelar, usando ácido linoleico como sustrato y una serie de compuestos fenólicos como inhibidores. Éstos causaron una reducción de la actividad catalítica de la lipoxigenasa entre el 50 y 70%, y afectaron los parámetros cinéticos reduciendo la $V_{máx}$ de 266 μMs^{-1} a 217, 215 y 101 μMs^{-1} para ácido sinápico, galato de propilo y quercetina, respectivamente; comportándose como inhibidores no competitivos mixtos, de acuerdo con los métodos de regresión lineal y no lineal.

ABSTRACT: Lipoxigenases catalyze the oxidation reaction of fatty acids that have 1,4-Z, Z-pentadiene systems, forming conjugated hydroperoxides as primary products. These enzymes are present in foods participating in oxidative processes that can lead to the deterioration of their organoleptic and nutritional quality. Therefore, various technological processes have been developed that modulate its prooxidant activity, said enzymatic activity can be diminished or inhibited by the addition of certain antioxidants. The objectives of this work were: to evaluate the inhibitory effect of synthetic and natural antioxidants on lipid oxidation catalyzed by lipoxigenase; apply and compare graphical and statistical methods for the diagnosis of the type of inhibition and estimation of its inhibition constants. For this, biomimetic systems of micellar type were used, using linoleic acid as a substrate and a series of phenolic compounds as inhibitors. These caused a reduction in the catalytic activity of lipoxigenase between 50 and 70%, and affected the kinetic parameters by reducing $V_{máx}$ of 266 μMs^{-1} to 217, 215 and 101 μMs^{-1} for synaptic acid, propyl gallate and quercetin, respectively; behaving as mixed non-competitive inhibitors, according to linear and non-linear regression methods.

Palabras claves: lipoxidasa, enzima prooxidante, polifenoles

Keywords: lipoxidase, prooxidant enzyme, polyphenols

1. INTRODUCCIÓN

Las lipoxigenasas (LOX) son enzimas del grupo de las oxidorreductasas que catalizan la reacción inicial de oxidación de ácidos grasos insaturados, que contienen uno o más sistemas 1,4-Z, Z-

pentadieno, en presencia de oxígeno molecular, formando como productos primarios, hidroperóxidos con sistemas diénicos conjugados (Liavonchanka y Feussner, 2006). Debido a que estas enzimas están presentes en alimentos tales como cereales, oleaginosas, hortalizas, frutas, etc., y participan en procesos oxidativos,

vinculados al deterioro de la calidad organoléptica y nutricional de alimentos, se han desarrollado diversos procesos tecnológicos a los fines de modular su actividad, tales como el escaldado (Yoshie-Stark y Wäsche, 2004). También, se ha estudiado que su actividad prooxidante puede ser disminuida o inhibida por efectos de ciertos compuestos químicos (Jachak, 2006; Schneider y Bucar, 2005). Puesto que las LOX poseen como cofactor metálico a un ion de Fe^{+2} no hémico unido a las cadenas laterales de los aminoácidos circundantes y al grupo carboxílico del carbono terminal ubicado en el sitio activo de la enzima, los inhibidores pueden unirse covalentemente a este ión o bien formar complejos moleculares que bloqueen el acceso al Fe^{+2} (Skrzypczak-Jankun et al., 2007) y algunos de estos compuestos pueden actuar como co-sustratos (Kulkarni, 2001). Se ha reportado la acción inhibitoria de diferentes clases de compuestos fenólicos, tales como flavonoides, catequinas, carotenoides e isoflavonas, entre otros (Zhang et al., 2019).

En las células de organismos vivos, las LOX se encuentran comúnmente en la superficie de las membranas biológicas o dentro de ellos como proteínas extrínsecas; por lo tanto, con frecuencia ejercen su función en diferentes entornos microheterogéneos. Con el fin de estudiar la actividad catalítica *in vitro* de estas enzimas, se simulan estos microambientes utilizando diferentes estructuras organizadas, tales como vesículas, liposomas, micelas, entre otras, que están formadas por la asociación de moléculas de surfactantes en un medio fluido (Rico-Lattes et al., 2011).

A nivel molecular, los surfactantes, denominados también agentes tensioactivos, presentan una cabeza polar con un grupo hidrofílico y una cola apolar constituida por una cadena hidrofóbica, o sea que son moléculas anfifílicas con cierta actividad en la tensión superficial. La parte hidrofóbica generalmente está compuesta de una o más cadenas de hidrocarburo de cadena larga, típicamente de 8 a 18 átomos (Biasutti et al., 2008).

Los sistemas micelares están constituidos por surfactantes en solución acuosa, formando micelas directas, o en solventes orgánicos formando micelas inversas (Ono, y Goto, 2006). Las primeras están constituidas por surfactantes cuyos grupos polares se orientan hacia el agua mientras que las cadenas hidrocarbonadas lo

hacen hacia el interior de las micelas (Biasutti et al., 2008). Las micelas inversas están formadas por una microgota de agua rodeada por una monocapa de moléculas de surfactante, con sus colas hidrocarbonadas orientadas hacia el solvente orgánico y los grupos iónicos o polares y sus contraiones orientados hacia el interior del agregado. Esta estructura permite la solubilización tanto de sustratos solubles en agua en el interior acuosa y/o en la interfase micelar como de sustratos no polares en la fase orgánica dispersa (Sepulveda et al., 1986).

En los reportes de (Carvalho y Cabral, 2000; Rodakiewicz-Nowak et al., 1996); Park et al., 2013) se mencionan las ventajas de los ensayos en micelas inversas, al ser consideradas como verdaderos nanoreactores, en los cuales el grado de solubilización y/o de reacción puede variar modificando el contenido acuoso. Por este motivo, las micelas inversas se estudian como nuevos medios de catálisis y, en particular, por su capacidad de encapsular enzimas en su corazón acuoso sin que éstas pierdan su actividad catalítica y llegando incluso a aumentar dicha actividad (Biasutti et al. 2008).

Los parámetros cinéticos que caracterizan a una enzima son la velocidad máxima, $V_{máx.}$ y la constante de Michaelis-Menten, K_m . El primer parámetro depende de la cantidad de enzima presente ya que la velocidad máxima es directamente proporcional a dicha concentración; mientras que K_m , indica la afinidad de la enzima por un determinado sustrato (Marangoni, 2003). El cálculo de estos parámetros se puede realizar aplicando métodos de aproximación funcional, siendo los más utilizados los de regresión lineal y no lineal (Ochs, 2000).

El método de regresión no lineal permite ajustar los datos experimentales a ecuaciones no lineales. Entre sus ventajas, se pueden mencionar la determinación simultánea de varios parámetros cinéticos a diferencia de los métodos lineales en los que se pueden calcular sólo dos parámetros; la menor restricción en la elección de las variables controladas, esto implica mayor precisión y menor desviación estándar de los ajustes, comparado con los métodos lineales en los cuales los datos se limitan a un intervalo lineal, y si la relación entre las variables no fuera de este tipo, los ajustes se realizan mediante transformaciones lineales de las variables. Sin embargo, el ajuste por regresión no lineal no puede resolverse en un solo paso, sino debe realizarse un cálculo iterativo

mediante un software específico (Lira y Jasso, 2013). Existen algunos programas comerciales de computadora que realizan regresiones no lineales tales como Origin, Sigma Plot, Graf fit y Curve fit. Para utilizarlos, se debe partir de una aproximación inicial al valor de cada parámetro, y mediante cálculos iterativos se mejoran las aproximaciones, minimizando el error. De esta manera se mejora el ajuste de la curva a los datos experimentales (Purich 2010).

Mediante métodos gráficos se puede determinar el tipo de inhibición (competitiva, no competitiva o mixta) ejercida por un compuesto químico. Entre ellos se pueden mencionar las representaciones gráficas del modelo de Dixon y de la ecuación de Lineweaver-Burk que es muy útil para distinguir entre ciertos tipos de mecanismos de reacción y el tipo de inhibición enzimática, proporcionando información valiosa sobre la acción catalítica de las enzimas.

Existen numerosos trabajos sobre inhibición de LOX en micelas directas (Maqsood y Benjakul, 2010; Vicaş et al., 2011; Zhang et al. 2019), sin embargo no se ha encontrado en bibliografía informes sobre la inhibición en micelas inversas. Los objetivos de este trabajo fueron: evaluar el efecto inhibitorio de antioxidantes sintéticos y naturales sobre la oxidación lipídica catalizada por lipoxigenasa; calcular y comparar los parámetros cinéticos a partir de ajustes lineales y no lineales, determinar el tipo de inhibición mediante métodos gráficos y calcular la constante de inhibición para los polifenoles estudiados.

2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Se utilizó lipoxigenasa extraída de porotos de soja secos, adquiridos en supermercados locales. Los compuestos fenólicos seleccionados para este estudio fueron quercetina, ácido sinápico, ácido gálico, como los compuestos naturales y galato de propilo como antioxidante artificial. En las Fig. 1 a 4 se presentan sus fórmulas estructurales.

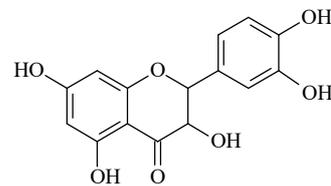


Fig. 1. Quercetina

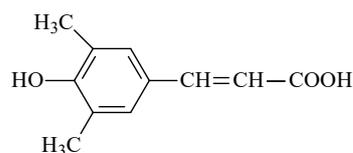


Fig. 2. Ácido Sinápico

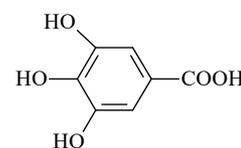


Fig. 3. Ácido Gálico

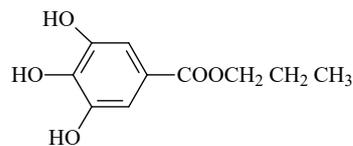


Fig.4. Galato de Propilo

2.2. Metodología

2.2.1. Aislamiento de LOX a partir de porotos de soja

Se trituraron porotos de soja con 50 ml de agua ultra pura; la mezcla se agitó durante 20 min. Posteriormente se adicionaron PVPP y CaCl_2 hasta 43 mM para precipitar compuestos fenólicos y proteínas de almacenamiento, respectivamente. La mezcla fue homogeneizada durante 15 min e incubada a 8°C durante 30 min. Luego se centrifugó a 12.000 g por 10 min, utilizándose el sobrenadante para las determinaciones de actividad (Fukushige et al., 2005).

2.2.2. Determinación de la actividad enzimática

La actividad catalítica de LOX se determinó en función de la formación de hidroperóxidos conjugados resultantes de la oxidación de ácido linoleico (AL), midiendo para ello la absorbancia, a 234 nm en 10 ciclos cada 20 s. Las

determinaciones se realizaron por triplicado a 25°C. Se llevaron a cabo varios ensayos en simultáneo para evitar la disminución de la actividad con el tiempo que insumen los ensayos y sus réplicas, en caso de ser necesario se conservó la enzima en freezer. Se utilizaron celdas de cuarzo de paso óptico reducido de 0,2 cm, y la actividad fue calculada por corrección de absorbancia a 1 cm de paso óptico (p.o.). Una unidad de actividad de LOX, se define como la cantidad que causa un incremento en absorbancia de 0,001 UA/min a 234 nm, utilizando ácido linoleico (AL) como sustrato, a 25°C en un volumen de 3 mL para un p.o. de 1 cm.

Se prepararon micelas inversas de AOT en isooctano a una relación molar entre agua y surfactante, W=62, analizándose a 25°C y pH 10, una serie de concentraciones de ácido linoleico (216-1250 µM), ácido gálico (AG) (5-100 µM), quercetina (5-10 µM), ácido sinápico (5-30 µM) y galato de propilo (2- 40 µM).

La velocidad de formación de hidroperóxidos, expresada en µM/s, fue calculada usando la siguiente ecuación:

$$V = \frac{A_{234}}{\epsilon \cdot l \cdot t} \quad (1)$$

donde A_{234} es la absorbancia a 234 nm; ϵ es el coeficiente de extinción molar de hidroperóxidos a 234 nm; t es el tiempo de análisis en segundos; $l=0,2$ cm es el paso óptico reducido de la celda. El valor del coeficiente de absorbtividad utilizado fue $25000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$.

2.2.3. Evaluación de la actividad enzimática

El porcentaje de inhibición (%Inh) de LOX se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\%Inh = \frac{(A_0 - A)}{A_0} \cdot 100 \quad (2)$$

Donde A_0 es la actividad inicial de LOX del extracto crudo y A es la actividad en presencia del inhibidor. La enzima se incubó durante 10 minutos con el inhibidor previo a la medida de actividad mediante el procedimiento descrito en el apartado 2.2.2.

2.2.4. Evaluación de parámetros cinéticos

Considerando el método de regresión lineal, la velocidad de formación de hidroperóxidos y la concentración de sustrato se pueden predecir,

ajustando los valores experimentales al modelo de Michaelis-Menten (Marangoni, 2003):

$$V_0 = \frac{V_{m\acute{a}x} [S]}{K_m + [S]} \quad (3)$$

Dónde: V_0 representa la velocidad inicial, $V_{m\acute{a}x}$ velocidad máxima, K_m la constante de Michaelis-Menten y $[S]$ la concentración de sustrato. Frecuentemente, se utilizan los inversos multiplicativos de ambos miembros de la ecuación (3), obteniéndose:

$$\frac{1}{V_0} = \frac{K_m + [S]}{V_{m\acute{a}x} [S]} \quad (4)$$

Que se puede simplificar a:

$$\frac{1}{V_0} = \frac{K_m}{V_{m\acute{a}x}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{m\acute{a}x}} \quad (5)$$

Esta ecuación se denomina ecuación de Lineweaver-Burk. Para las enzimas que obedecen a la relación de Michaelis-Menten, la representación gráfica de $1/V_0$ frente $1/[S]$ es una recta cuya pendiente es igual a $K_m/V_{m\acute{a}x}$, la intersección sobre el eje de las ordenadas es $1/V_{m\acute{a}x}$ y la intersección sobre el eje de las abscisas es $-1/K_m$.

El cálculo de la constante de inhibición para un inhibidor no competitivo mixto se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{V_{m\acute{a}x}^* [S]}{K_s^* + [S]} \quad (6)$$

6 DONDE V^* ES LA VELOCIDAD MÁXIMA APARENTE Y K^* ES LA CONSTANTE APARENTE DE MICHAELIS-MENTEN.

$$V^* = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\beta} \quad (7)$$

$$K^* = \frac{\alpha}{\beta} K_m \quad (8)$$

Siendo α y β constantes que se obtienen a partir de las ecuaciones (9) y (10) en la cual $[I]$ es la concentración del inhibidor, K_i es la constante de inhibición (Purich, 2010).

$$\alpha = 1 + \frac{[I]}{K_i} \quad (9)$$

$$\beta = 1 + \frac{[I]}{\delta K_i} \quad (10)$$

2.2.4. Tratamiento estadístico y modelado matemático

Se calculó la media y la desviación estándar de los datos experimentales. Se realizó el ajuste de los mismos al modelo de Michaelis-Menten (Modelo no lineal, es decir el modelo de Hill para $n=1$) y al modelo de Lineweaver-Burk (modelo lineal) usando el software ORIGIN 8.0. A partir de los mismos se calcularon los parámetros cinéticos de V_{max} y K_m . Para evaluar el ajuste a modelos lineales y no lineales se calcularon los coeficientes de determinación y se observaron los gráficos de residuos. El análisis estadístico se realizó con el software INFOSSTAT. Valores de $p < 0,05$ se consideraron significativos. Para determinar el tipo de inhibidor se realizaron los gráficos de los dobles recíprocos y el de Dixon usando el software ORIGIN 8.0.

3 RESULTADOS

En la Tabla 1 se indican, a modo de ejemplo, los valores de los porcentajes de inhibición de la acción catalítica de lipoxigenasa de soja causada por el agregado de una alícuota de concentración constante de una serie de antioxidantes fenólicos. Se trabajó con una alícuota de 8 μ L del extracto enzimático que presentó una actividad inicial de $35,7 \pm 0,7$ ULOX/g.min.

Tabla 1. Inhibición de LOX en micelas inversas para una concentración 10 μ M del antioxidante

Compuesto fenólico	Actividad Enzimática (ULOX/g.min)	Inhibición (%)
Quercetina	$17,9 \pm 0,5$	50 ± 3

Ácido Sinápico	$16,8 \pm 0,3$	47 ± 2
Ácido Gálico	$12,9 \pm 0,4$	36 ± 2
Galato de propilo	$11,78 \pm 0,3$	33 ± 3

El incremento de la concentración de los compuestos fenólicos estudiados redujo la actividad enzimática. Los mayores porcentajes de inhibición que se determinaron fueron 45, 59, 70 y 72% correspondientes a ácido gálico, ácido sinápico, quercetina y galato de propilo, respectivamente.

En la Fig. 5 se muestra la cinética de la reacción de oxidación de AL inducida por LOX en presencia de ácido gálico como inhibidor. Se realizó el ajuste con el modelo de Michaelis-Menten, a partir del cual se determinaron los parámetros cinéticos característicos (Tabla 2). Esta representación, tiene la ventaja de permitir una determinación mucho más precisa de V_{max} (Marangoni, 2003).

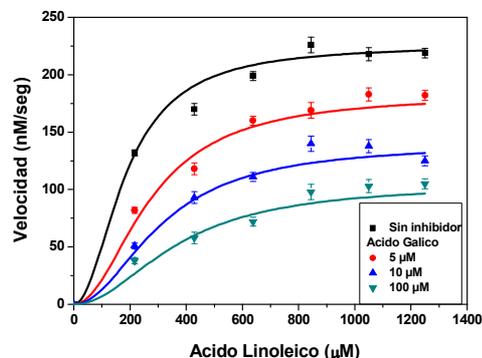


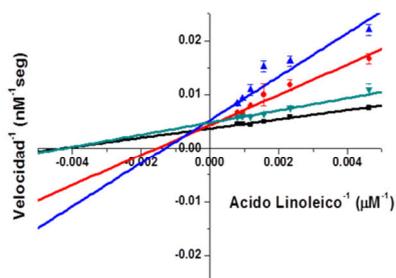
Fig.5. Actividad de LOX en micelas inversas de AOT/isooctano de acuerdo al modelo de Michaelis-Menten, en ausencia y presencia del Ácido Gálico (AG)

Tabla 2. Parámetros cinéticos de LOX en micelas inversas, en presencia y ausencia de inhibidor

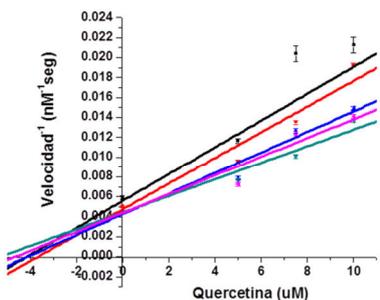
Antioxidantes	7 PARÁMETROS CINÉTICOS	
	8 K_M [μ M]	9 V_{MAX} [MM/S]

Sin inhibidor	222 ± 41	267 ± 13
Ácido sináptico (5 μM)	277 ± 43	217 ± 12
Quercetina (10 μM)	481 ± 127	101 ± 10
Galato de Propilo (20 μM)	508 ± 182	215 ± 31
Ácido Gálico (100 μM)	445 ± 101	93 ± 19

Con el fin de determinar el tipo de inhibidor, en la Fig. 6. A y B se muestra, a modo de ejemplo, la cinética de la reacción de oxidación de AL inducida por LOX, realizando el ajuste con el modelo de Lineweaver-Burk (A) y modelo de Dixon (B) para el galato de propilo y quercetina, respectivamente.



A. Modelo de Lineweaver-Burk para el Galato de propilo



B- Modelo de Dixon para la Quercetina

Fig. 6. Actividad de LOX en micelas inversas de AOT/isooctano de acuerdo al modelo de Lineweaver-Burk (A) para el galato de propilo (■ sin inhibidor; con inhibidor: ▼ 2μM; ● 20 μM y ▲ 40 μM) y el modelo de Dixon (B) para quercetina (concentraciones crecientes del sustrato: ■ 216 μM, ▼ 429 μM, ▲ 638 μM, ▲ 844 μM y ▼ 1047 μM)

En este último modelo se representa el recíproco de la velocidad en función de la concentración del inhibidor. Una de las ventajas de este gráfico es que permite clasificar al inhibidor como parcial o total. En el caso de inhibidores parciales los gráficos de Dixon son hiperbólicos, si se trata de un inhibidor total, las representaciones son lineales (Purich, 2010).

En la Tabla 3 se presentan los parámetros cinéticos para el ácido sináptico mediante los métodos de ajuste lineal y no lineal. Se puede observar que, a un nivel de significación del 5%, no existe diferencia significativa en la estimación de dichos parámetros independiente del modelo aplicado. ($p < 0,05$). Esto se debe a que la enzima en presencia de este ácido sigue el modelo de Michaelis- Menten.

Tabla 3. Parámetros cinéticos obtenidos para el ácido sináptico mediante los métodos de regresión lineal y no lineal.

Método	Acido Sináptico			
	No Lineal		Lineal	
	0 μM	5 μM	0 μM	5 μM
$V_{máx}$ [μM/s]	267	217	267	202
K_m [μM]	222	277	223	267
Adj. R-Square	0,9409	0,9571	0,9729	0,9617

De acuerdo al comportamiento observado en los gráficos y los valores de los parámetros cinéticos, el ácido gálico, el sináptico, la quercetina y el galato de propilo actúan como inhibidor no competitivo mixto. Es decir el inhibidor interactúa tanto con la enzima libre como con el complejo enzima-sustrato, ocasionando una disminución $V_{máx}$ e incrementando K_m . Se muestra un esquema en la Fig.7

Se estimó la constante de disociación de complejo Enzima-Sustrato-Inhibidor (ESI) a partir de la ecuación (9).

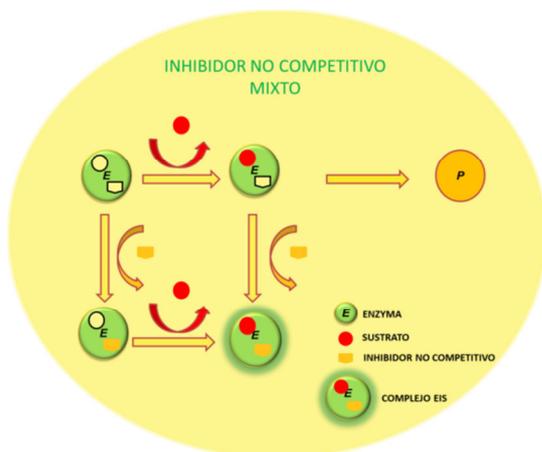


Fig. 7. Esquema de un inhibidor no competitivo mixto

Las constantes de disociación del complejo Enzima-Inhibidor (K_i) fueron 3,7; 1,4; 2,1 y 10,9 μM para ácido sinápico, quercetina, ácido gálico y galato de propilo, respectivamente.

No se han reportado resultados sobre inhibición de LOX de soja en micelas inversas, por ello, los resultados que se presentan en este trabajo constituyen un aporte al conocimiento del comportamiento de la enzima en este tipo de sistema.

10 CONCLUSIONES

Los antioxidantes estudiados presentan distintos grados de inhibición de la actividad de LOX. En base a los valores de los parámetros cinéticos y el comportamiento observado mediante los gráficos se concluye que éstos se comportan como inhibidores no competitivos mixtos. Además, los métodos empleados para determinar las constantes cinéticas no son excluyentes. Por ello, es conveniente realizar el análisis cinético utilizando tanto los métodos de regresión lineal como los ajustes no lineales. Además las micelas inversas constituyen un nuevo medio de estudio de la catálisis de LOX, permitiendo que ésta se desarrolle en el corazón acuoso.

5 REFERENCIAS

Biasutti, Maria A. et al., Kinetics of reactions catalyzed by enzymes in solutions of surfactants, *Advances in colloid and interface science*, 136, 1–24, 2008.

Carvalho, C. M. and J. M. Cabral, Reverse micelles as reaction media for lipases, *Biochimie*, 82, 1063–85, 2000.

Fukushige, H., C. Wang, T.D. Simpson, H.W. Gardner and D.F. Hildebrand, Purification and identification of linoleic acid hydroperoxides generated by soybean seed lipoxygenases 2 and 3, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 5691–5694, 2005.

Jachak, S. M., Cyclooxygenase inhibitory natural products: current status, *Current Medicinal Chemistry*, 13, 659–678, 2006.

Kulkarni, A. P. Lipoxygenase a versatile biocatalyst for biotransformation of endobiotics and xenobiotics, *Cellular and Molecular Life Sciences*, 58, 1805–1825, 2001.

Liavonchanka, A. & I. Feussner. Lipoxygenases: Occurrence, functions and catalysis, *Journal of Plant Physiology*, 163, 348–357, 2006.

Lira, E. and R. Jasso, Comparación de los diferentes métodos de análisis cinéticos para determinar el tipo de inhibición de dos compuestos, *REB, Revista de educación bioquímica*, 32, 19–32, 2013.

Maqsood, S. and S. Benjakul, Comparative studies of four different phenolic compounds on *in vitro* Antioxidative Activity and the Preventive Effect on lipid oxidation of fish oil emulsion and fish mince, *Food Chemistry*, 119, 123–132, 2010.

Marangoni, A. G. Enzyme kinetics: a modern approach. John Wiley & Sons, 2003.

Ochs, R. S. Understanding enzyme inhibition, *Journal of Chemical Education*, 77, 1453–1455, 2000.

Ono, T., M. Goto. Peroxidative catalytic behavior of Cytochrome c solubilized in reverse micelles, *Biochemical Engineering Journal*, 28, 156–160, 2006.

Park, K. M., Kim, Y. N., Choi, S. J. and P. Chang, Development of the simple and sensitive method for lipoxygenase assay in AOT/isooctane reversed micelles, *Food chemistry*, 138, 733–738, 2013.

Purich, D. L., Enzyme kinetics. Catalysis and Control, Academic Press, USA, 2010.

Rico-Lattes, I., E. Perez, S. Franceschi-Messant, and A. Lattes, Organized molecular systems as reaction media, *Comptes Rendus Chimie*, 14, 700–715, 2011.

Rodakiewicz-Nowak, J., Maślakiewicz, P. and J. Haber, J., The effect of linoleic acid on pH inside sodium bis (2-Ethylhexyl) sulfosuccinate

- reverse micelles in isooctane and on the enzymic activity of soybean lipoxygenase, *European journal of biochemistry*, 238, 549–553, 1996..
- Sepulveda, L. E. Lissi, and F Quina, Interactions of neutral molecules with ionic micelles, *Advances in Colloid and Interface Science*, 25,; 1–57, 1986.
- Schneider, I. and F. Bucara, Lipoxygenase inhibitors from natural plant sources. Part I, Medicinal plants with action on arachidonate 5-lipoxygenase, *Phytotherapy Research*, 19, 81-102, 2005.
- Skrzypczak-Jankun, E., J. Chorostowska-Wynimko, S. H. Selman, and J. Jankun, Lipoxygenases – A challenging problem in enzyme inhibition and drug development, *Current Enzyme Inhibition*, 3, 119-132, 2007.
- van Boekel, M. A. J. S., *Kinetics modelling reactions in foods*, CRC Press, Boca Ratón, USA, 2009.
- Vicaş, S. I., V. S. Chedea, and C. Socaciu, Inhibitory effects of isoflavones on soybean lipoxygenase-1 activity, *Journal of Food Biochemistry*, 35, 613-627, 2011.
- Yoshie-Stark, Y. and A. Wäsche. Characteristics of crude lipoxygenase from commercially de-oiled lupin flakes for different types of lupins, *Food Chemistry*, 88, 287-292, 2004.
- Zhang, Y.-Y, K Thakur, C.-K. Wei, H. Wang, J.-G. Zhang and Z.-J. Wei, Evaluation of inhibitory activity of natural plant polyphenols on Soybeanlipoxygenase by UFLC-mass spectrometry, *South African Journal of Botany*, 120, 179-185, 2019.

Reducción de Cr(VI) de efluentes contaminados a Cr(III) catalizada por microorganismos electrogénicos/electrotróficos

Murga, Guadalupe¹; Lescano, Mariela²; Barclay, Jeremías²; Prados, María B.²

(1) *Facultad de Ciencias Exactas Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*
murgaguadalupe@gmail.com

(2) *Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Centro Atómico Bariloche.*
ieds@cab.cnea.gov.ar.

RESUMEN: Los sistemas bioelectroquímicos (BES, por su sigla en inglés) son tecnologías que sacan provecho de los mecanismos microbianos de óxido-reducción con diferentes fines, principalmente la producción de energía. Los BES se basan en la capacidad de ciertos microorganismos de transferir (microorganismos electrogénicos) y/o aceptar (microorganismos electrotróficos) electrones extracelularmente durante la respiración celular. Esta capacidad metabólica puede aprovecharse para la remediación de ambientes contaminados, empleando electrodos sólidos como fuente de electrones. El objetivo de este trabajo fue contribuir al desarrollo de un BES destinado al tratamiento de sedimentos del río Reconquista, contaminados con Cr(VI). Para ello, se estudió el crecimiento y la capacidad de reducir diferentes concentraciones de cromo hexavalente (0; 0,625; 1,250 y 2,500 mg/L) de microorganismos electrogénicos/electrotróficos, aislados de los sedimentos del mismo río. El análisis se realizó mediante espectrofotometría, microscopía electrónica de barrido, microscopía óptica y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier. Los resultados muestran que los microorganismos estudiados son tolerantes y reducen Cr(VI) en todo el rango de concentraciones probadas. Se observó que la presencia de Cr(VI) induce modificaciones en el consorcio microbiano reflejadas en el aumento del tiempo de latencia, la modificación en su velocidad de crecimiento, y la presencia de estructuras multicelulares y esporas.

ABSTRACT: Bioelectrochemical systems (BES) are technologies that take advantage of the microbial mechanisms of oxide-reduction reactions for different purposes, mainly the production of energy. The BES are based on the ability of certain microorganisms to transfer (electrogenic microorganisms) and / or accept (electrotrophic microorganisms) electrons extracellularly during cellular respiration. This metabolic capacity can be used for the remediation of contaminated environments, using solid electrodes as a source of electrons. The objective of this work was to contribute to the development of a BES for the treatment of sediments of the Reconquista river, polluted with Cr(VI). For this, the growth and capacity to reduce Cr(VI) of electrogenic/electrotrophic microorganisms, isolated from the sediments of the same river, were studied at different concentrations of hexavalent chromium (0, 0.625, 1.250 and 2.500 mg/L). The analysis was performed by spectrophotometry, scanning electron microscopy, optical microscopy and Fourier-transform infrared spectroscopy. Results showed that the microorganisms studied are tolerant and reduce Cr(VI) throughout the range of concentrations tested. It was observed that the presence of Cr(VI) induced modifications in the microbial consortium, reflected by the increase of the lag time, the change in the growth rate, and the presence of multicellular structures and spores.

Palabras claves: bioremediación - sistema bioelectroquímico - efluentes - sedimentos.

Keywords: bioremediation - bioelectrochemical systems - wastewater - sedimentos.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Marco teórico

Los sistemas bioelectroquímicos (BES, por sus siglas en inglés) son dispositivos que se basan en la capacidad de algunos microorganismos para catalizar diferentes reacciones electroquímicas, específicamente, reacciones que involucren una transferencia de electrones, como las de óxido-reducción [1].

Los microorganismos electrogénicos tienen la capacidad de transferir electrones a aceptores extracelulares insolubles. Recientemente se ha reportado que algunos microorganismos pueden, además, aceptar electrones de un electrodo y emplearlos en la reducción de diversos compuestos químicos, lo que los convierte en microorganismos electrotróficos [2]. Esto ha permitido el desarrollo de una nueva generación de BES orientados a la bioremediación de sedimentos y efluentes contaminados con metales pesados.

La existencia de cuerpos de agua altamente degradados y contaminados es uno de los problemas ambientales más acuciantes que padece la Argentina. En particular, el río Reconquista, representa el segundo río con mayor contaminación de la Argentina, con altos niveles de cromo. Debido a las características particulares de este río, fundamentalmente de bajo potencial redox de sus aguas, los metales pesados tienden a precipitar o ser adsorbidos sobre diferentes componentes minerales del sedimento.

Se ha demostrado que los compuestos hexavalentes, como el Cr(VI), son carcinógenos por inhalación y corrosivos para los tejidos. El nivel máximo recomendado para las aguas de riego de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura es de 100 µg/L. El MCL estándar de agua potable primaria de la EPA de EE. UU. es de 0,1 mg/L para el cromo total [3].

1.2 Trabajos previos

En este sentido, el grupo de investigación del laboratorio de Bioenergía del IEDS, en trabajos anteriores, seleccionó microorganismos electrogénicos hierro-reductores a partir de sedimentos contaminados del río Reconquista, donde se han detectado 118 mg Cr Kg⁻¹ de sedimento [4]. De este modo, con el objeto de

emplear los microorganismos seleccionados en sistemas bioelectroquímicos de remediación, en este trabajo nos propusimos realizar una caracterización del crecimiento de los mismos frente a diferentes concentraciones de cromo hexavalente.

1.3 Objetivos

El objetivo de este trabajo es contribuir al desarrollo de un BES que permita la remoción de metales pesados presentes en biolixiviados de sedimentos y efluentes contaminados. Para esto se propone analizar el crecimiento del consorcio de microorganismos RE480 en presencia de diferentes concentraciones de Cr(VI) y estudiar la eficiencia de reducción del metal.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Microorganismos utilizados

Se utilizó un consorcio de microorganismos electrogénicos, denominados RE480, aislados de sedimentos de la cuenca del río Reconquista. La selección de estos microorganismos se realizó previamente aplicando una combinación de métodos microbiológicos y electroquímicos [4]. Los microorganismos se preservan en nitrógeno líquido, en presencia de un crioprotector (glicerol) y luego se descongelan.

2.2 Medio de cultivo

Para el cultivo de los microorganismos se preparó el medio DMSZ 826, recomendado para el cultivo de microorganismos anaeróbicos reductores de metales por el DMSZ - Colección alemana de microorganismos y cultivos celulares, Instituto de Leibniz. pH 7. En este caso, además, se utilizó acetato de sodio (30 mM) como donante de electrones y como fuente de carbono, y fumarato de sodio (30 mM) como aceptor de electrones.

El medio se esterilizó por autoclave a 121°C durante 20 min. Luego se adicionaron en esterilidad las soluciones de minerales y vitaminas previamente esterilizadas por filtración (filtro 0,22 µm). Finalmente, se colocó el medio en un vial de 50 mL, el cual fue sellado con un tapón de butilo y un precinto de aluminio para evitar el ingreso de oxígeno. Se creó anaerobiosis mediante burbujeo con N₂:CO₂ (gases 5.0,

pureza 99,999%) en proporción 80:20, durante 20 min.

2.3 Cultivo de microorganismos

Trabajando en esterilidad en un flujo laminar, se raspa con un tip estéril la superficie congelada del criotubo que contiene las bacterias. Luego, se introduce este tip en un vial estéril que contiene el medio descrito anteriormente para la recuperación y el crecimiento de las bacterias (figura 1). El vial es mantenido en un incubador a 30°C y se monitorea diariamente el aumento de turbidez de la solución, indicador del crecimiento microbiano.

2.4 Análisis del crecimiento microbiano en presencia de Cr(VI)

Se estudió, por espectrofotometría a 600 nm, el crecimiento del consorcio RE480 frente a diferentes concentraciones de Cr(VI): 0, 0.625, 1.25 y 2.5 mg/L. Para ello se inocularon células en fase exponencial de crecimiento en cubetas de plástico estériles. Se realizaron dos ensayos independientes donde cada variable se estudió por duplicado en el primer ensayo y por triplicado en el segundo.

Se trabajó con el consorcio RE480 en fase exponencial, determinada por espectrofotometría a 600 nm. Las células se inocularon en medio de cultivo anaeróbico estéril fresco, según lo detallado en el apartado anterior, con la salvedad que en este caso se utilizó fumarato de sodio 3 mM (en lugar de 30 mM) como reactivo limitante, a fin de promover el uso de Cr(VI) como aceptor de electrones. Luego, el cultivo se fraccionó en las cubetas empleando una caja de guantes para garantizar la anaerobiosis del sistema y se taparon con un tapón de Parafilm y goma previamente esterilizados.

Además de las variables descritas, se incluyó un control para determinar el efecto que produce la presencia de material orgánico por sí mismo sobre el Cr(VI). Para ello, en un vial se colocó medio de cultivo con células muertas y una concentración de 2,5 mg/L de cromo. Para matar las células se colocó el vial con el consorcio crecido en fase exponencial en el autoclave a 121°C durante 20 minutos.

2.5 Curvas de crecimiento bacteriano

El crecimiento (aumento en el número de células) de los cultivos bacterianos se estudió mediante turbidimetría. Esta técnica consiste en la medición de la cantidad de luz dispersada o transmitida a través de un cultivo bacteriano. La dispersión es proporcional al número de células en suspensión y a la masa del cultivo. Esto puede ser medido mediante un espectrofotómetro, donde se hace incidir un haz de luz de una determinada longitud de onda (λ) sobre una muestra líquida y se mide la cantidad de esta luz que es absorbida y/o dispersada por la muestra. Esto se conoce como densidad óptica (DO).

De este modo, monitoreamos la proliferación microbiana observando el aumento en la turbidez de la solución utilizando un haz de luz de $\lambda=600$ nm, ya que se sabe que los cultivos bacterianos no presentan una absorción significativa a esta longitud de onda. En estas condiciones el valor de DO obtenido se deberá completamente a la luz dispersada por la muestra, y se podrá correlacionar la DO con la concentración de células en el cultivo.

Para medir se utilizó un espectrofotómetro Shimadzu UV-1800 (Figura 3) en el cual se colocaron una a una las muestras. Se monitoreó midiendo las muestras a diferentes tiempos durante aproximadamente 80 h.

Al finalizar los ensayos, se colectaron muestras para microscopía óptica y SEM y la fracción restante se centrifugó a 2400g durante 15 minutos. El sobrenadante se empleó para cuantificar Cr(VI) y el pellet de bacterias se analizó mediante FT-IR.

2.6 Análisis estadístico

Trabajando en esterilidad en un flujo laminar, se raspa con un tip estéril la superficie congelada. Conociendo la dinámica de crecimiento de las bacterias, se usó el Software Rstudio para aplicar un modelo logístico que se ajusta a las diferentes fases del crecimiento bacteriano.

$$q(t) = \frac{\text{Max}}{1 + \exp\left(\frac{4\mu(\lambda - t)}{\text{Max}} + 2\right)} \quad (1)$$

Parámetros obtenidos:

- μ = tangente en el punto de inflexión, refleja la tasa de crecimiento máximo bacteriana.
- λ = intersección del eje x de esta tangente, es el tiempo de latencia.

- Max = asíntota, representa la capacidad de carga, es decir, el tamaño máximo de población que el entorno puede soportar.

Sobre dichos parámetros se realizó un análisis estadístico (ANOVA), utilizando el software GraphPad Prism.

2.7 Determinación de Cr(VI) en solución

La determinación de Cr(VI) se llevó a cabo mediante una técnica colorimétrica estandarizada [3]. Brevemente, se hace reaccionar al cromo hexavalente con difenilcarbazida en solución ácida, esto produce un complejo coloreado violeta-rojizo cuya concentración puede medirse empleando un espectrofotómetro a 540 nm. La reacción es muy sensible, la capacidad de absorción molar basada en el cromo es de aproximadamente 40000 L g⁻¹ cm⁻¹.

Las muestras provenientes de las distintas condiciones de cultivo se procesaron en las mismas condiciones que la curva de calibración. Se determinó su absorbancia y se calculó la concentración de Cr(VI) empleando la ecuación obtenida a partir de la curva de calibración.

Para la cuantificación de Cr(VI) se realizó una curva de calibración empleando una solución estándar de cromo de 5 mg/L.

2.8 Análisis fenotípico por microscopía óptica

Las bacterias pueden presentar diversas formas y tamaños. La morfología bacteriana se estudió mediante microscopía óptica, para lo cual fue necesario colorear previamente las células. En este trabajo se utilizó una tinción diferencial, tinción de Gram. Para llevar a cabo la tinción, se colocó una gota de cada muestra sobre un portaobjetos, se dejó secar al aire y se fijó por calor a la llama. El preparado se coloreó con cristal violeta, luego se utiliza una solución de lugol como mordiente, que contribuye a la tinción del colorante anterior. Posteriormente, se decoloró con una mezcla de etanol:acetona (50:50), y las células decoloradas (solamente las Gram -) son contracoloradas con fucsina y toman un color rosado-rojizo.

Los microorganismos se visualizaron en un microscopio óptico Leica DM1000 con objetivo de inmersión 100X. Se tomaron fotografías desde la cámara interna del equipo (ICC 50).

2.9 Análisis por SEM y EDS

La caracterización estructural de las bacterias fue estudiada mediante microscopía electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés, Scanning Electron Microscopy) y la caracterización química se realizó mediante espectroscopía de rayos X de energía dispersiva (EDS, por sus siglas en inglés, Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy), utilizando un microscopio de electrones FEI INSPECT S50.

A fin de preservar la estructura celular, se realizó una preparación previa de las muestras. Se colocó una gota de muestra sobre un papel de filtro de acetato de celulosa y las bacterias se fijaron con glutaraldehído 2,5%, se dejó en ambiente húmedo durante 3 horas. Luego, se lavaron con buffer fosfato salino (PBS). Finalmente, las células se deshidrataron con etanol a diferentes concentraciones (40%, 60%, 80%, y 100%) por periodos de tiempo entre 5 y 10 minutos para cada concentración, y se las dejó secando al aire toda la noche previa al turno en el SEM.

En el porta muestras del SEM se adhirieron los papeles con cinta de carbono y al tratarse de muestras no conductoras se realizó el sputtering o pulverización catódica en oro al 99%.

Técnica analítica utilizada para el análisis elemental o químico caracterización de una muestra.

2.10 Caracterización estructural por FT-IR

A fin de analizar la presencia de cromo en las bacterias, se realizó un análisis de las mismas por medio de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR, por sus siglas en inglés, Fourier Transformed Infrared Spectroscopy). En este trabajo se utilizó un espectrómetro FT-IR Perkin-Elmer, modelo Spectrum 400. Se trabajó sobre muestras sólidas secas. Para ello, los pellets de bacterias se secaron en estufa a 60° C durante 12 h. Las muestras obtenidas se molieron en mortero con KBr (sal purificada finamente), y luego la mezcla homogénea de polvo se comprimió en una prensa mecánica para formar una pastilla traslúcida a través de la cual puede pasar el haz del espectrofotómetro.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Crecimiento bacteriano en presencia de cromo hexavalente

En la figura 1A, se muestran los resultados obtenidos del primer ensayo, donde se compara el crecimiento del cultivo control (ausencia de cromo) frente a una concentración baja (0.625 mg/L) e intermedia (1.25 mg/L) de Cr(VI). En la figura 1B se muestran los resultados obtenidos del segundo ensayo, donde se compara el crecimiento del cultivo control frente a una concentración alta (2.5 mg/L) de Cr(VI).

Como puede observarse, los controles respondieron de forma similar en los dos ensayos (Figura 1 A y B).

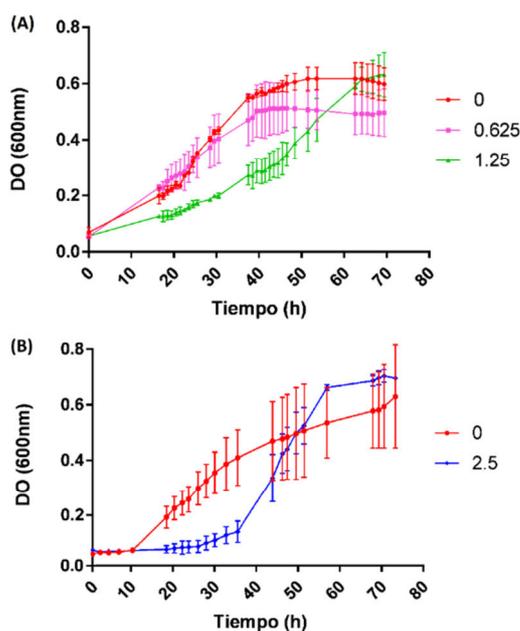


Figura 1: Gráficas de valores promedios y desvíos estándar de las curvas de crecimiento bacteriano. (A) Ensayo 1 a 0; 0,625 y 1,25 mg/L de Cr(VI). (B) Ensayo 2 a 0 y 2,5 mg/L de Cr(VI).

Las fases de crecimiento de un cultivo microbiano en batch (sin renovar el medio) son:
 I) Fase lag o de latencia: las células inoculadas en medio fresco comienzan a activar sus mecanismos de síntesis de macromoléculas, preparándose para su división. Es una fase de acostumbramiento al nuevo medio, por lo que no

se registra aumento en el número de células, observado como una lectura de DO constante.

II) Fase exponencial de crecimiento: las células están en división continua, siguiendo una cinética de primer orden.

III) Fase estacionaria: la velocidad de crecimiento se hace nula. Los factores que desencadenan la llegada a esta fase son: i) el consumo de algún nutriente esencial, llamado nutriente limitante, y ii) la acumulación de algún metabolito tóxico para la célula, incluyendo la liberación de productos ácidos.

IV) Fase de muerte celular: representa la muerte de las células cuya cinética es de primer orden, pero con pendiente negativa [5].

Luego, realizamos un ajuste al modelo logístico de crecimiento de todas las curvas y se obtuvieron los siguientes parámetros:

[Cr(VI)] (mg/L)	0	0.625	1.25	2.5
μ (Abs/h)	8,102	6,859	6,209	5,296
Fase latencia (h)	10	-	-	25
Fase exponencial (h)	40	-	-	30
DO máxima	0,614	0,521	0,636	0,691

Tabla 1: Parámetros de crecimiento de bacterias.

Los tiempos de latencia y exponencial en las curvas de 0.625 y 1.25 mg/L no pudieron calcularse puesto que (como se puede ver en la Figura 1 A) no se hicieron mediciones en la primera etapa de crecimiento bacteriano. Para la concentración máxima de cromo (2,5 mg/L) se puede ver claramente el aumento en la duración de la fase de latencia, 25 h frente a las 10 h del cultivo sin Cr(VI). Esto denota un período de adaptación en el que las bacterias en lugar de crecer desarrollarían un mecanismo que les permita tolerar la presencia de Cr(VI).

La velocidad de crecimiento disminuye a concentraciones crecientes de Cr(VI) a la que es expuesto el cultivo. Es posible que esto se deba al daño causado por el Cr(VI) sobre determinadas especies del consorcio, de manera que pudieron haber sobrevivido algunas de crecimiento más lento.

A partir del análisis de la varianza (ANOVA) realizado entre las DO máximas se concluyó que no existe diferencia significativa entre ellas. El hecho de que las DO máximas puedan

considerarse iguales, implica que las bacterias lograron alcanzar el mismo nivel de crecimiento a pesar de la presencia de Cr(VI), inclusive en las más altas concentraciones.

Cabe destacar que se observó un incremento en el desvío estándar de las mediciones a medida que se incrementaba el crecimiento bacteriano. Esto puede deberse a que muchos microorganismos tienden a agregarse, por lo que la suspensión bacteriana resulta difícil de homogeneizar. Por otro lado, como se mostrará más adelante por microscopía, a concentraciones elevadas de Cr(VI) las bacterias se agruparon diferencialmente, formando estructuras que podrían dispersar la luz de una forma diferente a las células aisladas en suspensión. De este modo, será necesario en el futuro, estimar la biomasa máxima alcanzada mediante una técnica alternativa como ser la cuantificación de proteínas o ADN total.

3.2 Determinación de Cr(VI) en solución

En la Tabla 2 se muestran los resultados de cuantificación de Cr(VI) de todas las variables probadas. Como puede observarse, todas las muestras con bacterias vivas resultaron al final de los ensayos en un valor de concentración de Cr(VI) no detectable (ND), es decir, por debajo del rango de la curva de calibración, independientemente de la concentración inicial.

En el caso de las bacterias muertas fue necesario diluir la muestra a 1/4, para que la medición estuviese dentro del alcance del método. Finalmente, se determinó que la cantidad de Cr(VI) presente no había variado respecto a la inicial. Es decir que la reducción de Cr(VI) no se debe a la mera presencia de materia orgánica o a algún componente del medio de cultivo, sino a un mecanismo metabólico de las bacterias vivas.

[Cr(VI)] inicial	V 0 mg/L	V 0.625 mg/L	V 1.25 mg/L	V 2.5 mg/L	M 2.5 mg/L
[Cr(VI)] final	ND	ND	ND	ND	2,45 mg/L

Tabla 2: Concentración de Cr(VI) inicial y final en muestras de bacterias vivas (V) y muertas (M).

3.3 Análisis fenotípico por microscopía óptica

Con el objeto de observar algún fenómeno que permita comprender la forma en que las bacterias del consorcio reaccionan ante distintas concentraciones de cromo, se analizó la morfología, presencia de flagelos, esporulación y formación de agregados en todos los cultivos mediante microscopía óptica.

En la Figura 2 se presentan las fotografías tomadas con la cámara interna del microscopio óptico de las muestras al final del ensayo. Se observó que las bacterias presentan una coloración levemente rojiza, por lo tanto, son bacterias Gram (-). Además, se observan distintas morfologías celulares, con presencia de cocos y bacilos, lo que implica la existencia de más de una especie del consorcio capaz de tolerar el Cr(VI). En las muestras que fueron expuestas a mayores concentraciones de Cr(VI) se observó la presencia de endo y exosporas. Las esporas son estructuras que desarrollan los microorganismos en condiciones adversas, las mismas están rodeadas por una multicapa, son muy resistentes al calor, a la desecación y a los agentes químicos. La presencia de estas estructuras indica un grado de estrés celular de alguna de las especies presentes en el consorcio inducido por la toxicidad del Cr(VI) en el medio. Además, a mayor concentración de Cr(VI), también se distinguió mayor presencia de agregados o estructuras multicelulares (bacilos conectados). Tanto la presencia de esporas como la agregación de las bacterias estarían relacionadas con los mecanismos que desarrollan algunas de las especies del consorcio bacteriano para tolerar el Cr(VI) del medio.

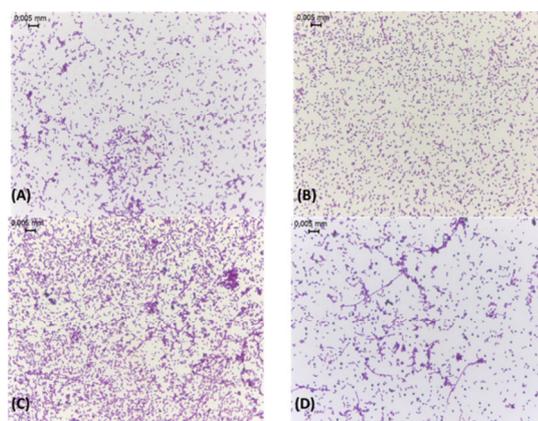


Figura 2: Microscopía óptica de muestras con diferentes concentraciones de Cr(VI): (A) 0; (B) 0,625; (C) 1,25 y (D) 2,5 mg/L.

3.4 Análisis por SEM y EDS

En la figura 3 se presentan imágenes representativas de lo observado al SEM.

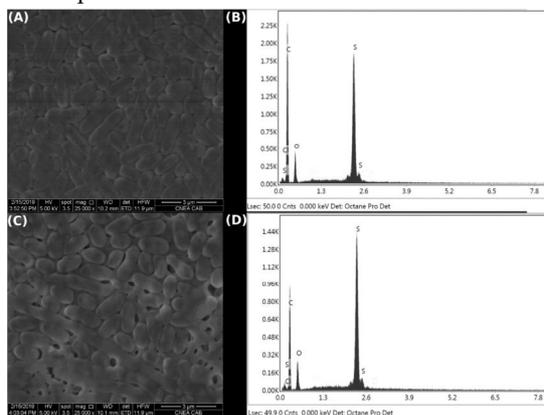


Figura 3: SEM (A-C) y EDS (B-D). Muestras: (A-B) sin Cr(VI), (C-D) con 2,5 mg/L de Cr(VI).

Al igual que lo observado por microscopía óptica, en las muestras que fueron expuestas a mayor concentración de Cr(VI) se observaron agregados de bacterias de tipo bacilo, formando aglomeraciones alargadas (como se puede ver en la Figura 3 C). Además, en estas muestras se identificó la presencia de mayor cantidad de estructuras esféricas, las cuáles podrían ser esporas. En ambas muestras, se observan células de distintos tamaños, indicativo de la presencia de más de una especie bacteriana.

Las Figuras 3 B y D corresponden al análisis elemental EDS realizado sobre distintas células. La Figura 3 B presenta el espectro tomado de la muestra control y la Figura 3 D el de la muestra que fue expuesta a 2,5 mg/L de Cr(VI). Como se puede ver, los espectros son muy similares, en ambos casos destaca la presencia carbono y oxígeno, propia de la composición de los microorganismos, y también el azufre, presente en el papel de filtro utilizado como sostén de la muestra. A partir de este análisis no se detectó cromo en las bacterias. Esto puede deberse a que el cromo reducido, Cr(III), se encuentre solamente en solución o a que la concentración en las bacterias sea demasiado baja como para detectarse por este método.

3.5 Caracterización estructural por FT-IR

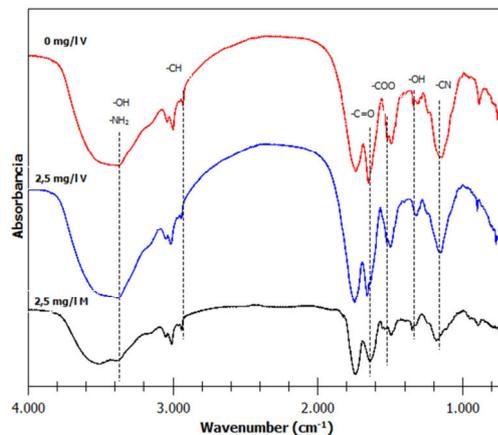


Figura 4: Espectros FTIR de pellets de bacterias con diferentes concentraciones de Cr(VI). V = bacterias vivas; M = bacterias muertas.

En los espectros de FT-IR se pueden apreciar picos de absorción correspondientes a grupos funcionales característicos a una determinada longitud de onda. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de la muestra control y la muestra con 2,5 mg/L de Cr(VI), tanto con bacterias vivas y bacterias muertas.

Longitud de Onda (cm ⁻¹)			Grupo Funcional
0 mg/l V	2,5 mg/l M	2,5 mg/l V	
3360	3369	3291	-OH / NH-
2999	3011	2922	C-H
1732	1741	1656 / 1631	C=O
1649	1632	1665	Amidas secundarias
1270	1270	1200	-SO ₃
1150	1176	1087	-CN

Tabla 5: Picos de absorción de grupos funcionales característicos identificados en muestras de bacterias vivas (V) y muertas (M), expuestas a diferentes concentraciones de Cr(VI).

El análisis de los espectros evidencia la presencia de grupos funcionales ionizables capaces de

interactuar con protones o iones metálicos. Quek Hsiao Pei et al. [6] reporta que exponer a concentraciones elevadas de Cr (VI) a *Acinetobacter hemolyticus*, produce cambios en los espectros infrarojos en las regiones 1655-750 cm^{-1} y 3450-2800 cm^{-1} . En nuestros espectros, también observamos diferencias en dichas regiones. Similares resultados han sido reportados para el caso de cianobacterias expuestas a cromo [7], donde se aprecia una alteración en el espectro en la región del grupo carboxilo. Además, se observa la definición de un nuevo pico en ese rango de longitud de onda, atribuido a la complejación del cromo con proteínas. Para nuestro caso, en la muestra control el grupo carboxilo aparece a 1732 cm^{-1} , mientras que para la muestra 2.5 mg/L con bacterias vivas a 1656 y 1631 cm^{-1} . Además, se aprecian cambios en las bandas que corresponden a amidas primas y secundarias; en la muestra control aparecen a 1524-1621 cm^{-1} mientras que la muestra “2.5 mg/l V” no hay una clara definición de dichos picos, lo que indicaría que el cromo forma una unión con el enlace peptídico de las proteínas. Es importante destacar que es el Cr(III) el que se coordina con los grupos carboxílicos de los aminoácidos ácidos presentes en las proteínas y con los grupos amidas que forman el enlace peptídico (la unión entre los aminoácidos que forman el polímero de proteína). Por este motivo, el espectro de las bacterias muertas es muy similar al de las bacterias vivas sin cromo, ya que al momento de agregar el Cr(VI) las bacterias muertas ya no poseen la capacidad de reducirlo, por lo tanto, no se encuentra presente en el medio Cr(III) que pueda unirse a las proteínas.

4 CONCLUSIONES

El consorcio bacteriano RE480 es tolerante y reduce Cr(VI) en todo el rango de concentraciones probadas.

El Cr(VI) induce modificaciones en el consorcio microbiano reflejadas en el aumento del tiempo de latencia (fase de adaptación al metal pesado), la modificación en su velocidad de crecimiento, y la presencia de estructuras multicelulares (bacilos conectados) y esporas.

En base a estos resultados preliminares se proyecta incrementar el rango de concentraciones de Cr(VI) y emplear otras técnicas de caracterización para determinar, por ejemplo, concentración de Cr(III) en solución, identificar

el mecanismo de reducción de Cr(VI) empleado y las especies bacterianas presentes al final del ensayo.

5 AGRADECIMIENTOS

A todo el equipo de trabajo del Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable.

A Tec. Paula Troyon y Tec. Manuel Corte del Dpto. Caracterización de Materiales, por su colaboración en los análisis por SEM.

A la Dra. Luisa Fernández Albanesi de Gerencia de Investigación Aplicada, por su colaboración en los análisis por FT-IR.

6 REFERENCIAS

1. Logan y col., *Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology*. *Environmental science & technology*, 40, 5181–5192, 2006.
2. Wang y col., *Bioelectrochemical system platform for sustainable environmental remediation and energy generation*, *Biotechnology Advances*, 33, 317–334, 2015.
3. APHA, *Standard methods for the examination of water and waste water*. American Public Health Association. Washington, DC, 1999.
4. Prados, M.B., M. Lescano, L. Fernandez, D. Pasquevich, and G. Curutchet, *Sistemas bioelectroquímicos para la remediación de sedimentos del río Reconquista*. In: *5 Simposio Internacional de Biotecnología e Ingeniería Ambiental*, Buenos Aires, Argentina, 2016.
5. Vullo, D., Wachsmann, M., & Alche, L., *Microbiología en práctica*, Editorial Atlante S.R.L., Buenos Aires, 2000.
6. Pei QH, Shahir S, Santhana Raj AS, Zakaria ZA, Ahmad WA, *Chromium(VI) resistance and removal by Acinetobacter haemolyticus*, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25, 1085–1093, 2009.
7. Mungasavalli DP, Viraraghavan T, Jin YC et al, *Biosorption of chromium from aqueous solutions by pretreated Aspergillus niger: batch and column studies*, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 301, 214–223, 2007.

Interdisciplinariedad de Cátedras en el Área Básica

Musso, Graciela M.¹, Collivadino, Carolina¹, Zutara, Flavia¹, Fanchini, Mirta S.¹, Gea, Gabriel¹ y Sánchez, Juan¹

(1) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. gmusso@unsa.edu.ar; collivad@unsa.edu.ar; flaviazutara@unsa.edu.ar; silviafanchini@gmail.com; gabriel.gea@gmail.com; sanchezjuanarmando90@gmail.com*

RESUMEN: En el marco del Proyecto de Investigación 2351, se conformó un equipo interdisciplinario entre Cátedras del Área Básica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, con el objetivo de realizar acciones para abordar temas interrelacionados entre las asignaturas, Álgebra Lineal y Geometría Analítica (ALGA), Análisis Matemático I y II, Sistemas de Representación y Física II, buscando afianzar los conocimientos previos necesarios para construir nuevos conocimientos. Este trabajo muestra lo realizado en el tema: “Movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos” en Física II, situándonos en el movimiento de una partícula con trayectoria helicoidal. Los aportes son, Sistema de Representación: gráfica y proyecciones de la hélice helicoidal; Análisis Matemático I: coordenadas polares; ALGA: ecuaciones vectoriales y paramétricas de rectas y planos y Análisis Matemático II: ecuaciones vectoriales y paramétricas de curvas y superficies. Para ello se realizaron seminarios internos entre docentes, clases conjuntas, fichas de trabajos prácticos y encuestas a los alumnos. Luego de estas acciones, se observa que los estudiantes logran relacionar los conceptos impartidos en forma aislada en las distintas asignaturas, promoviendo así un aprendizaje significativo del tema propuesto, objetivo primordial del proceso enseñanza aprendizaje.

ABSTRACT: Within the framework of the 2351 Research Project, an interdisciplinary team was created between the Basic Area Chairs of the Engineering Faculty of the National University of Salta, with the aim of carrying out actions to address interrelated subjects among the subjects, Linear Algebra and Analytical Geometry (ALGA), Mathematical Analysis I and II, Representation Systems and Physics II, seeking to consolidate the necessary prior knowledge to build new knowledge. This work shows what has been done in the topic: "Movement of charged particles in magnetic fields" in Physics II, situating us in the movement of a particle with helical trajectory. The contributions are, System of Representation: graph and projections of the helical helix; Mathematical Analysis I: polar coordinates; ALGA: vector and parametric equations of lines and planes and Mathematical Analysis II: vector and parametric equations of curves and surfaces. To this end, internal seminars were held among teachers, joint classes, practical worksheets and surveys to students. After these actions, it is observed that students manage to relate the concepts taught in isolation in the different subjects, thus promoting a meaningful learning of the proposed topic, a primary objective of the teaching-learning process.

Palabras Claves: Interdisciplinariedad – Articulación – Aprendizaje significativo

Keywords: Interdisciplinarity – Joint - Significant learning

1 INTRODUCCIÓN

El rendimiento académico de los alumnos que cursan las asignaturas del área básica, en las cuatro carreras que se dictan en la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (UNSa.) registra un notable descenso en los últimos años. Esta situación ha llevado a tasas crecientes de deserción y desgranamiento, lo que se ha convertido en una preocupación

generalizada dentro del cuerpo docente de esta facultad.

Con el propósito de mitigar este problema, un grupo de docentes de la Facultad estamos trabajando sistemáticamente, coordinando acciones para mejorar resultados. Como consecuencia de ello surge la elaboración de este Proyecto de Investigación. El presente trabajo es una propuesta de articulación de contenidos entre cinco cátedras: Álgebra Lineal y Geometría

Analítica (A.L.G.A.), Análisis Matemático I y II, Sistemas de Representación y Física II.

Las carreras que se dictan dentro de nuestra Facultad son Ingenierías: Civil, Industrial, Química y Electromecánica. Las asignaturas A.L.G.A., Análisis Matemático I y Sistemas de Representación corresponden al primer cuatrimestre de primer año, mientras que Análisis Matemático II corresponde al primer cuatrimestre y Física II al segundo de segundo año. Todas, de redictado obligatorio a contra cuatrimestre.

Los planes de estudio incluyen una evaluación continua en todas las asignaturas, que además de ser promocionales son de dictado cuatrimestral. El sistema de evaluación está basado en un instrumento diseñado para tal fin y aprobado por el Consejo Directivo de la Facultad. En ese marco, todas las actividades académicas que realiza el alumno para poder promocionar una asignatura, están contempladas en una fórmula polinómica. Los alumnos que obtienen una nota final mayor o igual a 70 puntos promocionan la asignatura. En cambio, los que obtienen una nota igual o mayor que 40 y menor de 70, no promocionan y continúan en una etapa de recuperación, en la cual pueden aprobar la asignatura (Reglamento).

2 ¿QUÉ ENTENDEMOS POR ARTICULACIÓN?

Los proyectos curriculares y los planes de estudio muestran un seccionamiento del saber en disciplinas aisladas como comportamientos cerrados. Esta concepción de la educación universitaria nos lleva a una excesiva especialización que fragmenta el conocimiento en áreas.

La articulación supone cambios disciplinarios que producen beneficio mutuo y transformación. Implica además interacción y cooperación entre las distintas asignaturas a través de la reciprocidad entre áreas, con intercambio de instrumentos, métodos, técnicas, etc.

La articulación, tal como nosotros la planteamos, permitirá evidenciar los nexos entre las diferentes asignaturas, sobre todo el uso de lenguaje y simbología consensuada entre docentes. La eficacia de este tipo de enseñanza influye positivamente en lograr una buena relación entre las materias que conforman una Currícula de Estudio, contribuyendo al aprendizaje significativo de los conocimientos comunes que

están vinculados entre sí, con la finalidad de brindar al estudiante universitario la habilidad para identificar los conceptos centrales y establecer las redes de contenidos correspondientes.

3 ¿CÓMO IMPLEMENTAMOS ESTA ARTICULACIÓN?

Basados en las dificultades académicas detectadas, entendimos que para salir al cruce de las mismas y evitar las confusiones a las que da lugar el uso de terminología, nomenclatura, simbología y definiciones, era importante trabajar con un lenguaje consensuado y propio de tales asignaturas.

De esta manera nos pareció apropiado propiciar un ambiente para la integración y articulación cognitiva y de contenidos horizontal y vertical entre materias. Con esta nueva metodología quisimos lograr que los alumnos alcancen las competencias desde las asignaturas básicas, preparándolos para el cursado de las asignaturas posteriores, como así también para la futura práctica profesional.

En la selección de contenidos, que deberá considerar la enseñanza y el aprendizaje, tenemos siempre presente la necesidad de procurar la articulación que pretendemos para jerarquizar el nivel académico de los futuros ingenieros. Basamos dicha selección en la experiencia áulica y en los errores frecuentes que observamos en las evaluaciones, que evidencian la falta de conexión en la transposición didáctica de un mismo tema.

En una primera etapa, trabajamos entre las mencionadas asignaturas pretendiendo alcanzar la articulación propuesta seleccionando paulatinamente temas comunes a las materias. De las acciones que realizamos en forma conjunta, aplicamos la articulación en un tema específico “Análisis de las cónicas y en particular la parábola”, entre A.L.G.A., Sistemas de Representación y Física II. Posteriormente, entre las mismas cátedras, consideramos el tema “La circunferencia como generadora de grandes curvas”. Luego “El teorema de la Divergencia o Ley de Gauss”, que trabajamos conjuntamente entre las Cátedras de Análisis Matemático II y Física II, ya que uno de los principales temas estudiados en Física II es Electroestática, dentro de este tema la Ley de Gauss es de suma importancia para el cálculo del campo eléctrico en situaciones de alta simetría. Para este cálculo utilizamos

integrales de superficie e integrales dobles estudiadas en Análisis Matemático II. Todas estas experiencias dieron motivo a sendos trabajos presentados oportunamente en diferentes Reuniones Científicas.

Los resultados obtenidos en esas prácticas, mostraron la efectividad de la metodología aplicada como así también el logro de los objetivos propuestos. En esos momentos los alumnos manifestaron no sólo la transferencia y articulación de los conocimientos vistos en asignaturas anteriores, sino también la aplicación en la asignatura que estaban cursando.

En la actualidad, los docentes pertenecientes a las distintas Cátedras nos encuadramos en el Proyecto de Investigación N° 2351 del CIUNSA. En esta oportunidad trabajamos sobre el tema “Movimiento de partículas en el interior de un campo electromagnético”, para lo cual estamos realizando seminarios de actualización orientados a analizar cómo se enseñan los temas: “Ecuación vectorial y paramétrica de la recta”, “Coordenadas polares y cilíndricas”, “Gráfico de la hélice con sus distintas vistas y perspectivas” y “Curvas generadas a partir de la circunferencia: Hélice Cilíndrica” o “Hélice Helicoidal”.

Tanto las definiciones como las propiedades enseñadas en Álgebra y Análisis I tienen su aplicación directa en Sistemas de Representación y Análisis II que luego servirán como cimiento para sustentar la comprensión del movimiento de partículas en campos electromagnéticos.

El objetivo de haber elegido la Hélice Helicoidal como tema de estudio es poder mostrar a los estudiantes los conceptos previos que necesitan conocer, temas vistos en asignaturas precedentes, para poder determinar que este tipo de curva se adecua a problemas que se plantean en Física II.

4 INTERVENCIÓN DE LAS DISTINTAS CÁTEDRAS

4.1 Sistemas de Representación

Advertimos que Sistemas de Representación utiliza un lenguaje que permite observar en forma gráfica iguales contenidos que se desarrollan en otras asignaturas con sus propias expresiones equivalentes, ayudando al esquema mental de conceptos abstractos o poco comprensibles para los alumnos, en especial cuando deben trasladar un objeto espacial al plano.

Durante la primera etapa del dictado de esta asignatura, se realizan prácticas de construcciones y trazados geométricos entre los que se incluye, en la Unidad 2 del programa: Curvas Mecánicas: Cíclicas y Espirales. La construcción de la hélice cilíndrica y cónica. La importancia de esta práctica se debe a que en diferentes asignaturas de la carrera es necesaria la correcta interpretación y representación de hélices y helicoides. Como ejemplo, la trayectoria de la partícula en el interior de un campo magnético, superficies de los resortes de torsión, las acanaladuras de las mechas americanas o helicoidales, detallado de armadura de columnas de hormigón, diseño, replanteo y construcción de escaleras, etc. El método gráfico mencionado, se ilustra en la Fig. 1

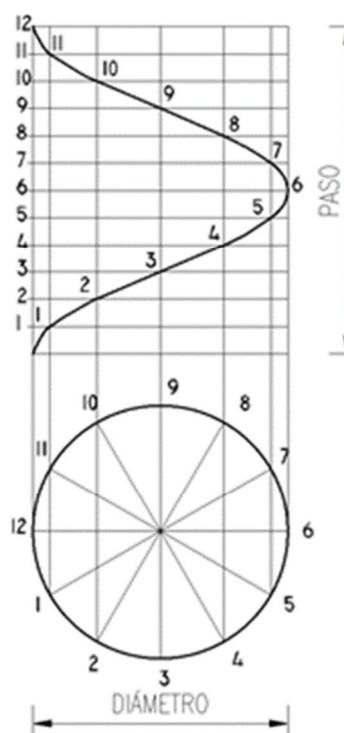


Figura 1: método gráfico de construcción de la hélice cilíndrica

4.2 Análisis Matemático II

Los alumnos en Álgebra Lineal y Geometría Analítica, estudian ecuaciones vectoriales y paramétricas sólo de rectas y planos. En Análisis II, se extienden estas ecuaciones para curvas y superficies espaciales. También se presentan dichas curvas como intersección de dos

superficies que mediante un trabajo algebraico el alumno puede encontrar las ecuaciones vectoriales y paramétricas.

En Análisis Matemático II, la hélice helicoidal se estudia en el tema Curvas y Superficies que se encuentra en la Unidad N° 5 del programa. Se utilizan las ecuaciones vectoriales y paramétricas de las curvas.

$$\vec{x}(t) = (x(t), y(t), z(t)) \quad (1)$$

Nos enfocaremos en este trabajo en la ecuación vectorial (1) y en la ecuación paramétrica (2) de la hélice helicoidal.

$$\vec{x}(t) = (a \cos t, a \sin t, bt) \quad (2)$$

En esta asignatura graficamos la curva a mano alzada, encontrando primero la ecuación del cilindro que contiene a la curva y posteriormente dando valores al parámetro t encontramos los distintos puntos de la hélice que están en la superficie lateral del cilindro. Posteriormente uniendo dichos puntos se obtiene la gráfica de la curva. Fig. 2

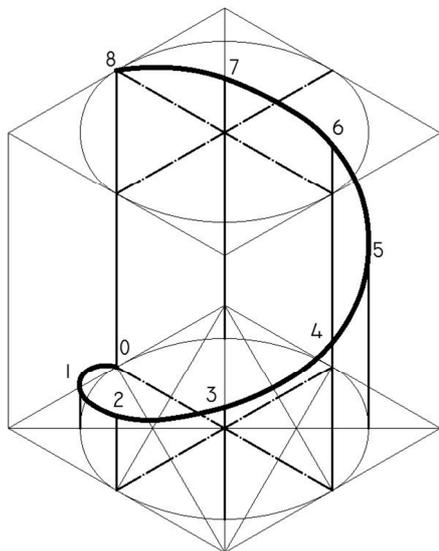


Figura 2: Hélice helicoidal

Para ello el alumno utiliza el tema visto en Análisis Matemático I: coordenadas polares. Las mismas son:

$$x = r \cos \varphi; y = r \sin \varphi \quad (3)$$

cuyas variables son el radio r y el ángulo φ . Tomando como base estas coordenadas podemos decir que, para el caso de la hélice helicoidal, el radio es fijo, ya que es el radio del cilindro y el ángulo φ es variable. Como las ecuaciones vectoriales de las curvas tienen un parámetro variable, el ángulo φ , en coordenadas polares en nuestro caso es el parámetro t .

En Análisis Matemático II también realizamos ejercicios aplicados a la Física. Si consideramos que la ecuación vectorial de la curva representa la trayectoria de una partícula en el espacio, el parámetro t representa el tiempo, por lo tanto, al calcular la derivada primera de la trayectoria respecto del tiempo obtenemos la velocidad de la partícula y al calcular la derivada segunda de la trayectoria respecto del tiempo obtenemos la aceleración de la misma. Estos cálculos se realizan en distintos puntos de las curvas y especialmente en la hélice helicoidal que es el tema analizado en este trabajo. De esta manera se obtienen los vectores tangentes a la curva (que representan la velocidad) y los vectores normales (que representan la aceleración) en distintos puntos.

4.3 Física II

Cuando una partícula con carga se mueve en el interior de un campo magnético, sobre ella actúa una fuerza de origen magnético dada por la ecuación (4)

$$\vec{F}_m = q \vec{v} \times \vec{B} \quad (4)$$

(donde los parámetros son: q : carga eléctrica, v : velocidad de la partícula y B : campo magnético) y el movimiento se rige por las leyes de Newton.

Como esta ecuación involucra un producto vectorial, su magnitud, estará dada por la ecuación

$$F_m = q v B \sin \theta \quad (5)$$

El valor máximo de la fuerza ocurre cuando el vector velocidad es perpendicular al vector campo magnético ($\theta = 90$).

En el caso que la partícula cargada ingrese en el campo con una velocidad oblicua (que forme un ángulo $\theta \neq 0$, con la dirección del campo), podemos considerar por separado las componentes de la velocidad horizontal (en la

misma dirección del campo) y vertical (perpendicular).

Por efecto de la componente vertical, perpendicular al campo magnético, actúa una fuerza magnética

$$F_m = q v B \sin 90 \quad (6)$$

cuya dirección es perpendicular al vector carga una fuerza velocidad, por lo que no puede alterar su magnitud, pero sí su dirección. El movimiento de una partícula cargada bajo la influencia de un campo magnético es con rapidez constante. Por consiguiente, la partícula se traslada bajo la influencia de una fuerza de magnitud constante, que siempre forma un ángulo recto con la dirección de la componente perpendicular de la velocidad. Recordando lo estudiado en relación al movimiento circular uniforme, vemos que la trayectoria de la partícula es un círculo en el plano yz. De acuerdo a la segunda ley de Newton, teniendo en cuenta que la única fuerza que actúa es la fuerza magnética y que la aceleración centrípeta es

$$a_c = m \frac{v_{\perp}^2}{R} \quad (7)$$

resulta:

$$F = |q| \vec{v}_{\perp} B = m a_c = m \frac{v_{\perp}^2}{R} \quad (8)$$

Donde m es la masa de la partícula. A partir de esta ecuación, podemos obtener el radio de la trayectoria circular como:

$$R = \frac{m v_{\perp}}{|q| B} \quad (9)$$

Podemos calcular la rapidez angular de la partícula recordando que $v_{\perp} = \omega R$ y combinando esto con la ecuación anterior, resulta:

$$\omega = \frac{v_{\perp}}{R} = v_{\perp} \frac{|q| B}{m v_{\perp}} = \frac{|q| B}{m} \quad (10)$$

El número de revoluciones por unidad de tiempo es $f = \frac{\omega}{2\pi}$. Esta frecuencia f es independiente del radio R de la trayectoria y se conoce como frecuencia de ciclotrón.

Por efecto de la componente horizontal de la velocidad, paralela al campo magnético, la carga

no experimenta fuerza alguna en esta dirección. Se produce un movimiento rectilíneo y uniforme según el eje X. El movimiento resultante será la composición del movimiento de avance según el eje X y el circular según el eje Y, es decir un movimiento helicoidal como se muestra en la Fig. 3.

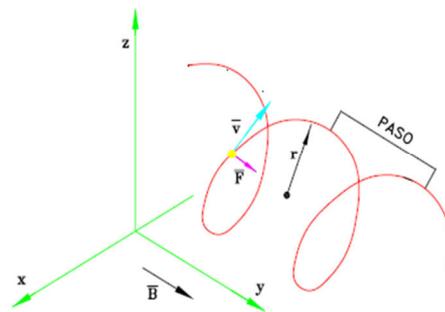


Figura 3: Trayectoria de una partícula

5 PLATAFORMA MOODLE

Nos propusimos generar un espacio de consulta permanente para evacuar dudas o suministrar la ayuda necesaria utilizando la plataforma Moodle. Para ello preparamos actividades interdisciplinarias para trabajar en la virtualidad y colocamos ejercicios resueltos y propuestos para que los alumnos evalúen su comprensión, procurando siempre mostrar la articulación de los conocimientos vistos en asignaturas anteriores, y también la aplicación en la asignatura que están cursando. En la resolución de los ejercicios medimos el grado de independencia que logran los estudiantes hasta lograr un dominio de la acción, por medio de cuestionarios diagnósticos.

6 TRABAJOS FUTUROS

Los seminarios están orientados, además, a analizar cómo se enseña el tema, "Circulación de un Vector" en cada una de las asignaturas, es decir cómo se aborda el tema "Integrales Curvilíneas". Esta integral se utiliza para calcular la longitud de la curva entre dos puntos dados; el trabajo realizado por una partícula que la recorre; para calcular su masa, momentos de inercia y centro de gravedad. Posteriormente en la asignatura Física II se la utiliza en el tema

Electrostática. De estas acciones surgirán las actividades a aplicar en próximos cuatrimestres.

7 CONCLUSIONES

Uno de los objetivos de esta articulación es lograr un aprendizaje significativo en los estudiantes. Entendemos que, al ejemplificar con casos concretos, que se ven y se verán en materias paralelas y posteriores, contribuimos a nuestro propósito y al desarrollo de competencias específicas.

La articulación entre las cátedras nos permite estructurar modelos simplificados (en el plano) de situaciones tridimensionales reales. En la Física, para la base de la aplicación de las leyes fundamentales, el álgebra y el cálculo como conceptos previos, construyen una potente herramienta para dar solución a diferentes problemas en la interpretación y resolución de los trabajos prácticos. Interpretación que también se enriquece con las soluciones que ofrece la representación gráfica. Promovemos sinergia entre las asignaturas donde las previas brindan las herramientas necesarias para el aprendizaje significativo de las posteriores.

A través de estas experiencias deseamos motivar a los docentes de las diferentes cátedras a asumir la importancia de realizar un trabajo coordinado en equipo, que permita una mejora continua tanto en la formación docente como en los estudiantes en el transcurso de su carrera universitaria.

8 REFERENCIAS

Alonso, M., E. Finn, *Física Vol. II: Campos y ondas*. Fondo Educativo Interamericano. USA. (1981)

Leithold, L., *El Cálculo*. Oxford University. Oxford. (1998)

McKelvey, J., H. Grothch, *Física para Ciencias e Ingeniería Vol. II*. Editorial Harla. México. (1982)

Pérez Pantaleón, G.A. *La Enseñanza y el Aprendizaje de la Formulación y la Resolución de Problemas Matemáticos*. Imprenta Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán (2009)

Purcell, E., D. Varberg, *Cálculo con Geometría Analítica*. Prentice-Hall Hispanoamericana. México. (1997)

Serway, R., J. (Jr) Jewett, *Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna Vol. II*. Mac Graw Hill. México. (2008)

Santaló, Luis. *Vectores y Tensores con sus aplicaciones*. Editorial EUDEBA. Bs. As. Argentina. (1977)

Donato Di Pietro. *Geometría Descriptiva Décimo primera edición*. Editorial Alsina. Bs. As, Argentina. (1981)

Spencer H., J. Dygdon, J Novac. *Dibujo Técnico*. Alfaomega grupo editor SA. México. (2003)

Pezzano Pascual A., F. Guisado Puertas. *Manual de Dibujo Técnico*. Librería y Editorial Alsina. Bs. As. Argentina. (1979).

De Simone, I., M. Marchetti de Turner. *Matemática 4 Guías teórico-prácticas*. Editorial A - Z. Bogotá Colombia. (1999)

Oteyza de Oteyza E., E. Osnaya, C. Hernández Garciadiego, et al. *Geometría Analítica y Trigonometría*. Pearson Educación, México. (2001)

Seveso de Larotonda J., A. R. Wykowski, G. Ferrarini.) *Matemática 9*. Editorial Kapelusz. Bs. As. Argentina. (2000)

Enseñanza centrada en el estudiante: una experiencia en el área de Ingeniería Clínica

Olivera, Juan M.¹; Figueroa Gallo, Lucila M.¹; Rotger, Viviana I.¹

(1) *Gabinete de Tecnologías Médicas, Depto. de Bioingeniería, Facultad de Ciencias Exactas Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. gateme@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN: Actualmente la Educación Superior está migrando hacia un enfoque de Educación Basada en Competencias donde los estudiantes son evaluados según el dominio que tienen de las habilidades y/o los resultados de aprendizaje adquiridos. Para la asignatura “Ingeniería clínica I” -7mo módulo de la carrera en Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán- los docentes han adoptado el enfoque de “Educación Centrada en el Estudiante” aplicando el modelo de “Aula Invertida”. Como metodología general se proporciona la bibliografía básica que los estudiantes deben revisar previamente a la primera actividad áulica y se los alienta a buscar casos reales, proponerlos y analizar, al final del tema, si pueden ser resueltos con el conocimiento adquirido. El objetivo de este trabajo es presentar el Programa Analítico o *Syllabus*, documento necesario para que los docentes planifiquen y una de las Rúbricas adoptadas para la evaluación. Todo el proceso se apoya en un aula virtual, las actividades pasivas se realizan fuera del aula dejando el proceso activo para este espacio. Durante 2019 aplicamos este método y los resultados de esta primera experiencia pueden analizarse desde dos puntos de vista, el pedagógico y de los estudiantes vía encuestas anónimas al final del curso.

ABSTRACT: Currently, Higher Education is moving toward a competency-based-education approach that focuses the student’s mastery of the skills and / or learning outcomes acquired. For the subject “Clinical Engineering I” -7th module of the degree in Biomedical Engineering of the Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán- the teaching staff have adopted the Student-Centered-Education approach by applying the flipped-classroom model. As a general methodology, students must review basic bibliography provided previously to the first classroom activity and are encouraged to look for real cases, propose them and analyze if, at the end of the topic, those cases can be solved with the acquired knowledge. The objective of this work is to present the Analytical Program -*Syllabus*-, a necessary document to plan and one of the rubrics adopted for the evaluation. The entire process is based on a virtual classroom, the passive activities are performed outside the classroom leaving the active process for this space. During 2019 we applied this method and the results of this first experience can be analyzed from the pedagogical point of view and from the students point of view via anonymous surveys carried out at the end of the course.

Palabras claves: competencias - ingeniería clínica – enseñanza centrada en el estudiante – aula invertida

Keywords: competencies - clinical engineering – student centered education –flipped classroom

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas tecnológicas orientan su búsqueda de RRHH hacia candidatos con perfiles en los que se priorizan los conocimientos y habilidades técnicas en áreas específicas por sobre la formación académica del postulante. Esto lleva a que las unidades académicas deban encarar la enseñanza con el objetivo básico de formar profesionales que sean

capaces de insertarse en el campo laboral aplicando con solvencia los conocimientos adquiridos durante su formación académica; esto es, adaptar los planes de estudios al modelo de Enseñanza Basada en Competencias (EBC). En Argentina, en el seno del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) esta temática tiene antecedentes que se remontan al 2006 según consta en su Cuadernillo de Competencias, CONFEDI (2014).

De lo anterior surge la necesidad de comprender qué es una competencia y como este enfoque encuentra en el modelo de Enseñanza Centrada en el Estudiante (ECE) una herramienta adecuada para lograr el objetivo de la EBC. Una forma simple de explicar la competencia es diciendo que la misma es el grado de utilización de los conocimientos, las habilidades y el buen juicio asociados con la profesión en todas las situaciones que se pueden enfrentar en el ejercicio de la práctica profesional unidos a los conceptos de “actitudes y valores” lo cual se refleja en la Fig. 1.



Figura 1. Conformación de las Competencias. Reproducido de "Créditos y Competencias: La medición del aprendizaje en las carreras de ingeniería". Expositor: Uriel Cukierman

La competencia tiene distintos componentes:
 -Capacidad: del latín “capacitas”, es la aptitud con que cuenta cualquier persona para llevar a cabo cierta tarea. Se define como un proceso a través del cual todos los seres humanos reunimos las condiciones para aprender y cultivar distintos campos del conocimiento.
 -Habilidad: del latín “habilitas”, hace referencia a la facilidad, aptitud y rapidez para llevar a cabo cualquier tarea o actividad. Una persona hábil es aquella que obtiene éxito gracias al buen uso de distintas capacidades individuales.
 Según postulan la Universidad de Granada (2019) y Cosme Vidal (2018), la Habilidad puede considerarse como la integración de una o varias capacidades incorporadas a la práctica como una evolución positiva de acuerdo con la experiencia del sujeto.
 Otra forma de interpretar la conformación de una competencia se muestra en la Fig. 2



Figura 2. Formación de una competencia. Reproducido de <https://www.bizneo.com/blog/diferencias-entre-competencias-capacidades-y-habilidades/>

En 2014, el Consejo Federal de Decanos de la Ingeniería de Argentina -CONFEDI- publicó su “Cuadernillo de Competencias” donde clasifica a las competencias de egreso en 2 grupos, CONFEDI (2014):

- COMPETENCIAS GENÉRICAS: Vinculadas a las competencias profesionales comunes a todos los ingenieros.
- COMPETENCIAS ESPECÍFICAS: Son las competencias profesionales comunes a los ingenieros de una misma terminal.

Decidió adoptar un esquema con 10 Competencias Genéricas de la Ingeniería desagregadas en 2 niveles simples e integradores de Capacidades. De este modo, para una determinada Competencia el esquema adoptado es:

1. Competencia xx (Genérica / Específica)
 - 1.a. Capacidades Asociadas Integradas
 - 1.a.1 Capacidades Componentes

Siendo el esquema para desagregar una Competencia en Capacidades:

1. Competencia para
- Esta competencia requiere la articulación eficaz de diversas capacidades, entre las cuales se pueden detallar:
- 1.a. Capacidad para
- Esta capacidad puede implicar, entre otras:
- 1.a.1. Ser capaz de
 - 1.a.2. Ser capaz de
 - 1.a.3.....

En el esquema propuesto por CONFEDI se puede hacer una analogía directa con las definiciones generales expuestas en la Fig. 2 donde la habilidad será la integración de las capacidades componentes.

El CONFEDI (2018) en su “Libro Rojo: Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina” se establecen las condiciones curriculares comunes para las carreras de ingeniería; cada institución universitaria, en su marco institucional y del proyecto académico individual, determinará para sus carreras la estrategia de desarrollo para asegurar competencias de egreso genéricas comunes a todas las carreras de ingeniería y necesarias para asegurar el perfil de egreso.

Muchos integrantes de la comunidad académica consideran que no deberíamos cambiar el modelo actual ya que nuestros egresados tienen alta tasa de éxito, pero hay índices que marcan a las instituciones viejos nuevos problemas a resolver como por ej. mejorar la matrícula, evitar la deserción, las nuevas generaciones de estudiantes son diferentes, retener al estudiante pero motivado y activo y no como actor pasivo.

Cataldi y Dominighini (2015) describen los cambios sociales caracterizándolos como “generaciones”, cada una con su sello distintivo en lo tecnológico y social. Entre las diferentes generaciones se reconocen a: los “Baby Boomer” (1946-1964), la “generación X” (1965-1980), la “generación Y” (1981-1997), la “generación Z” (1998-2009) y la “generación Alfa” (2010-2025). Hoy en día se considera que el mayor porcentaje de estudiantes pertenece a la llamada “generación Z”.

A pesar de los profundos cambios tecnológicos y sociales, el espacio áulico en la gran mayoría de las instituciones mantiene su formato tradicional tanto arquitectónico como académico, con un espacio para el expositor y otro para los estudiantes que muchas veces son filas de asientos unidos entre sí; ambos temas son, desde hace décadas, de interés de pedagogos, psicólogos, arquitectos, docentes, entre otros. Existen numerosos artículos relacionados con las “carencias” o “falta de” que tienen las nuevas generaciones, el desafío es explotar sus “nuevas habilidades” y encararlo como una oportunidad de mejora en el sistema de enseñanza.

Una vez que se han definido las competencias necesarias para el egresado, surge el interrogante: ¿Qué modelo es mejor? ¿Enseñanza Centrada en el Docente -ECD- o Enseñanza Centrada en el Estudiante -ECE-?

La Concordia University’s College of Education en su blog “The Room 241 Team” (2019)

describe las características principales de cada modelo las que se muestran en las Tablas I, II y III.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS ECD Y ECE

Características	
Centrado en el Docente	Centrado en el Estudiante
Los estudiantes ponen todo su enfoque en el expositor	Los alumnos y los instructores comparten el enfoque.
Expositor habla y los estudiantes escuchan	En lugar de solamente escuchar, los estudiantes y los instructores interactúan
El Trabajo en Grupo es una simple asignación de tarea, se realizan sin la participación del instructor -caja negra-	En el trabajo grupal los estudiantes aprenden a colaborar y comunicarse entre ellos. El instructor ES parte del grupo -caja blanca-

TABLA II
MODELO CENTRADO EN EL DOCENTE -ECD-

Ventajas	Desventajas
El aula se mantiene ordenada y los estudiantes están callados. El docente retiene el control total del aula y sus actividades	Para los estudiantes puede ser aburrida, sus mentes pueden vagar, y pueden pasar por alto hechos importantes.
Los estudiantes aprenden solos, aprenden independencia y toman sus propias decisiones.	No permite a los estudiantes expresarse, hacer preguntas y dirigir su propio aprendizaje
Todas las actividades en el aula, los estudiantes no pierden temas importantes	Cuando los estudiantes trabajan solos, no aprenden a colaborar con otros estudiantes y sus habilidades de comunicación pueden verse afectadas.

TABLA III
MODELO CENTRADO EN EL ESTUDIANTE -ECE-

Ventajas	Desventajas
Desarrollan habilidades de colaboración y comunicativas	Las aulas pueden ser ruidosas
Desarrollan la capacidad de auto aprendizaje, hacer preguntas y completar tareas de	El autoaprendizaje demanda una mayor carga horaria fuera del espacio áulico. Pueden pasar por

forma independiente	alto hechos importantes
Hay mayor interés cuando pueden interactuar entre ellos y participar activamente	Si el docente participa en todos los grupos debe contemplar la evolución de cada grupo en cada proyecto
	El Factor Humano: Algunos estudiantes prefieren trabajar solos, por lo que el trabajo en grupo puede tornarse problemático

Pasar de un modelo a otro exige al docente dejar su “zona de confort” que ha construido durante años, con métodos de enseñanza y evaluación que desde el punto de vista académico parecieran no tener fisuras; pero esto no significa que el egresado haya desarrollado las habilidades y destrezas que actualmente requiere el campo laboral.

Hoy en día no quedan dudas que, para desarrollar competencias, el modelo adecuado es el ECE.

Todo lo anteriormente expuesto debe reflejarse dentro de un plan de estudios que, en el caso de la carrera abordada en este trabajo, está conformados por 37 asignaturas obligatorias, 2 electivas y 4 exigencias adicionales. Cada asignatura debe planificar sus contenidos, métodos de enseñanza y evaluación en función de las competencias que desee que el estudiante logre al final de la misma. La planificación se debe documentar a través del Programa Analítico (PA) o *Syllabus* y el método de evaluación en otro documento llamado *Rúbrica*.

¿Qué es un PA? Es un instrumento para la planificación de la clase conformado por diferentes ítems. Es un tipo de contrato entre el catedrático y el estudiante que contiene los deberes y derechos que implica el espacio académico ya que este documento debe especificar la razón del curso, los objetivos a alcanzar, los contenidos que se desarrollarán, las actividades de enseñanza-aprendizaje que se realizarán, la forma como se evaluará la comprensión del estudiante referente a un tema, el tiempo en el que se desarrollarán los contenidos y los recursos que apoyarán el proceso de enseñanza-aprendizaje. Jerez et al (2015) dan una propuesta metodológica para su elaboración

¿Qué es una *Rúbrica* en docencia? Son guías precisas que valoran los aprendizajes y productos realizados. 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. Permiten que los estudiantes identifiquen con claridad la relevancia de los contenidos y los objetivos de los trabajos académicos establecidos. Muchos autores resaltan la influencia que tiene sobre los estudiantes el hecho de conocer desde el inicio como serán evaluados. “Los métodos y requisitos de la evaluación probablemente tienen más influencia en cómo y qué aprenden los estudiantes que cualquier otro factor individual. Esta influencia es posible que tenga mayor importancia que el impacto de los materiales de enseñanza”.

Como a toda forma o método, se le reconocen Ventajas y Desventajas. Entre las numerosas Ventajas podemos mencionar las siguientes: Se identifican claramente objetivos docentes, metas y pasos a seguir; señala los criterios a medir para documentar el desempeño del estudiante; cuantifica los niveles de logro a alcanzar; brinda realimentación luego de identificar áreas de oportunidad y fortalezas; disminuyen la subjetividad de la evaluación; permite autoevaluación y coevaluación; otras. Como Desventajas son pocas las que pueden señalarse, pero no por ello menos importantes: requieren mucho tiempo para su elaboración pues exigen una profunda reflexión sobre cómo enseñar y cómo evaluar; es necesaria una rúbrica por cada competencia a evaluar; necesariamente se debe capacitar al docente para su diseño y uso. Hoy en día no hay dudas que la evaluación por Rúbricas es mucho más eficiente y de alto impacto en la metodología de enseñanza y como guía para el aprendizaje; es la herramienta que más tiempo insume para su elaboración, pero una vez implementada permite una rápida evaluación y retroalimentación entre docentes y docentes-alumnos. Debe hacerse notar que habrá tantas rúbricas como competencias se deseen evaluar. Gatica-Lara et al (2013), Perez de Arias (2019), Herrero Martín et al (2014) entre otros, tratan exhaustivamente esta metodología.

El objetivo del presente trabajo es presentar los modelos adoptados para el Programa Analítico y una de las Rúbricas aplicadas en la asignatura Ingeniería Clínica I, de la carrera de grado en Ingeniería Biomédica de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán (IBM-FACET-UNT), ciclo 2019.

2 MATERIALES Y METODOS

El manejo de los recursos de enseñanza se apoya en el uso de un aula virtual basada en la plataforma Moodle de la FACET. Para la elaboración del PA y la Rúbrica, motivo del presente trabajo, se realizó una simple búsqueda en internet obteniéndose un sinnúmero de ejemplos. A partir del análisis de los diferentes ejemplos encontrados se generó una plantilla para cada documento.

Como Método de Enseñanza se adoptó el de “flipped-classroom” o “aula invertida”. Según Aguilera Ruiz (2017), el aula invertida es un modelo pedagógico que plantea la necesidad de transferir parte del proceso de enseñanza y aprendizaje fuera del aula con el fin de utilizar el tiempo de clase para el desarrollo de procesos cognitivos de mayor complejidad que favorezcan el aprendizaje significativo y colectivo; la parte pasiva se desarrolla fuera del ámbito áulico dejando para este espacio la parte activa incentivando el intercambio alumno-alumno y alumno-docente. Sus ventajas y desventajas que se muestran en la Tabla IV.

Pacheco Peña (2014) destaca que disparar el “conflicto cognitivo” en el estudiante es un momento clave en la aplicación de este método. Para ello el docente debe plantear un interrogante que cumpla con el objetivo pedagógico de generar el desequilibrio cognitivo necesario para activar sus conocimientos previos y generar expectativa por el nuevo contenido de aprendizaje ¿Cómo generar conflictos cognitivos en los estudiantes?

- Mediante la presentación de una situación problemática de tal manera que el estudiante ponga a prueba sus concepciones alternativas.
- Pidiéndoles la definición de algo nuevo.
- Pidiéndoles un procedimiento que no conocían antes suponiendo una estrategia que nace del cómo creen que puede ser.
- Planteándoles un procedimiento no utilizado o no conocido anteriormente.
- Planteándoles interrogantes, promoviendo que investigue, descubra, hasta llegar al conocimiento que le hace volver de nuevo al equilibrio cognitivo.
- Presentando un esquema de síntesis del tema que recién se va a estudiar.
- Aplicando y resolviendo la prueba de salida que se aplicará al final de la Actividad.

- Preparando una exposición sobre la base de supuestos.
- Presentando datos anómalos o contradictorios.

Hoy en día existen múltiples recursos disponibles en internet que permiten incentivar la participación del estudiante en el aula. En el sitio “The Flipped Classroom” (2019) se pueden encontrar una gran variedad de ellas. En esta primera experiencia se optó por la plataforma MENTIMETER, disponible en www.mentimeter.com, en la cual se pueden crear cuestionarios según las distintas plantillas que ofrece, con diversas preguntas, para que posteriormente en el aula los alumnos “voten” la respuesta más adecuada utilizando sus dispositivos móviles.

TABLA IV
AULA INVERTIDA

Ventajas	Desventajas
La clase se adapta al ritmo del estudiante	Riesgo de brecha digital; no todos los estudiantes pueden tener acceso a la internet de calidad
El ambiente de trabajo en el aula mejora significativamente y se promueve la interacción social	Los docentes necesitan emplear mucho tiempo para elaborar material digital nuevo, además para esto deben conocer las herramientas tecnológicas que nos proporciona web.
La clase se vuelve un espacio interactivo y se incluye a todos los miembros de la comunidad educativa en el proceso de enseñanza aprendizaje	Las pruebas estandarizadas son un obstáculo para utilizar el aula invertida.
La entrega de tareas y su respectiva revisión se hace más fácil, esto además disminuye el riesgo de incumplimiento y ahorra tiempo al profesor	Los estudiantes deberán ser emprendedores y demás encontrar la motivación para hacer su tarea y prepararse para la clase sin ser monitoreados de cerca
Se incentiva la resolución de problemas en clase, mejora la actitud de los estudiantes hacia la clase.	
Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje, además se evalúa no solo el resultado, si no, el proceso entero	

Hay una serie de recomendaciones respecto de las propuestas o respuestas que emitan los estudiantes:

- No se deben calificar ni corregir hasta que lo hagan ellos mismos más adelante, cuando cuenten con todos los elementos necesarios.
- Deben estar a la vista (anotarlas en la pizarra, o tenerlas en el portafolio) y si es posible que los mismos estudiantes contrasten las distintas hipótesis planteadas por otros.
- Es deseable que los grupos defiendan ante sus pares la respuesta o propuesta emitida

El docente debe ser un buen interlocutor de las respuestas en pro o en contra de las alternativas y debe conducir adecuadamente el debate de los estudiantes.

Para la elaboración de las Rúbricas es necesario seguir un proceso que incluye: determinar objetivos del aprendizaje; identificar los elementos o aspectos a valorar; definir descriptores, escalas de calificación y criterios; determinar el peso de cada criterio; revisar la rúbrica diseñada y reflexionar sobre su impacto educativo. Normalmente para la creación de rúbricas se consultan rúbricas impresas o ejemplos digitalizados y disponibles en Internet. Cuando las rúbricas se elaboran con herramientas digitales para utilizarse en entornos virtuales o en línea, se denominan e-rúbricas; éstas son interactivas, se evalúan rápido, sin esfuerzo, brindan inmediatez en la realimentación, y el docente identifica las áreas a fortalecer oportunamente a diferencia de las rúbricas impresas, que requieren mayor tiempo para procesar los resultados. En el sitio del Illinois Institute of Technology (2019) se pueden ver varios ejemplos.

En el ítem Resultados se presentan un modelo de Rúbrica para la “Evaluación de Técnicas y Habilidades Adquiridas por el Estudiante”.

Para evaluar el resultado de la metodología adoptada nos apoyaremos en los resultados de la “Encuesta para mejorar la calidad de la enseñanza” que se realiza en nuestra institución desde el año 2015, la misma es para cada asignatura y la responden los alumnos de forma totalmente anónima al concluir el dictado de la misma.

El modelo de PA adoptado para el ciclo superior de la carrera de grado de referencia se muestra en las Tablas V, VI, VII, VIII, IX y X las que por

cuestiones de ordenamiento y espacio se presentan directamente en el ítem Resultados.

RESULTADOS

Para aplicar el método de “aula invertida” seguimos los siguientes pasos:

- Antes del inicio de un determinado tema y previo a la clase presencial, se sube el material de estudio al aula virtual con 72 horas de antelación. Junto al material de estudio se entrega la consigna de la semana o el resultado de aprendizaje esperado.
- El estudiante deberá realizar una búsqueda de casos reales relacionados, proponerlos y al final del tema determinar la pertinencia de la propuesta; en caso de ser pertinente, analizar lo propuesto con el conocimiento adquirido y la guía docente.
- El docente debe “disparar el conflicto cognitivo”, como herramienta se ha adoptado el uso de cuestionarios en línea con acceso vía celular y respuestas totalmente anónimas.
- En aquellos temas que el docente juzgue pertinente, asignará una tarea para ser desarrollada en grupo ya sean como trabajos prácticos en laboratorio o trabajo de a pares en ejercicios.
- Se realizarán simulacros de participación, escritura y presentación de trabajos en congresos y reuniones de la especialidad.
- Se realizarán las presentaciones de los cursos de capacitación desarrollados por los estudiantes ante la audiencia destinataria del mismo.

En cuanto a las Rúbricas se muestra en la Tabla XI la adoptada para la “Evaluación de las Técnicas y Destrezas adquirida por el estudiante al final del curso”. En ella se valoran su Capacidad, Comprensión, Dominio y Capacidad de Síntesis. Para su aprobación ninguno de los ítems evaluados podrá ser “1” o “0”.

En cuanto al análisis de la encuesta a los alumnos se concluye que en esta primera experiencia el método de “aula invertida” los saca de su “zona de confort” después de casi veinte años de educandos; los modos de evaluación les resultan menos intimidantes y destacan el hecho de ser incentivados a investigar en la temática de turno.

TABLA V
PROGRAMA ANALITICO - HOJA 1A

Carrera de grado: Ingeniería Biomédica
Código Asignatura 15-BMH
Asignatura INGENIERIA CLINICA I
Recursos Empleados: bibliografía, aula virtual de la FACET (http://facetvirtual.facet.unt.edu.ar), preguntas y respuestas para realimentación en tiempo real (https://www.mentimeter.com), video conferencias y seminarios web, laboratorio de electrónica con equipos de test para desempeño de equipos médicos (desfibrilador, electrobisturí, incubadora neonatal, generador de señales biológicas)
Métodos de Enseñanza: está estructurada en 16 semanas donde el alumno revisa y desarrolla destrezas en las funciones de la Ingeniería Clínica. Intervienen especialistas como Profesores Invitados y se trabaja en forma conjunta con el SIPROSA. Se aplicarán técnicas de e-learning donde el docente actuará como administrador de información y el alumno deberá desarrollar su autonomía en el procesamiento de la misma. Las presentaciones se desarrollarán en ambiente multimedia con la participación plena de instructores y alumnos haciendo uso de: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aula invertida con material de lectura y multimedia 2. Clases presenciales y virtuales con microevaluativos 3. Trabajos en grupo -trabajos prácticos en laboratorio, trabajo de a pares en ejercicios- 4. Presentaciones orales individuales y en grupos 5. Participación y simulacros de escritura y presentación de trabajos en congresos y reuniones de la especialidad. 6. Presentaciones, de los cursos de capacitación desarrollados, ante la audiencia destinataria del mismo
Resultados Aprendizaje: A partir de un marco teórico se analizarán y resolverán problemas prácticos de aplicación basados en situaciones reales. Al final del curso el alumno será capaz de: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Resolver problemas de ingeniería en el marco de la Ing. Clínica. ❖ Evaluar y detectar, in-situ, los puntos críticos de seguridad-diseño-infraestructura en los servicios hospitalarios. ❖ Desarrollar, diseñar y aplicar acciones Realizar análisis de situación

TABLA VI
PROGRAMA ANALITICO - HOJA 1B

Métodos de Enseñanza: está estructurada en 16 semanas donde el alumno revisa y desarrolla destrezas en las funciones de la Ingeniería Clínica. Intervienen especialistas como Profesores Invitados y se trabaja en forma conjunta con el SIPROSA. Se aplicarán técnicas de e-learning donde el docente actuará como
--

administrador de información y el alumno deberá desarrollar su autonomía en el procesamiento de la misma. Las presentaciones se desarrollarán en ambiente multimedia con la participación plena de instructores y alumnos haciendo uso de: <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Aula invertida</u> con material de lectura y material multimedia (<u>disparar el conflicto cognitivo</u>) 2. Clases presenciales y virtuales con microevaluativos 3. Trabajos en grupo -trabajos prácticos en laboratorio, trabajo de a pares en ejercicios- 4. Presentaciones orales individuales y en grupos 5. Simulacros de participación, escritura y presentación de trabajos en congresos y reuniones de la especialidad 6. Presentaciones, de los cursos de capacitación desarrollados, ante la audiencia destinataria del mismo.

TABLA VII
PROGRAMA ANALITICO - HOJA 1C

Métodos de Evaluación
Requisitos p/ regularizar: <ol style="list-style-type: none"> 1. Asistencia a clases $\geq 80\%$ 2. Evaluativos y/o actividades complementarias: Aprobar $\geq 80\%$ de los evaluativos cortos y/o actividades complementarias diseñadas por la cátedra en la Plataforma virtual o de forma presencial en aula 3. Seminarios: Aprobar 2 (dos) seminarios orales con monografía impresa en la cátedra 4. Trabajos prácticos: Aprobar $\geq 80\%$ de los TP. La inasistencia o falta de entrega del informe correspondiente se computa como desaprobado 5. Exámenes parciales: Aprobar 2 (dos) parciales – Semanas 8 y 16 de cursado- con un promedio (P) ENTRE AMBOS $\geq 70/100$. 6. Si $40 \leq P \leq 70$ (con NINGÚN PARCIAL < 40) el alumno podrá rendir un recuperatorio integral al final del curso que se aprobará con nota $\geq 70/100$ SIN EXCEPCIÓN

TABLA VIII
PROGRAMA ANALITICO - HOJA 1D

Examen final: Aprobar un examen final, integral y evaluatorio del conocimiento adquirido. La nota tomará en cuenta el desempeño durante el cursado
Examen libre: En el caso de examen libre, el alumno deberá aprobar, todos y en ese orden las partes prácticas, escrito integral y oral integral que se rendirá inmediatamente después del examen escrito.
CÁLCULO DE NOTA FINAL: EVALUATIVOS Y/O ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS = 10%; SEMINARIOS = 10%; TRABAJOS PRÁCTICOS = 10%; EXÁMENES PARCIALES = 20%; EXAMEN FINAL = 25%; RÚBRICAS -A DEFINIR EN FUNCIÓN DE LA COMPETENCIA- 25%

TABLEA IX
PROGRAMA ANALITICO - HOJA 2

<p align="center">Competencias alcanzadas</p> <p>CGn: Competencia Genérica n CEn: Competencia Específica n Se califican en tres niveles</p> <p>•1: Nivel Básico: se enseñan los aspectos fundamentales; se comienza a practicar y se ven elementos fundamentales de la competencia. •2: Nivel Medio: se refuerza, se practica y se comienza a evidenciar la competencia, pero puede necesitar refuerzo. •3: Nivel Alto: se refuerza de ser necesario, se practica y se domina la competencia</p>
--

TABLEA X
PROGRAMA ANALITICO - HOJA 3

<p align="center">CRONOGRAMA DE LA MATERIA</p> <p>El material Teórico estará disponible en el aula virtual desde el día jueves próximo anterior a la semana correspondiente. La entrega de los informes y/o Trabajos Prácticos (TP) se realizará a través del aula virtual que permanecerá habilitada durante una semana -posterior de la actividad práctica-.</p> <p>En el día uno se conformarán los grupos de trabajo El mismo consta de los siguientes ítems: -Semana/Fecha en la que se abordará cada tema. -Las actividades de aprendizaje relacionadas con el tema (se mencionan algunas de las que se desarrollan): clase presencial o virtual, resolución de problemas, escritura de trabajos y simulacro de participación en congresos, presentación de las capacitaciones desarrolladas por los alumnos ante los destinatarios de las mismas, seminarios web, prácticas de laboratorio y/o mediciones de campo, entre otras -Resultados de aprendizaje específicos para cada tema como por ejemplo: conocer y comprender el marco legal del Servicio de Tecnologías Biomédicas; diseñar un departamento de ingeniería clínica; planificar, desarrollar, exponer los resultados ante una audiencia; tomar datos, analizar, informar, registrar y recomendar acciones relacionadas con la contaminación acústica según Ley Higiene y Seguridad en el Trabajo; redactar informes basados en normas; entre otros. -Sistema de evaluación de acuerdo a la actividad a desarrollar como por ejemplo: microevaluativos, entrega de trabajos prácticos y/o informes, presentaciones orales e individuales, exámenes parciales -Calendario de exámenes parciales y recuperatorios -Fecha de carga en el sistema de gestión académica de grado SIU GUARANI</p>
--

Al ser el primer año de implementación de este nuevo enfoque de enseñanza no podemos concluir cuantitativamente respecto de su impacto en el

rendimiento de los alumnos. La encuesta 2019 fue respondida por el 100% de los inscriptos para el cursado, la cohorte estuvo compuesta por 15 estudiantes. Como resultado de la misma destacamos:

- El 88,89% usa para estudiar el material de apoyo proporcionado por la cátedra
- El promedio de horas semanales de tiempo extra fuera del horario de clases necesitado para cumplimentar con las exigencias de la asignatura fue de 8,87 horas
- Respecto de si pueden llevar al día la asignatura, junto con las restantes de este cuatrimestre, el 86.67% respondió "A veces" y el 13,33 % dijo "Casi siempre".

TABLEA XI
RÚBRICA: EVALUACIÓN DE TÉCNICAS Y DESTREZAS.

<p align="center">Resultados de Aprendizaje</p> <p>Se evaluarán cuatro ítems en cuatro niveles de valoración 4,3 ,2 y1 siendo el más alto y 1 el nivel más bajo</p> <p>Capacidad: (4) Identifica todas las técnicas, destrezas y herramientas relevantes (3) Identifica casi todas las técnicas, destrezas y herramientas relevantes (2) Identifica algunas de las técnicas, destrezas y herramientas, pero omite algunos elementos importantes (1) Identifica un pequeño conjunto de las técnicas, destrezas y herramientas necesarias de la ingeniería</p> <p>Comprensión: (4) Explica cómo deben utilizarse todas las técnicas, destrezas y herramientas relevantes (3) Explica cómo deben utilizarse casi todas las técnicas, destrezas y herramientas relevantes (2) Explica cómo deben utilizarse algunas de las técnicas, destrezas y herramientas, pero omite algunos elementos importantes (1) Da poca explicación de cómo deben utilizarse las técnicas, destrezas y herramientas</p> <p>Dominio o Maestría: (4) Aplica correctamente y demuestra dominio de todas las técnicas, destrezas y herramientas relevantes (3) Aplica correctamente y demuestra un uso adecuado de casi todas las técnicas, destrezas y herramientas (2) Aplica correctamente y demuestra un uso adecuado de algunas de las técnicas, destrezas y herramientas, pero omite algunos elementos importantes (1) Aplica incorrectamente y demuestra un uso no adecuado de casi todas las técnicas, destrezas y herramientas</p> <p>Síntesis/Análisis: (4) Sintetiza y / o justifica apropiadamente el uso de todas las técnicas, destrezas y herramientas relevantes</p>

(3) Sintetiza y / o justifica apropiadamente el uso de casi todas las técnicas, destrezas y herramientas
(2) Sintetiza y / o justifica apropiadamente el uso de algunas de las técnicas, destrezas y herramientas
(1) No Sintetiza y / o justifica apropiadamente el uso de casi todas las técnicas, destrezas y herramientas
La valoración "0" se da si el trabajo presentado no cumple con los requisitos mínimos. Una calificación de 1 en cualquier ítem automáticamente determinará la NO aprobación.
Desempeño Global
Muy Bueno: 12-16 Bueno: 08-12
Regular: 04-08 Malo: 00-04

3 CONCLUSIONES

-En esta primera experiencia con el enfoque de ECE no ha sido necesario modificar el contenido de la asignatura, pero sí exige la adopción de nuevas metodologías de enseñanza.

-Con la metodología adoptada de “aula invertida” se logró que haya un alto porcentaje de tarea pasiva fuera del espacio áulico dejando para el mismo la parte activa reforzando el intercambio alumno-alumno y alumno-docente.

-Los docentes participantes estamos convencidos que el método adoptado es superador respecto del modelo centrado en el docente, aunque en sus inicios la implementación es muy demandante.

-En función de las opiniones de los estudiantes hay que trabajar desde el inicio del trayecto para que ellos no consideren al “aula invertida” como un aumento de exigencia sino como una forma natural de aprendizaje por el resto de su vida activa.

-La opinión de los alumnos es que esta metodología les exige mayor dedicación horaria. Esto es esperable ya que ellos también deben construir una nueva zona de confort.

-El uso del PA y las rúbricas permiten al estudiante y a los docentes tener definido, desde el inicio, el trayecto a seguir en la asignatura poniendo de manifiesto "reglas claras" para el acto de evaluación.

4 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo recibido por la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología y a la Secretaría de Ciencia, Arte e Innovación

Tecnológica de la Universidad Nacional de Tucumán por su apoyo a través del Programa de Investigación E/645.

REFERENCIAS

CONFEDI -Consejo Federal de Decanos de Ingeniería-. *Documentos del CONFEDI*. Universidad FASTA 1ra ed, 2014. ISBN 978-987-13-12-62-7.

5 UNIVERSIDAD DE GRANADA, UNIDAD DE CALIDAD, INNOVACIÓN Y PROSPECTIVA. EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. [HTTP://CALIDAD.UGR.ES/PAGES/SECRETARIADOS/FORM_APOYO_CALIDAD/PROGRAMA-DE-FORMACION-PERMANENTE/EVALUACIONCOMPETENCIAS](http://CALIDAD.UGR.ES/PAGES/SECRETARIADOS/FORM_APOYO_CALIDAD/PROGRAMA-DE-FORMACION-PERMANENTE/EVALUACIONCOMPETENCIAS) 16.10.2019

6 COSME VIDAL, JC. *LIDERAZGO*. EDITORIAL PUBLISHDRIVE, 2018. ISBN: 9788417814120.
CONFEDI -Consejo Federal de Decanos de Ingeniería-. *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina, Libro Rojo de CONFEDI*. Universidad FASTA Ediciones, 2018.

Cataldi Z & Dominighini C. La generación millennial y la educación superior: Los retos de un nuevo paradigma. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales, Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional*, Vol. 12(19), págs.14-21, 2015. ISSN 1667-8338

The Room 241 Team, Concordia University's College of Education. Which is Best: Teacher-Centered or Student-Centered Education? <https://education.cu-portland.edu/blog/classroom-resources/which-is-best-teacher-centered-or-student-centered-education> 16.10.2019

Jerez O & Hasbún H B & Rittershausen S. *El Diseño de Syllabus en la Educación Superior: Una Propuesta Metodológica*. Ed. Universidad de Chile, 2015. ISBN 978-956-19-0887-1

Gatica-Lara F, Uribarren-Berrueta J, del Niño T. ¿Cómo elaborar una rúbrica? *Revista Investigación en Educación Médica*, Vol. 2 (5) pp 61-65, 2013. DOI: 10.1016/S2007-5057(13)72684-X

Pérez de Arias B A. Limitaciones, Alcances y Alternativas de la Evaluación.

- <https://rubricauesfmocc.school.blog> 16.10.2019
- Herrero Martín R, Ferrer Ayala M A, Calderón García A A. *Evaluación de las competencias genéricas mediante rúbricas. 7 Competencias UPCT*. Universidad Politécnica de Cartagena, 2014. ISBN: 978-84-942562-1-9
- Aguilera Ruiz C et al. El modelo flipped classroom. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, Vol 4 (1), pp. 261-266, 2017. ISSN: 0214-9877.
- Pacheco Peña E & Porras Cosme S. Los momentos de la sesión a través de las rutas de aprendizaje. Propuesta de trabajo para los alumnos de las carreras de educación secundaria de la UNDAC. *Horizonte de la Ciencia* Vol. 4 (7), Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión de Pasco, 2014. ISSN 2304 – 4330
- The Flipped Classroom.
<https://www.theflippedclassroom.es> 06.11.2019
Illinois Institute of Technology.
<https://web.iit.edu/search/> 06.11.2

Respuesta a una perturbación escalón en la composición de las corrientes de entrada de una columna de absorción de amoníaco

Irahola Ferreira, Jaime A.¹ Chaves, Anahí A.¹, Puca, Vanesa S.¹.

(1) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy.*
irahola.j@gmail.com

RESUMEN: Se presenta un modelo dinámico lineal de un simulador de una columna de platos perforados destinada a la producción de salmuera amoniacal. Se supone que: El solvente de la corriente líquida es no volátil, solo el componente deseado de la corriente gaseosa es absorbido en la corriente líquida, cada etapa está en equilibrio y el *holdup* de líquido en cada etapa es constante. Se realiza un balance de materia para cada etapa y se llega a un conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias lineales. Se lleva a la forma de espacio de estados, se resuelve para el estado estacionario y se consigue el vector de composición para cada etapa. Finalmente, se perturba con señal escalón en las composiciones de las corrientes de entrada un modelo en variables de desviación, y se resuelve con MatLab. Por tanto, se ha desarrollado un simulador que permite perturbar con escalones de diferente magnitud, ya sea en la corriente líquida, gaseosa o ambas, simultáneamente, y mostrar cual es el resultado de tal perturbación en cada plato de la columna, que a priori, no se sabía. Ante un cambio de composición en las corrientes de alimentación, se observó, que la respuesta fue más grande y más rápida en las etapas más próximas.

ABSTRACT: A linear dynamic model of a simulator of a column of perforated plates destined for the production of ammoniac brine is presented. It is assumed that: The solvent of the liquid stream is non-volatile, only the desired component of the gas stream is absorbed in the liquid stream, each stage is in equilibrium and the holdup of liquid in each stage is constant. A matter balance is made for each stage and a set of linear ordinary differential equations is generated. It is modeled as state-space, then the stationary state it's solved and the composition vector is found for each stage. Finally, the compositions of the input streams in a model in deviation variables are perturbed and it is solved with MatLab. Therefore, a simulator has been developed that allows perturbing with step signals of different magnitude, either in the liquid stream, gaseous or both simultaneously and showing which is the result of such change in each plate of the column, which a priori, it was not known. It was found that the response was larger and faster in the nearest stages when a change of composition occurs in a feed stream.

Palabras claves: Simulador - Columna de platos - Absorción – Señal escalón.

Keywords: Simulator - Plate column - Absorption – Step signal.

1 INTRODUCCION

1.1 Contexto

Los procesos de separación tienen un papel importante en la fabricación de productos químicos. Las corrientes presentes en un proceso químico contienen un cierto número de componentes, los cuales deben ser separados como producto final o como subproducto para su uso posterior en otro proceso. Un ejemplo de un proceso de separación, es la absorción de un gas en un líquido, por ejemplo, amoníaco en una salmuera.

La absorción es una operación unitaria de transferencia de materia que consiste en poner en contacto un gas con un líquido, para que este disuelva determinados componentes del gas, dejándolo libre de los mismos. La absorción puede ser física o química, según que el gas se disuelva en el líquido absorbente o reaccione con él dando un nuevo compuesto químico.

La desorción es la operación unitaria contraria a la absorción, en ella, un gas disuelto en un líquido es arrastrado por un gas inerte, siendo eliminado del líquido. Estas operaciones se pueden llevar a cabo en columnas de platos y de relleno y también en torres de pulverización, que son

columnas vacías en las que el líquido entra a presión por un sistema de ducha, haciendo circular al gas en sentido contrario. La absorción se emplea en la industria para la eliminación de gases ácidos (CO₂; SO₂) y otros como NH₃ en corrientes gaseosas, mediante distintas corrientes líquidas (agua, disolución de sosa, aminas). Las torres de absorción son ampliamente usadas, por ejemplo, en la industria de producción de soda Solvay, en cuyo proceso se emplean columnas de platos.

2 MODELADO DINAMICO DE LA COLUMNA DE ABSORCIÓN

2.1 Hipótesis

Se realizan varias suposiciones para obtener un modelo dinámico lineal. Entre las más relevantes se pueden citar: a) El componente principal, es decir el que se encuentra en mayor cantidad, de la corriente líquida es no volátil y no es absorbido dentro de la corriente gaseosa, b) El componente principal de la corriente gaseosa, es inerte y no es absorbido dentro de la corriente líquida, c) Cada plato de la columna de absorción es una etapa de equilibrio. Es decir, el vapor que abandona la etapa, está en equilibrio termodinámico con el líquido en la etapa, d) El *holdup* (acumulación) de líquido en la etapa es constante. e) se considera una relación lineal de y_i con x_i , que es válida para bajas concentraciones de soluto y a presión y temperatura constantes.

2.2 Columna de absorción

En la Fig. 1, se observa el esquema de una columna de absorción y las corrientes involucradas. En el caso de una columna de absorción de amoníaco la misma se alimenta con dos corrientes: por tope ingresa una corriente líquida de salmuera (NaCl) y por la base una corriente gaseosa conteniendo amoníaco. El producto sale por dos corrientes: por tope una corriente gaseosa, despojada total o parcialmente de amoníaco y por base una corriente líquida conocida como salmuera amoniacal.

2.3 Definición de variables

L = moles de líquido inerte/tiempo = Caudal molar de líquido

V = Caudal molar de vapor

M = Moles de líquido por etapa = *Holdup* molar del líquido por etapa.

W = *Holdup* molar del vapor por etapa.

x_i = moles de soluto (etapa i) / moles de líquido inerte (etapa i)

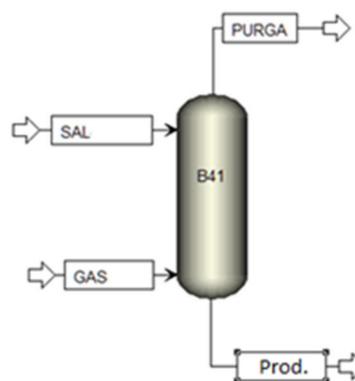


Figura 1. Columna de Absorción de amoníaco

y_i = moles de soluto (etapa i) / moles de vapor inerte (etapa i)

2.4 Balance de soluto en la etapa i

Es fundamental el concepto de etapa de equilibrio para el desarrollo del modelo dinámico de la torre de absorción. Una etapa de equilibrio se representa esquemáticamente según la Fig.2.

La cantidad total de masa de soluto en la etapa i es la suma de soluto en la fase líquida y en la fase gas, por tanto, el balance dinámico de masa de soluto es:

$$\frac{d(Mx_i + Wy_i)}{dt} = L * x_{i-1} + V * y_{i+1} - L * x_i - V * y_i \quad (1)$$

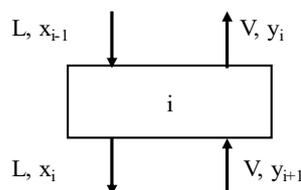


Figura 2. Etapa de equilibrio

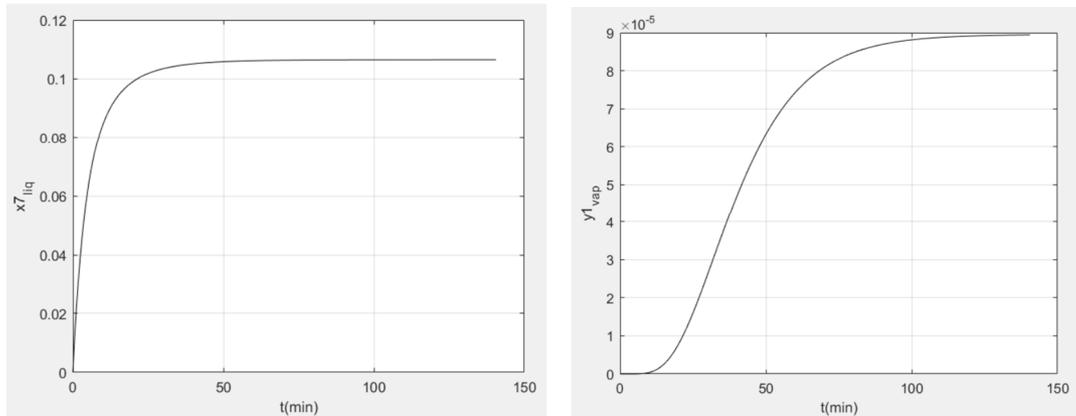


Figura 3. Resultado frente a una señal escalón del 30% en la composición de la corriente de gas

Puesto que el líquido es mucho más denso que el vapor se puede asumir que la contribución principal al término de acumulación es el término $(M \cdot x_i)$. Entonces la ecuación anterior se puede escribir como:

$$\frac{d(M \cdot x_i)}{dt} = L \cdot x_{i-1} + V \cdot y_{i+1} - L \cdot x_i - V \cdot y_i \quad (2)$$

La siguiente suposición es que el *Holdup* molar del líquido (M) es constante, entonces se puede reescribir la ecuación como:

$$\frac{M \cdot dx_i}{dt} = L \cdot x_{i-1} + V \cdot y_{i+1} - L \cdot x_i - V \cdot y_i \quad (3)$$

La solución para este problema se puede resolver con una relación de equilibrio explícita entre la composición de la fase gaseosa y la composición de la fase líquida. Debido a que se supone que el vapor en cada etapa está en equilibrio con el líquido en esa etapa entonces, $y_i = f(x_i)$, y por consiguiente:

$$y_i = a x_i \quad (4)$$

Donde: a es un parámetro de equilibrio. Finalmente, haciendo esta sustitución el modelo dinámico de masa queda como:

$$M \frac{dx_i(t)}{dt} = L x_{i-1} + V a x_{i+1} - L x_i - V a x_i \quad (5)$$

$$\frac{dx_1(t)}{dt} = -\frac{(L+Va)}{M} x_1 + \frac{Va}{M} x_2 - \frac{L}{M} x_0 \quad (6)$$

$$\frac{dx_n(t)}{dt} = -\frac{L}{M} x_{n-1} - \frac{(L+Va)}{M} x_n + \frac{V}{M} y_{n+1} \quad (7)$$

Donde las ecuaciones 6 y 7 corresponden a tope y fondo, respectivamente. Si se desarrolla para

varias etapas se observa que se forma una matriz tridiagonal.

2.5 Datos

Se toman de bibliografía los siguientes datos para la última etapa (en este caso 7): alimentación del líquido (Salmuera) $L=4736$ kmol/h $x_0=0$; alimentación de gas dióxido de carbono $V=388$ kmol/h $y=0.852$; $M=5 \cdot L$ kmol; constante de equilibrio $a=3.2448$. Columna de 7 Platos.

3 METODOLOGÍA

Planteado el modelo dinámico, entonces, se puede hacer un análisis en estado estacionario. Este va ser el punto inicial para luego aplicar la señal escalón. Para obtener la respuesta del sistema frente a esta señal se usa el comando "Step" de MatLab (MathWorks, 2019). Este comando requiere un modelo de espacio de estados (Valera, 2016) en variables de desviación. La forma matricial del modelo dinámico antes formulado es:

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (8)$$

y en variables de desviación

$$\Delta \dot{x} = A \Delta x + B \Delta u \quad (9)$$

$$\Delta y = C \Delta x + D \Delta u \quad (10)$$

Donde Δy es el vector (2x1) de salida, formado por Δx_7 y Δy_1 que permitiría ingresar la variación tipo escalón deseada.

RESULTADOS El programa desarrollado en matlab permite simular la perturbación tipo escalón en la composición de las dos corrientes de

líquida hallando resultados opuestos al caso anterior. la respuesta en cada etapa frente a un cambio escalón de la composición en la corriente

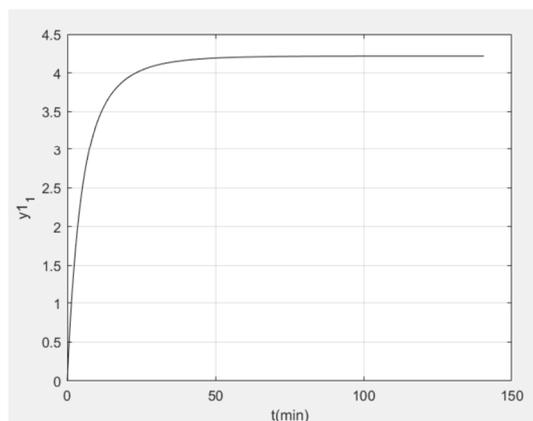
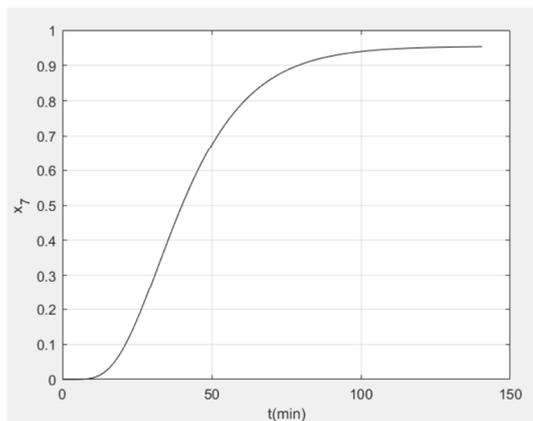


Figura 4. Resultado frente a una señal escalón del 30% en la composición de la corriente de NaCl.

alimentación. se podría analizar una perturbación por vez o ambas al mismo tiempo, como así también con variaciones escalón diferentes para cada corriente. cuando se perturba con un cambio del 30% en la composición de la corriente gaseosa se observa (fig. 3) que la respuesta en la corriente líquida de salmuera amoniacal es mucho más rápida que en corriente de salida gaseosa, lo cual es lógico, puesto que la corriente de producto líquido es la que primero recibe el impacto del cambio de concentración en la corriente gaseosa, que ingresa por fondo. al mismo tiempo, ésta debe atravesar 7 etapas antes de que se observe el cambio en la corriente de salida gaseosa por tope. en cambio, cuando se perturba con un escalón, también del 30 %, la composición de la corriente líquida que ingresa por tope, se observa (fig. 4) que el producto gaseoso responde más rápidamente que la corriente líquida de salmuera amoniacal y en este caso la perturbación pasa antes por 7 etapas hasta recién salir como producto. en el caso de la figura 3, cuando se perturba la composición de la corriente de alimentación gaseosa, la respuesta es del tipo retardo de primer orden en la composición (x_7) de la corriente de salmuera amoniacal. no ocurre lo mismo con la respuesta de la composición de la corriente gaseosa, donde se podría proponer un modelo de tiempo muerto más un retardo de primer orden (stephanopoulos, 1984). similar análisis se puede hacer para el caso de perturbación de la composición de la corriente

gaseosa se presenta en la figura 5. en la misma, se observa, como el cambio es mayor en la etapa más próxima a la perturbación y va disminuyendo de la etapa 7 a la 1. la idea presentada por luyben (1988) y wayne (1998) ha sido modificada y ampliada para el caso del ejemplo. la representatividad de este modelo y por tanto del simulador, está limitada por las hipótesis adoptadas. donde, las mas importantes son: la referida a la relación lineal entre y_i y x_i y el cálculo del *holdup* molar del líquido por otra parte, el modelo matemático lineal comprendido dentro el espacio de estados, le otorga gran flexibilidad para estudiar las variables involucradas.

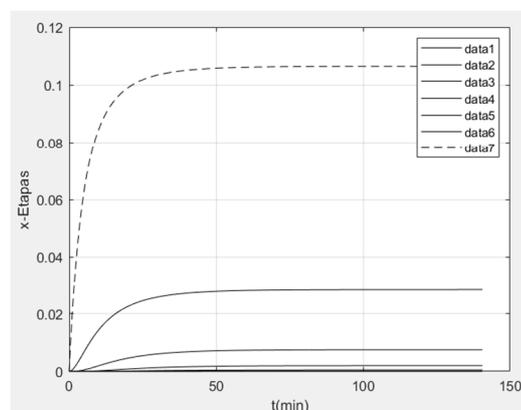


Figura 5. Respuesta de composición en cada etapa, frente a una perturbación escalón en la corriente gaseosa

4 CONCLUSIONES

Se ha simulado con un modelo lineal una columna de absorción. Se ha programado en MatLab para resolver el modelo y estudiar el efecto de perturbaciones del tipo escalón en las composiciones de las corrientes de entrada. Se puede perturbar por separado cada corriente, o ambas simultáneamente y los escalones pueden ser diferentes en cada caso. Se ha encontrado que la respuesta es más grande y más rápida en las etapas mas cercanas a la perturbación.

5 REFERENCIAS

- luyben w.i. & l.a. wenzel. *chemical process analysis*.
englewood cliffs, nj: prentice hall. 1988.
MathWorks, *MatLab. Documentation home*.
2019.
Stephanopoulos, George, *Chemical Process Control. An Introduction to Theory and Practice*. Prentice Hall, 1984.
Valera Fernández Angel. *Modelado y control en el espacio de estados*. Universitat Politècnica de València. 2016.
Wayne B, *Process Dynamics, Modeling, Analysis, And Simulation*. Prentice-Hall do Brasil. Ltda. 1998.

Contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 mediante el alumbrado público eficiente

Rigali, Silvina L.¹, Manzano, Eduardo R.², Castro, María I.¹, Palma, Edgar O.¹, Corbalán, Rubén³, y Torres, José L.³.

(1) Departamento Académico de Mecánica, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

silvinarigali@yahoo.com.ar; maricastro_7@hotmail.com; eopalma@hotmail.com

(2) Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.

emanzano@herrera.unt.edu.ar

(3) Departamento Académico de Electricidad, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

rcorba@unse.edu.ar; joluisetorres@gmail.com

RESUMEN: Entre los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, para América Latina y El Caribe, propuestos en la Agenda 2030, podemos analizar algunos estrechamente relacionados con la problemática de eficiencia en iluminación pública.

En un escenario mundial preocupante debido al incremento de CO₂, es urgente contribuir al diseño de sistemas de iluminación de calidad, máxime teniendo en cuenta la matriz eléctrica nacional constituida por un 58% de centrales térmicas hidrocarburo-dependientes.

En este trabajo se evalúa la eficiencia en la iluminación de un sector de la ciudad donde se han sustituido los últimos 3 años, todas las luminarias de descarga por LEDs, utilizando la instalación existente, lo que en algunos casos no favorece el aprovechamiento de esta tecnología.

Se analiza los niveles de iluminancia y uniformidad obtenidos, y se compara con los valores recomendados por la Norma IRAM-AADL 2022-2. Existen arterias con niveles muy altos de iluminancia (E), y para éstas se propone sustituir las luminarias por otras de menor potencia, para asegurar un sistema eficiente. Asimismo se estima la reducción del impacto ambiental mediante el cálculo de las toneladas de CO₂ ahorradas entre ambas alternativas durante la vida útil de las luminarias.

ABSTRACT: Among the objectives of sustainable development of the UN, for Latin America and the Caribbean, proposed in the 2030 Agenda, we can analyze some closely related to the problem of efficiency in public lighting.

In a worrying world scenario due to the increase in CO₂, it is urgent to contribute to the design of quality lighting systems, especially taking into account the national electricity matrix constituted by 58% of hydrocarbon-dependent thermal power plants.

This work evaluates the lighting efficiency of a sector of the city where the last 3 years have been replaced, all the discharge luminaires by LEDs, using the existing installation, which in some cases does not favor the use of this technology.

The levels of illuminance and uniformity obtained are analyzed, and compared with the values recommended by the IRAM-AADL 2022-2 Standard. There are arteries with very high levels of illuminance (E), and for these it is proposed to replace the luminaires with others of lower power, to ensure an efficient system. Likewise, the reduction of the environmental impact is estimated by calculating the tons of CO₂ saved between both alternatives during the life of the luminaires.

Palabras claves: eficiencia energética – iluminación - calidad

Keywords: energy efficiency – lighting – quality

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Eficiencia en Iluminación en la agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible

Entre los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, para América Latina y El Caribe, propuestos en la Agenda 2030, podemos mencionar algunos estrechamente relacionados con la problemática de eficiencia en iluminación pública.

Estos objetivos, hablan de garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos (N° 7); Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles (N° 11); Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles (N° 12); Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (N°13).

En sus considerandos este documento de la ONU dice: “Estamos frente a un cambio de época: la opción de continuar con los mismos patrones ya no es viable, lo que hace necesario transformar el paradigma de desarrollo actual en uno que nos lleve por la vía del desarrollo sostenible, inclusivo y con visión de largo plazo. La Agenda 2030 es una agenda transformadora, que pone la igualdad y dignidad de las personas en el centro y llama a cambiar nuestro estilo de desarrollo, respetando el medio ambiente. Es un compromiso universal adquirido tanto por países desarrollados como en desarrollo, en el marco de una alianza mundial reforzada, que toma en cuenta los medios de implementación para realizar el cambio y la prevención de desastres por eventos naturales extremos, así como la mitigación y adaptación al cambio climático”.

En el Objetivo 7, la meta 7.3 refiere: “De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética. Es un desafío que compromete a todos, pero hace especialmente responsables a los gobiernos que administran la iluminación pública, que es desde donde se puede hacer una gran diferencia”.

En el Objetivo 11, la meta 11.1, dice: “De aquí a 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales”. Debemos mencionar que el alumbrado público es un servicio básico, y dónde más se lo necesita es

en los barrios marginales, ya que los niveles de inseguridad han crecido los últimos años en las ciudades de Argentina, incluyendo a Santiago del Estero. En el Objetivo 12, la meta 12.2, aspira: “De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales”. Una gestión y un uso eficiente del agua, la energía en todas sus variantes, implica cambiar el paradigma al que hemos estado habituados en la RA, donde por años ha sido subsidiada la energía en todas sus formas comercializables, con el consiguiente daño al ambiente, tratándose de recursos no renovables, y particularmente la energía eléctrica generada desde fuentes convencionales.

1.2 Una matriz eléctrica contaminante

La energía eléctrica que se emplea para iluminar las ciudades en la RA, proviene de la red interconectada, adonde la mayor parte es aportada por centrales térmicas, esto varía según el año y la estación del mismo, ya que un buen año como el 2018 aportó una gran cantidad de energía hidroeléctrica, y la composición de térmica estuvo en un 55%, obsérvese la Fig.1. Además un cambio en la política energética nacional, desde el 2016 permitió que se deje de abastecer las centrales térmicas con fuel-oil, y pasen a utilizar gas natural, que es algo menos contaminante. La Fig. 2 muestra esta particularidad.

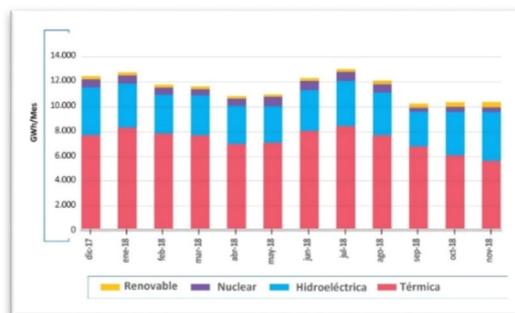


Figura 1: Generación eléctrica por fuente, año 2018. Información: SAESA

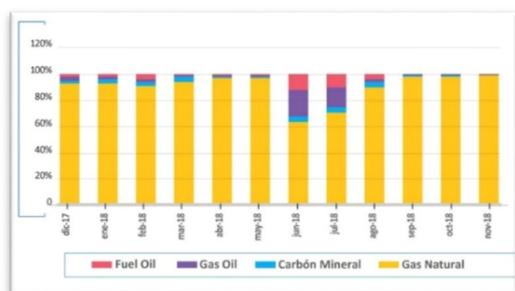


Figura 2: Generación eléctrica-térmica por fuente, año 2018. Información: SAESA

Aunque parezca que las cosas están mejorando, si se compara con el año 2016, donde la matriz eléctrica era aproximadamente de un 65% hidrocarburo dependiente, y las centrales térmicas estaban alimentadas gran parte del año con fuel-oil, por escasez de gas natural, se está muy lejos de las metas planteadas en el “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica”. Ley N° 27.191/15, reglamentada por el decreto N°531/16 de Energías Renovables, que manda que cada sujeto está obligado a alcanzar la incorporación mínima del ocho por ciento (8%) del total del consumo propio de energía eléctrica, con energía proveniente de las fuentes renovables, al 31 de diciembre de 2017, e ir incrementando ésta hasta el 31 de diciembre de 2025, donde deberán alcanzar como mínimo el veinte por ciento (20%) del total del consumo propio de energía eléctrica. Estas metas no se cumplieron en 2017, las nuevas renovables (solar, eólica y mini hidráulica) no llegaban al 4%, y en ese año la combustión de hidrocarburos aportó 69%, de la energía eléctrica. Hasta tanto la matriz se diversifique, la eficiencia energética constituye la mejor y más limpia herramienta para disminuir los gases de efecto invernadero. Debido a que ahorrando energía eléctrica, se evita emitir toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera, y esto es posible diseñando sistemas eficientes, utilizando luminarias de calidad, explotando y manteniendo las instalaciones aplicando programas enmarcados en un contexto de planeamiento sostenible, ratificando a Manzano E. (2017).

1.3 La iluminación LED en las ciudades

“La incorporación de iluminación LED en las ciudades viene a modificar no solo el aspecto de

las mismas, sino además las posibilidades de reconvertir con eficiencia las instalaciones existentes” según Manzano E. (2017).

Desde lo que era la Secretaría de Eficiencia en Iluminación, se lanzó en 2017, el Plan Nacional de Eficiencia en Iluminación (PLAE) que se aplicó a algunas ciudades, permitiendo la modernización de vastos sectores, aunque han sido observados algunos resultados que muestran que pudo haberse optimizado su aplicación. “Esto está de acuerdo con lo descripto por Rigali, (2018)...”

La ciudad de Santiago del Estero, no fue beneficiada por el PLAE, pero desde el gobierno municipal se emprendió desde el año 2016 un programa de sustitución de luminarias, que se ha desplegado durante estos tres años, en las principales avenidas, y en el casco céntrico. Los beneficios: una ciudad brillante, vecinos maravillados, niveles que sobrepasan los mínimos requeridos, aunque si analizamos el consumo de energía eléctrica, se ve que los resultados no son los buscados. Contamos con una tecnología maravillosa, y no estamos hablando sólo de la eficiencia de las luminarias LED, nos referimos a la posibilidad de diseñar, y evaluar el comportamiento de las instalaciones empleando software de cálculo, y utilizando la fotometrías de las luminarias a instalar, para conocer con mayor precisión como va a comportarse una luminaria en determinada geometría de la instalación, asumiendo las particularidades de cada sector de una ciudad, llámese árboles, edificios de altura, diferentes dimensiones de calzada, y naturalmente aplicando el nivel adecuado según el tipo de vías de tránsito atendiendo a la Norma IRAM-AADL 2022-2, Clasificación de Vías de Tránsito.

2 METODOLOGÍA APLICADA

2.1 Registro de iluminancia en campo y relevamiento de las instalaciones

Como metodología de análisis se procedió a realizar la labor de campo, se tomaron fotografías diurnas y nocturnas, se registraron los niveles de Iluminancia (Em), empleando un luxómetro marca: Lutron, modelo LM.8000, con certificado de calibración del Laboratorio de Luminotecnia de la UNT, con fecha: 22/05/2018. La construcción de la grilla en cada arteria considerada, tomó como base la norma IRAM-AADL J 2022-2 para realizar el cálculo de la

Iluminancia media mantenida (E_m). Y con estos registros se establecieron los valores de Uniformidad, G_1 ($E_{mín} / E_{med}$) y G_2 ($E_{mín} / E_{máx}$).

En el barrio analizado, el alumbrado público se brinda mediante diferentes configuraciones geométricas, aunque en todos los casos la separación de columnas es 25m. En las avenidas de doble carril las luminarias están dispuestas en forma bilateral no enfrentadas (al tres bolillo), y en arterias de una calzada, se hallan dispuestas de forma unilateral a la derecha, resulta suficiente teniendo en cuenta la simetría de la instalación, realizar la lectura de iluminancia (E), sobre una rejilla con una densidad de 15 puntos.

2.2 Comparación entre lo registrado y lo recomendado por las normas nacionales

Se procedió a elaborar tablas y gráficos donde se comparan los valores medidos versus los recomendados por la Norma IRAM-AADL 2022-2, que especifica valores medios mínimos de iluminancia, y uniformidad, para cada tipo de vía de tránsito, teniendo en cuenta su uso (vía principal, comercial, residencial), velocidad de circulación, presencia o no de peatones, lo que cambia las necesidades de iluminación, uniformidad, e incluso el tipo de luminarias empleada (apantallada, semi-apantallada, no-apantallada).

2.3 Estimación de la energía que puede ahorrarse mediante optimización de las instalaciones y elección adecuada de las luminarias

La cuantificación de la energía que puede ahorrarse sin menoscabar la calidad del servicio no es una ecuación lineal. La forma correcta de realizarlo es haciendo mediciones de las vías de tránsito, y con la fotometría de cada tipo de luminaria empleada (obtenida de ensayos en un laboratorio certificado), realizar cálculos con software, variando aquellos parámetros que modifican la distribución de la luz, distancia entre columnas, altura del punto lumínico, longitud del pescante, presencia o no de árboles, tipo de pavimento, etc.

En este trabajo es posible realizar una aproximación debido a que es notorio que se ha dado el mismo tratamiento a diferentes vías de tránsito. Lo que implica que en vastos sectores se

está sobredimensionando la instalación. Debido a ello un cálculo simple nos da una importante capacidad de remisión de energía eléctrica, sin desmedro de cumplir con los principales objetivos que la CIE destaca para el alumbrado público: permitir a los conductores de automóviles, motos, bicicletas y otros tipos de vehículos actuar con seguridad, permitir que los peatones vean los peligros, puedan orientarse, reconozcan otros peatones y tengan una sensación de seguridad y mejorar la apariencia nocturna del espacio urbano.

2.4 Cálculo de Toneladas equivalentes de dióxido de carbono no emitidas al ambiente

Existen diferentes metodologías para realizar este cómputo, siempre teniendo en cuenta que variará de un país a otro, según la composición por fuentes de su matriz eléctrica, e incluso de un año a otro, ya que se producen variaciones en los niveles de generación hidroeléctrica o aportación de las nuevas energías renovables (eólica, solar). Aunque existen herramientas que permiten ser empleadas en diferentes contextos.

Aquí se aplicó la herramienta desarrollada por Daniel Perzcyk, desde la secretaria de energía de la nación, que resulta de fácil aplicación, pero el cálculo ha significado para el autor una enorme tarea de conjugar las variables de la matriz eléctrica Argentina.

2.5 Análisis de mapa del barrio centro con la Clasificación de vías de tránsito

La Figura 3 muestra la tipificación de las vías de tránsito realizada en un trabajo publicado por Rigali S (2008), que puede adoptarse debido a que no han surgido cambios sustanciales en el tipo de actividad de estas arterias. La Tabla 1 brinda detalles sobre la caracterización de las vías y los niveles de iluminancia inicial mantenida, recuérdese que el factor de depreciación es 0,8 al inicio de la instalación, lo que implica que estos valores son medios mantenidos.



Figura 3: Clasificación de Vías de Tránsito según el tipo de actividad, Norma IRAM-AADL 2022-2, B° Centro. Fuente: Rigali S, Raitelli R., 2008

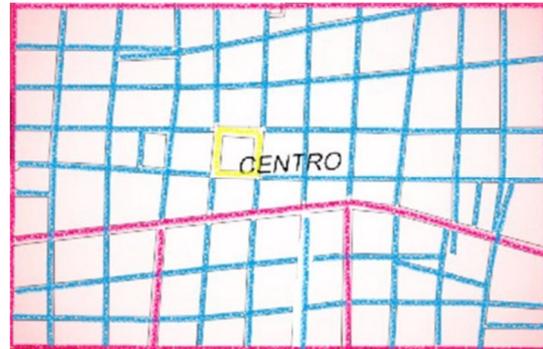
Tabla 1: identificación de las vías de tránsito según la Norma IRAM-AADL 2022-2

Color asignado	Tipo de vía	Nivel E (Lux)
rosado	C (avenidas principales)	40
celeste	D (calles comerciales)	27
amarillo	E (avenidas de enlace o secundarias)	16
verde	F (calles residenciales)	10

3 DESARROLLO Y RESULTADOS

3.1 Elaboración del mapa lumínico actual

Utilizando las lecturas tomadas empleando la metodología descrita en la sección 2.2, se procede a construir un mapa que muestra los diferentes niveles de iluminancia en las arterias del barrio Centro. La Figura 4 sorprende por la uniformidad de la iluminancia. Con excepción de las calles circundantes a plaza Libertad que se destacan en amarillo.



■ 39,8 Lux ■ 40,5 Lux ■ 55Lux

Figura 4: Registros de iluminancias promedio, celeste: 39,8; fucsia: 40,5 y amarillo 55 Lux

3.2 Relevamiento fotográfico de instalaciones

Lo primero que se aprecia al observar las instalaciones de las arterias del barrio centro, es que se ha optado por una misma geometría de instalación, altura, pescante y potencia de luminarias, en zonas donde los requerimientos de iluminancias son diferentes y acordes a la velocidad del tránsito, actividad, o presencia o no de peatones. Por ejemplo, en la calle Salta, una de las destacadas en celeste en la Fig. 4, plena zona comercial muy transitada hasta las 22,30hs en la estación estival de altas temperaturas, y la calle Entre Ríos, residencial, en verde en la Fig. 4. Esto es ratificado en las imágenes de las Fig. 6 y 7, que fueron tomadas en horario comercial de un día laborable.

En el estudio de las avenidas clasificadas como tipo C, y E, excluimos a avenida Belgrano, principal eje o columna vertebral de la ciudad, que atraviesa el barrio mencionado, debido a que ha sido objeto de estudios previos por Rigali S et al (2016).

En la Fig. 7, se observa el aspecto de las luminarias instaladas en avenida Moreno (tipo C), se trata de una arteria con mucho tráfico de norte a sur, velocidad 40-50km/h. Similar tratamiento se dio a la avenida Roca (tipo E) que es una arteria con bastante tránsito vehicular, pero más lento, debido a la presencia de muchos peatones por caracterizar a la zona, bares y restaurantes, y modernos y costosos edificios de departamentos, distribuidos en todo su recorrido, lo que nos lleva a pensar en reconvertir su clasificación a arteria comercial tipo D (27Lux). El movimiento de peatones es muy importante, durante la noche. En

la Fig. 8 puede verse una imagen de la columna y sus dos luminarias.

Para las dos avenidas se instaló a 7m de altura, LED de 198W, y luminarias LED para vereda de 50W a 3,5m de altura. En la Fig. 9 se muestra los artefactos de vereda. Se pudo apreciar en el relevamiento nocturno que el colocado en avenida Roca tiene mejor prestación, (el de la izquierda en la Fig.9) porque produce menos deslumbramiento debido a su tulipa de material difusor. Registrándose en vereda similares niveles de iluminancia.



Figura 7: Imagen de avenida Moreno



Figura 5: Calle comercial SDE, luminaria A



Figura 8: Luminaria instalada en avenida Roca

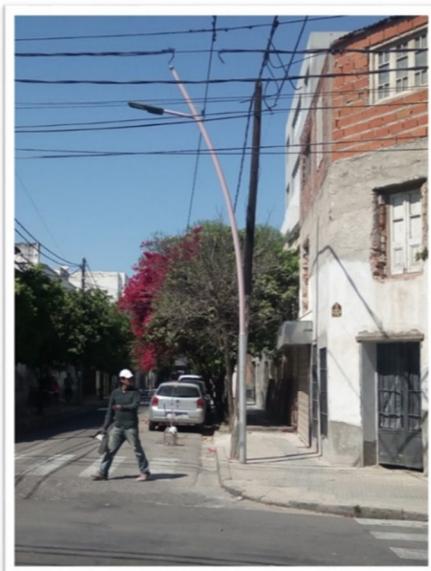


Figura 6: Calle residencial SDE, luminaria A



Figura 9: Artefactos para iluminación de vereda

Por último, en los relevamientos diurnos y nocturnos pudo reconocerse zonas con altos niveles iluminación, circundantes a la Plaza Libertad, que pueden justificarse dado el intenso flujo turístico y de residentes, que recibe el sector, donde se realizan fiestas religiosas y espectáculos nocturnos al aire libre en el cumpleaños de la ciudad durante el mes de Julio, y en otras festividades del año. La Fig. 10 nos muestra la calle peatonal frente a la Catedral, destacada con columnas separadas 25m, al tres bolillo y luminarias de 198W que brindan un nivel de iluminancia medio de 55Lux. Obsérvese las sombras proyectadas sobre la calzada por los canteros.

La plaza Libertad, es el epicentro de esta zona, donde convergen la Catedral, el Cabildo, la Municipalidad, allí se han observado algunos problemas de deslumbramiento, debidos a luminarias con refractor transparente, y a proyectores ubicados en ángulos inadecuados. Véase este problema en la Fig. 11 en la cual, se dificulta distinguir a un perro que se desplaza sobre la vereda. Lo mismo sucede para identificar rostros de los transeúntes, lo que puede traducirse en inseguridad en altas horas de la noche, cuando disminuye el movimiento en la zona.

Otro problema observado es la asimetría de iluminación sobre veredas en las zonas residenciales, ya que por presencia de arboleda, del lado donde van instaladas las columnas, se generan sombras duras. Por la distribución fotométrica de la luminaria, en la vereda opuesta se miden niveles excelentes. En las zonas comerciales esto no constituye un problema, debido al aporte desde escaparates y vidrieras que hacen los locales comerciales con su propia iluminación y cartelería.



Figura 10: vista de la calle frente a la catedral que fuera transformada en peatonal



Figura 11: vista nocturna de Plaza Libertad

3.3 Iluminancia recomendada y registrada: un margen para la eficiencia

Como se infiere de analizar las arterias coloreadas de la Fig. 4, este tratamiento del alumbrado público que ofrece niveles similares de iluminancia en las calles, es producto de luminarias LED de 150W, que han sustituido a los artefactos con lámparas de sodio alta presión (SAP) de 150W de instalaciones existentes. Existen trabajos publicados que muestran las consecuencias de sustituir unas luminarias por

otras, sin haber realizado simulaciones con software, para evaluar la conveniencia o no.

Como se puede apreciar en las figuras 5, y 6, los artefactos han sido montados en columnas a distancias de 25m, altura del punto lumínico 7m, y pescante 0,90m. Esta instalación da como resultados iluminancias promedio de 39,8 lux para calles de un único sentido de calzada. Y uniformidad G1= 0,67 y G2= 0,41.

Fueron varias las empresas que trabajaron en esta obra, y existen al menos, tres tipos de artefactos de la misma potencia pero diferente fabricante, lo que implica discrepancias en la curva de distribución fotométrica, y así por ejemplo, con el artefacto tipo A se registraron niveles más altos en las grillas, hasta $E_m = 42\text{lux}$, pero para el artefacto B, las mediciones daban valores de $E_m = 37\text{lux}$.

Aquí se presenta una cuestión no menor que es el diferente rendimiento de luminarias de la misma potencia. Y está relacionado con la falta de especificaciones técnicas claras que determinen fehacientemente la calidad de una luminaria.

Para las vías tipo C, y E, la iluminancia promedio es 40,5 Lux, ténganse en cuenta que todas estas instalaciones han sido inauguradas en los últimos tres años.

Tabla 2: Descripción de luminarias instaladas, por potencia y por tipo de vía

Tipo de Vía	Potencia Inst. W	Potencia óptima W	Nº cuadras	Nº lum.
C c/l.p.	198 + 50	198 + 50	11	66
C	198	198	36	216
D	150	100	67	402
E c/l.p.	198 + 50	100 + 50	11	66
F	150	80	59	354

En la Tabla 2, se aprecia el tipo de potencia instalada por sector. Para las vías tipo C, va a aceptarse como óptimo ambas alternativas, con o sin luminarias de vereda.

Para la zona comercial, vías tipo D, se ha computado 66 cuadras con niveles excesivos de $E = 39,8\text{Lux}$, cuando debieran tener por recomendación de la Norma, 27Lux . Aquí tenemos 402 luminarias a la que podemos reducir la potencia, sin menoscabo de afectar la calidad

del servicio, emplazando luminarias de led de 100W, en lugar de 150W.

Tabla 3: Potencial anual de Energía eléctrica de remisión por tipo de vía

Tipo de vía de tránsito Norma IRAM AADL 2022	Número Luminarias Instaladas en ese sector	Potencia a reduc.	Energía Ahorrada 11hs, uso diario x 365 días al año
D	402	50W	80,7MWh
E	66	50W	13,2MWh
F	354	80W	113,7MWh
Total energía anual ahorrada			207,6MWh

En la Tabla 3, se muestra la potencial de energía que puede conmutarse en cada sector, sin desmedro de afectar la calidad de la iluminación. Aplicando este reajuste, con los niveles reducidos se estarían garantizando que al término de la vida útil de las luminarias (según catálogo del fabricante), 70% del flujo inicial sea a las 100.000 horas, 22 años a 11 horas de encendido diario, o una opción más realista 50.000 horas, 14 años, aún estaríamos cerca de los 27,8 Lux recomendados por Norma, para las vías D, naturalmente estas extrapolaciones aún no tienen comprobación debido a que la tecnología LED que se está instalando hoy no es comparable a la comercializada hace 15 años.

3.4 Potencial de energía eléctrica a transformar en $T_n \text{ CO}_2\text{eq}$

La energía ahorrada anualmente, como puede leerse en la Tabla 3, sería de 207,6 [MWh]. La vida útil de las luminarias, en la más ambiciosa proyección sería 22 años.

Para ese tiempo vamos a realizar el cálculo de las toneladas de CO_2eq . La ecuación final (1) es de muy sencilla aplicación en el método de Perckyc:

$$207,6\text{MWh} \times 22 \text{ años} \times 0,381 = 1740 \text{ Toneladas eq de CO}_2 \quad (1)$$

4 CONCLUSIONES

De este trabajo surge que aún no hay una correcta utilización de las nuevas tecnologías LED, ya que al diseñar los sistemas de alumbrado no se considera lo que dictan las Normas IRAM-

AADL, que hoy deberían aplicarse asociando los valores mínimos recomendados, a un uso racional de la energía. Se ha demostrado aquí que luminarias de la misma potencia y aspecto similar (distintos fabricantes) dispuestas en idénticas condiciones, dan resultados disímiles, debido a su curva distribución luminosa. Ninguna empresa o municipio puede desconocer esto, ya que su uso indebido tiene negativas consecuencias en la búsqueda de la eficiencia tan mentada cada vez que se reconvierte un sistema de alumbrado. Con muy poca intervención, solo sustituyendo luminarias, se lograría una remisión de 1.740Tneq CO₂, esto sólo parece una cifra, pero es una medida universal de cálculo, utilizada para indicar la posibilidad de calentamiento global. Desde las universidades y asociaciones de profesionales de Luminotecnia bregamos por el buen uso de las nuevas tecnologías, y estamos comprometidos a proteger el ambiente. Cada uno de nuestros proyectos debe buscar el mayor nivel de eficiencia. Cumplir con la agenda 2030 para el desarrollo sostenible es un imperativo.

5 REFERENCIAS

- Ahorro y Eficiencia Energética
[hpt://www.argentina.gob.ar/energia/ahorro-y-eficiencia-energeticama](http://www.argentina.gob.ar/energia/ahorro-y-eficiencia-energeticama)
- IRAM AADL J 2022-2 (1995). “*Alumbrado Público. Vías de tránsito. Clasificación y niveles de iluminación*”
- Fuentes de Generación Eléctrica. SAESA.
<http://saenergia.com.ar/2018/09/06/fuentes-de-generacion-electrica-aporte-de-las...>
- Manzano E. et al. Eficiencia en la Iluminación de espacios urbanos. FACET-UNT.
<https://www.facet.unt.edu.ar/luminotecnia/libro-eficiencia-en-la-iluminacion-de-espacios-urbanos/>. 4.9.2019.
- Manzano E, *Eficiencia y mantenimiento de luminarias led en alumbrado público*, Revista Luminotecnia 137, 50-58, 2017.

- Perzick, D, Cálculo del Factor de Emisión de CO₂, de la Red Argentina de Energía Eléctrica
<http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>
- Preciado O, Manzano E, *Evaluación de la eficiencia energética en el alumbrado público*, Eficiencia en la Iluminación de espacios urbanos; ISBN 978-987-754-147-2, publicación como capítulo de libro 2018.
- Rigali S, Manzano E, et al, *Estimación de Indicadores de eficiencia y calidad de las instalaciones de alumbrado vial con tecnología tradicional y estado de sólido*, Luxamerica, La Serena, Chile, 2016
- Rigali S, Raitelli M; “*Estimación del Deterioro de la Calidad y la Ineficiencia Energética por Depreciación del Alumbrado Urbano. Caso de la Ciudad de Santiago del Estero, Argentina.*”, Luxamérica, Rosario, 2008, sección IV-6. ISBN 978-987-20335-5-2.

6 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado y financiado en el marco del Proyecto: “Eficiencia Energética en Alumbrado Público: Evaluación, Diagnóstico y Propuesta para la Ciudad de Santiago del Estero”, SECYT, FCEyT, UNSE, y de la Beca Doctorar Ingeniería 2015-2019 en el Proyecto de Tesis Doctoral en Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente, DLLYV - FACET – UNT, “Impacto de las tecnologías de estado sólido en el diseño y conservación del alumbrado urbano”. Tesista: Mg. Ing. Silvina Rigali, Director: Dr. Eduardo Manzano.

Se agradece la colaboración prestada por la Dirección de Alumbrado Público de la Municipalidad de Santiago del Estero. Y de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la FCEyT, UNSE.

Parámetros fisicoquímicos durante compostaje de residuos frutihortícolas (Banco de Alimentos) y madurez del compost

Saavedra, Raul M.¹; Palavecino, Ana C.¹; Herrera, Ana C.¹; Farfán Torres, Mónica²; Baigorí, Mario D.³ y Sánchez de Pinto, María I.¹

(1) *Instituto de Ciencias Químicas. Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*

raul_saav@hotmail.com

(2) *Instituto de Investigaciones para la Industria Química, Universidad Nacional de Salta.*

(3) *Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos, Universidad Nacional de Tucumán.*

RESUMEN: El compostaje es un proceso biooxidativo controlado mediante el cual se puede transformar sólidos biodegradable (SB) en materia orgánica estabilizada (compost). El objetivo fue determinar la variación de parámetros fisicoquímicos durante el compostaje de residuos SB y evaluar la madurez alcanzada por el producto "compost" obtenido. Los residuos frutihortícolas (RB) provenientes del Banco de Alimentos de Santiago del Estero mezclados con aserrín (2:1), fueron colocados en pilas al aire libre a las que se le controló: temperatura, oxigenación mediante volteos periódicos y contenido humedad. A lo largo de los 60 días del proceso se observó una disminución promedio de los contenidos de: carbono orgánico (25,1 a 16%), materia orgánica (45,3 a 28,7%), carbono hidrosoluble (2,7 a 0,37%), nitrógeno total (2,10 a 1,61%), amonio (4137 a 2107ppm) y un aumento en el contenido de nitratos (4202 a 8710ppm). A los 120 días de compostaje se cuantificaron los valores de pH (8,0), conductividad eléctrica (0,7 ms/cm), nitrógeno (1,61%), carbono hidrosoluble CHS (0,37%), determinándose las relaciones CHS/NT promedio (0,23), indicando un grado de madurez y estabilidad que podrían estar apto para su uso agrícola.

ABSTRACT: Composting is a controlled bio-oxidative process through which biodegradable solids (BS) can be transformed into stabilized organic matter (compost). The objective was to determine the variation of physicochemical parameters during the composting of waste BS and to evaluate the maturity reached by the product "compost" obtained. The fruit and vegetable residues (BR) from the Food Bank of Santiago del Estero mixed with sawdust (2:1) were placed in outdoor piles which were controlled: temperature, oxygenation by periodic flips and humidity content. Throughout the 60 days of the process, an average decrease was observed in the contents of: organic carbon (25.1 to 16%), organic matter (45.3 to 28.7%), water-soluble carbon (2.7 to 0.97%), total nitrogen (2.1 to 1.16%), ammonium (4137 to 2055 ppm) and an increase in nitrate content (4202 to 8662 ppm). After 120 days of composting, the values of pH (8,0), electrical conductivity (0,7 mS/cm), nitrogen (1,80%), water-soluble carbon CHS (0,31%), were determined, determining the average CHS / N ratios (0,17), indicating a degree of maturity and stability that could be suitable for agricultural use.

Palabras claves: reciclaje – residuos biodegradables –estabilización – compostaje.

Keywords: recycling – biodegradable waste – stabilization – composting.

7 INTRODUCCIÓN

Los Bancos de Alimentos son organizaciones sin fines de lucro que contribuyen a mejorar la alimentación y nutrición de los sectores más vulnerables de nuestra sociedad, recuperando alimentos que salen del circuito comercial pero

son aptos para el consumo, a fin de almacenarlos, clasificarlos y distribuirlos entre organizaciones de ayuda comunitaria: comedores, hogares de niños y de ancianos, centros comunitarios y de apoyo escolar, entre otros. El modelo Banco de Alimentos nace en los Estados Unidos, en la

década de 1960 creado por John Van Hengel. Esta idea se ha ido difundiendo hasta llegar a la provincia de Santiago del Estero, Argentina, y de esa manera en marzo de 2010 nace, el Banco de Alimentos de Santiago del Estero (BASE), el cual forma parte de la Red Argentina de Bancos de Alimentos, la que es miembro fundador de la Red Global de Bancos de Alimentos (The Global Foodbanking Network). Desde Marzo del 2015 el BASE funciona con sede propia dentro de la Cooperativa del Mercado Concentrador de Frutas y Verduras (Co.Me.Co). Diariamente se recuperan frutas y verduras (FV) dentro de CoMeCo, que tienen un grado de maduración avanzada o formas no convencionales que las deja fuera del circuito comercial pero que son perfectamente aptas para consumo. Las mismas son clasificadas por personal voluntario según parámetros de calidad y bajo buenas prácticas de manipulación de alimentos de acuerdo a lo aconsejado por profesionales (ingenieras en alimentos). Estas son luego almacenadas en cámaras de frío y entregadas a las entidades beneficiarias en toda la provincia de Santiago del Estero.

Desde 2015 se han recuperado más de 1 millón y medio de Kg de alimentos, en el 2017 se entregaron 485.000Kg de alimentos a más de 12.000 niños de 80 organizaciones distribuidas en toda la provincia según Fundación Bco. del Alimentos de Sgo. del Estero (2019). En lo que va del 2019, de lo entregado por COMECO el BASE está recuperando y entregando alrededor de 25 Tn/mes de frutas y verduras, quedando sin aprovechar alrededor de un 30% de residuos frutihortícolas (RFH), cuya recolección está a cargo de una empresa privada, con un elevado costo económico. Los residuos RFH son biodegradables, es decir que pueden descomponerse por microorganismos de forma aeróbica o anaeróbica.

Actualmente, gracias a un convenio marco de cooperación científica entre la Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA), el Banco de Alimentos de Santiago del Estero (BASE) y la Caja Complementaria de la UNSE (CC-UNSE), 1 Tn/mes de los RFH generados en el BASE son depositados en las instalaciones de la Planta Piloto de Compostaje (PPC) de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la sede El Zanjón de la UNSE para su reciclaje mediante el proceso de compostaje, con el fin de optimizar las variables del proceso y generar un modelo de gestión para los RFH que se generan en el BASE.

El compostaje ha sido propuesto a nivel mundial como tecnología para minimizar la disposición final y generar valor agregado a residuos sólidos biodegradables como lo muestra Sánchez de Pinto (2012). Es un proceso biooxidativo controlado que involucra la mineralización y la humificación parcial de la materia orgánica contenida en el material, logrando un producto final estabilizado, libre de sustancias fitotóxicas y patógenos y con ciertas propiedades húmicas (compost) según Albrecht (2010). Para determinar la estabilidad del compost (disminución del carbono degradable y de la actividad microbiana), dentro de los parámetros que se aconsejan cuantificar, se incluyen: el % carbono soluble en agua (CSA) (<4-17 g/kg) y relación CHS/Ntotal (<0,3-0,7), y para determinar la madurez (producto sin sustancias fitotóxicas que puedan afectar el crecimiento vegetal) se incluyen: el contenido de amonio (<400-500mg N-NH₄⁺/kg), la relación amonio/nitrato (<0,1-0,3) según lo indica SENASA (2019).

Los compost, debido a su alta concentración en materia orgánica estabilizada y nutrientes, se utilizan como enmiendas orgánicas (modificando o mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo) o como fertilizante (proporcionando nutrientes para las plantas).

El objetivo fue determinar la variación de parámetros fisicoquímicos durante el compostaje de residuos frutihortícolas procedentes del BASE y evaluar la madurez alcanzada por el producto "compost" obtenido.

8 MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 *Recolección de los residuos*

Los residuos frutihortícolas (RFH) fueron recolectados de las instalaciones del BASE aproximadamente 250-300 Kg/semana y depositados en la Planta Piloto de Compostaje de la FAyA-UNSE.

8.2 *Tratamiento*

El tratamiento se realizó mediante la biotecnología del compostaje. Los RFH fueron mezclados con aserrín en relación 2:1. Se armaron 3 pilas al aire libre de 1,5-1,8 m de altura. Durante el proceso se controló: temperatura, oxigenación mediante volteos periódicos y humedad mediante riego.



Foto 1. Pilas de RFH después de 120 días de compostaje.

8.3 Muestreo

Se tomaron muestras de las 3 pilas en diferentes zonas de las pilas a los 30, 60, 105 y 120 días de compostaje. Las muestras de 1 Kg aproximadamente, fueron secadas al aire y tamizadas en malla de 2 mm.

8.4 Análisis fisicoquímico de los parámetros de calidad, madurez y estabilidad.

Se determinó pH y conductividad eléctrica (CE) en extracto acuoso 1:10 (sólido:líquido); materia orgánica (MO) por calcinación a 540°C durante 4hs; carbono orgánico total (COT) $COT=MO/1,8$ según Arrigoni (2016); carbono hidrosoluble (CHS) por espectrofotometría a 590nm, previa extracción acuosa 1:100, agitación durante 2 hs, filtrado, oxidación con $K_2Cr_2O_7$ de acuerdo a Yeomans (1988); nitrógeno total (NT) por digestión ácida durante 5 hs a 450°C y luego en destilador automático, titulando los vapores de amonio liberados con HCl 0.1N; contenido de amonio (NH_4^+) mediante destilador automático y titulación de los vapores de amonio liberados con HCl 0.01N; nitratos (NO_3^-) por espectrofotometría a 360 nm, previa extracción acuosa 1:10, agitación durante 2 hs y filtrado; fósforo total (PT) por espectrofotometría a 640 nm del extracto obtenido de la mineralización ácida con HNO_3 y $HClO_4$ de acuerdo a lo expresado en Murphy (1962); potasio total (KT) por fotometría de llama del extracto obtenido de la mineralización ácida con HNO_3 y $HClO_4$.

9 RESULTADOS Y DISCUSIONES

9.1 Perfil térmico durante el compostaje de los RFH

La evolución de la temperatura durante el compostaje es un reflejo de la actividad metabólica de los microorganismos implicados en el proceso. Este parámetro es un buen indicador del final de la fase bio-oxidativa en la cual el compost ha adquirido cierta madurez. Sin embargo la estabilidad térmica no implica necesariamente la estabilidad biológica del material de acuerdo a Jiménez (2008).

En la Figura 1 se muestran los cambios de temperatura (primera etapa mesófila, etapa termófila y segunda etapa mesófila) generados durante el compostaje de los RFH, destacándose el agregado de RFH frescos hasta el día 10. Durante la etapa termofílica (días 8 a 30) la temperatura se mantuvo por encima de los 55°C por más de 20 días, asegurando la eliminación del poder germinativo de las semillas y la reducción de los patógenos presentes según Mazzarino (2012). Luego de los 95 días de compostaje, la temperatura se mantuvo en valores similares a la del ambiente, alcanzando una estabilidad térmica.

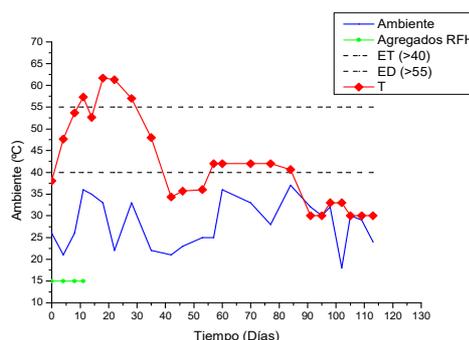


Figura 1. Evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje.

9.2 Evolución de los parámetros fisicoquímicos

La variación del pH está relacionada con la actividad metabólica de los microorganismos y los nutrientes del medio. En la Fig. 2 se observa un aumento hasta el día 60, que podría estar relacionado con la disminución de ácidos orgánicos y producción de amoniaco generado por la descomposición de las proteínas y/o la presencia de carbonatos de ciertas materias primas de acuerdo a lo expresado en Orden (2018).

A los 120 días de compostaje el pH se presenta levemente alcalino con valor (pH 8) dentro de los límites de calidad(5.0-8.5) establecidos en la reglamentación vigente según SENASA (2019).

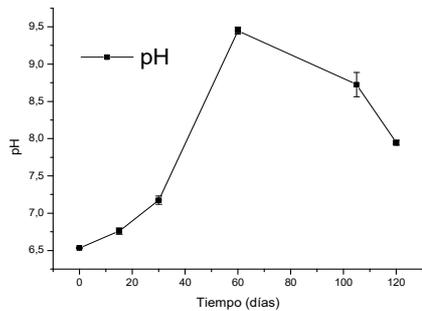


Figura 2. Variación del pH en función del tiempo de compostaje.

El contenido de COT de un compost es un indicador de su concentración en MO y por lo tanto un índice de calidad del compost de acuerdo a Orden (2018). En la Figura 3, se observa la disminución de la MO y del COT a medida que avanza el tiempo de compostaje. Esto se debe a la mineralización de la materia orgánica y a la pérdida de carbono en forma de CO₂ en el tiempo. Estas pérdidas pueden llegar a representar hasta el 20-25% en peso de la masa compostada como lo expresa Márquez (2008). El porcentaje de MO que se obtuvo a los 120 días del proceso (30.1%), superior a 20 que es el valor de calidad aconsejado para ser considerado compost clase A según SENASA (2019).

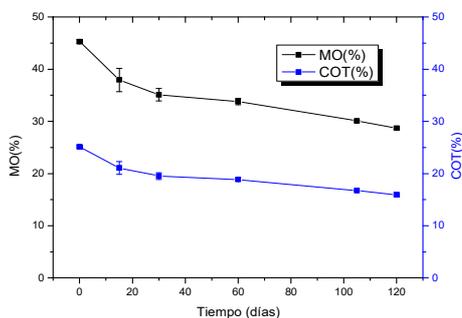


Figura 3. Variación de la MO y el COT en función del tiempo de compostaje.

En el proceso de compostaje se produce la descomposición bioquímica de la materia, produciéndose las distintas reacciones

degradativas fundamentalmente en fase acuosa. Los compuestos solubles son asimilados directamente por la microbiota del compost y los insolubles, son degradados por exoenzimas hasta moléculas solubles que son posteriormente absorbidas por las células microbianas. Por lo tanto, mediante el estudio de los cambios bioquímicos a lo largo del compostaje en extractos en agua es posible deducir el estado de maduración del compost como lo expresa Jiménez (2008). En un compost maduro la mayoría de estas sustancias pasan a formar parte de los componentes húmicos que son más resistentes a la degradación según Defrieri (2005) y Rodríguez (2013).

En la Fig. 4 se muestra la disminución del carbono hidrosoluble (CHS) durante el compostaje, indicando en los primeros 60 días una gran disminución de las sustancias fácilmente biodegradables (azúcares, sustancias fenólicas, ácidos orgánicos, péptidos y otros compuestos). Se observa que a los 120 días el valor promedio registrado fue 0.31%, siendo inferior al 1,0% que es el valor límite máximo recomendado como indicador de la estabilidad de un compost según Mazzarino (2012).

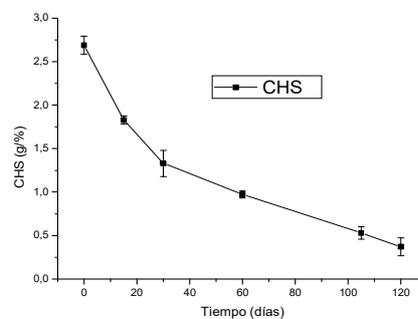


Figura 4. Variación del CHS en función del tiempo de compostaje.

En la figura 5, se observa una disminución en la variación del contenido de NT (de 2.1 a 1.7 %) durante los primeros 10 días del proceso de compostaje, manteniéndose luego a valores constantes durante todo el proceso. Esta disminución o pérdida de NT podría deberse a la inmovilización del nitrógeno por los microorganismos que atacan el carbono de los residuos, a la volatilización del nitrógeno en forma de amonio por partir de una relación C/N del material menor que 30/1 de acuerdo a Ekinci (2000) y Sikora (1999) o a la lixiviación de los

compuestos nitrogenados solubles como lo expresa Thomsen (2000) y Rodríguez (2013). Durante el compostaje ocurren pérdidas por volatilización del $N-NH_4^+$, relacionadas con temperaturas, velocidades de aireación y pH altos, y bajas relaciones de C/N según de Guardia (2008); Ogunwande (2011) y Tognetti (2007). Si bien el contenido de $N-NH_4^+$ ha ido disminuyendo durante los 120 días de compostaje (Fig. 5), su contenido final de 2015.2ppm es superior a 400ppm, valor límite máximo aconsejado como indicador de madurez según SENASA (2019). El aumento de la aireación incrementaría la disminución del contenido de $N-NH_4^+$, en Parkinson (2004) se propone aumentar la periodicidad de los volteos durante el compostaje a fin de optimizar la madurez y pérdida de toxicidad del compost obtenido. En la figura 5 se observa un aumento del contenido de $N-NO_3^-$ con el tiempo de compostaje, esto podría deberse a que las condiciones de pH, aireación y temperatura favorecían el crecimiento de las bacterias nitrificantes de acuerdo a Mazzarino (2012) y Tognetti (2007).

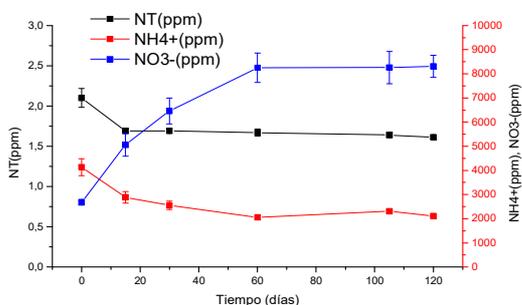


Figura 5. Variación de NT, NH_4^+ y NO_3^- en función del tiempo de compostaje.

9.3 Evolución de parámetros de madurez y estabilidad

La relación C/N es un indicador de la velocidad de descomposición de los residuos y de la pérdida de NH_4^+ durante el compostaje. La disminución del contenido de C durante el compostaje se debe a la mineralización de la MO, con la pérdida de C en forma de CO_2 y la formación de compuestos húmicos de acuerdo a Orden (2018).

La rápida mineralización de los compuestos ricos en carbono con la consecuente pérdida de masa y la posterior humificación, producen una disminución de la relación C/N a lo largo de todo

el proceso. Si el material final obtenido, tiene un valor C/N alto, podría indicar que no ha sufrido una descomposición completa y, si la relación es muy baja, puede ser por una excesiva mineralización, aunque todo ello depende de las características del material de partida como lo expresa Barreros Chiluisa (2017). La relación C/N menor que 20 no siempre se utiliza como indicador absoluto del estado de maduración, ya que este parámetro presenta una gran variabilidad dependiendo del sustrato original. Se pueden encontrar compost maduros con valores superiores a 20, en los que el C orgánico puede estar aún en forma de compuestos resistentes a la biodegradación, o bien compost inmaduros con valores inferiores a 15 debido a la riqueza relativa de N en el material original según Jiménez (2008). Puede ser considerada como una condición necesaria pero no suficiente para establecer el grado de madurez. En la figura 6 se observa que desde el inicio del proceso de compostaje la relación C/N fue menor que 20 lo que podría indicar un alto contenido de proteínas en los sustratos tratados.

Durante el proceso de compostaje, la relación C/N disminuyó hasta 9.90. A medida que el material se descompone se empobrece en C, la relación C/N disminuye hasta que ésta alcanza la relación C/N del tejido microbiano, la cual en promedio es cercano a 10/1 de acuerdo a Barreros Chiluisa (2017).

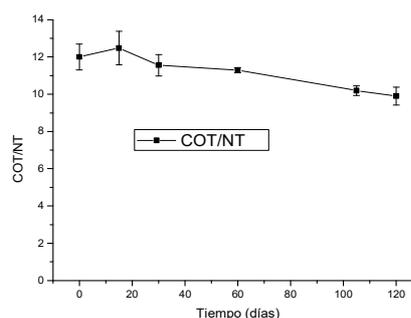


Figura 6. Variación de la relación COT/NT en función el tiempo de compostaje.

Durante el compostaje, a medida que la MO se va estabilizando la relación CHS/NT fue disminuyendo hasta alcanzar el valor de 0.17 (Fig. 7), inferior a 0.7, que es el límite máximo aconsejado por la reglamentación vigente como parámetro de estabilidad del compost, según SENASA (2019).

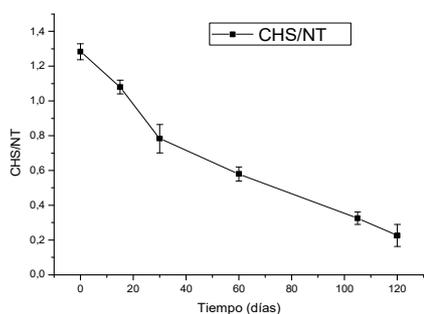


Figura 7. Variación de la relación CHS/NT en función del tiempo de compostaje.

La relación entre las velocidades de pérdida de NH_4^+ (amonificación) y del aumento de NO_3^- (nitrificación) se evaluó en función de la relación $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ de acuerdo a Rodríguez (2013). A medida que el proceso de compostaje avanza el contenido de NO_3^- aumenta hasta alcanzar valores superiores al de NH_4^+ , por lo que el valor de la relación $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ se hace más pequeño y consecuentemente es indicativo de un mayor grado de madurez del compost o de menor toxicidad como lo indica Rodríguez (2013). El valor alcanzado después de los 120 días (0.23) es inferior al límite máximo propuesto como parámetro de madurez (0.3) en la legislación vigente según SENASA (2019).

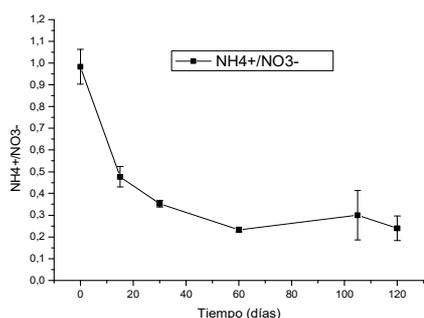


Figura 8. Variación de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en función del tiempo de compostaje.

Los RFH contienen diferentes macro y micros nutrientes, entre los que se encuentran el fósforo (P) y el potasio (K) que son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. El contenido de PT a los 120 días de compostaje mostrado en la Tabla 1, está formado por P orgánico y P inorgánico, siendo este último

producido mayoritariamente por la mineralización del P orgánico y es la forma asimilable por los cultivos y microorganismos. Su transformación a través de reacciones enzimáticas y la inmovilización en la biomasa juegan un papel fundamental en el ciclado del P según Albrecht (2010). Según Wei (2015) después de 23 días de compostaje, el P inorgánico es el componente principal del PT en la mayoría de las muestras de compost analizadas.

El K influye en el régimen hídrico de la planta, mejora e incrementa su tolerancia a las heladas, salinidad y sequías, disminuyendo posibles enfermedades de acuerdo a Oliva Vásquez (2019). En la Tabla 1 se muestra el contenido de KT en el compost a los 120 de compostaje.

El valor de la conductividad eléctrica CE está relacionado con el contenido de nitrógeno amoniacal y la disolución de sales minerales producidas durante la descomposición del residuo. Durante el compostaje, la CE fue disminuyendo hasta alcanzar a los 120 días (Tabla 1) un valor compatible con el desarrollo vegetal (<4mS/cm (Clase A), <6mS/cm (Clase B)) según SENASA (2019).

Tabla 1. Valores de CE, KT y PT a los 120 días de compostaje de RFH

CE (mS/cm)	KT (ppm)	PT (ppm)
0.7	8752	5249

10 CONCLUSIONES

Durante los primeros 60 días del proceso se observó una disminución promedio de los contenidos de: carbono orgánico (25,1 a 16%), materia orgánica (45,3 a 28,7%), carbono hidrosoluble (2,7 a 0,37%), nitrógeno total (2,10 a 1,61%), amonio (4137 a 2107ppm) y un aumento en el contenido de nitratos (4202 a 8710ppm). A los 120 días de compostaje se cuantificaron los valores de pH (8,0), conductividad eléctrica (0,7 ms/cm), nitrógeno (1,61%), carbono hidrosoluble CHS (0,37%), determinándose las relaciones CHS/NT promedio (0,23).

La mayoría de los valores alcanzados en los parámetros fisicoquímicos indicadores de calidad, estabilidad y madurez a los 120 días de proceso de compostaje, indicarían que el compost obtenido a partir de residuos del BASE presenta un grado de madurez y estabilidad apta para su uso agrícola.

A pesar de provenir de residuos frutihortícolas separados en origen sería conveniente determinar el contenido de elementos potencialmente tóxicos previo a su utilización en cultivos para alimentos. Compostar los RFH procedentes del BASE permitiría obtener compost para su utilización como enmienda o fertilizante para su valorización en el suelo y por los cultivos, disminuyendo el impacto ambiental negativo que generan estos residuos cuando su disposición final no es la adecuada, cumpliendo con los objetivos de la economía circular.

11 REFERENCIAS

- Albrecht, R., J.L. Petit, V. Calvert, G. Terrom y C. Périsol. Changes in the level of alkaline and acid phosphatase activities during green wastes and sewage sludge co-composting. *Bioresource Technology*, 101(1), 228–233. 2010.
- Arrigoni, J. P. Small-scale composting process optimization. Lugar de publicación: Repositorio digital UNC. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/4634>. Consultado el 9/10/2019.
- Barreros Chiluisa, E. I. Effect of the carbon/nitrogen ratio on the decomposition time of the guinea pig fertilizer (*Cavia porcellus*), enriched. Lugar de publicación: Repositorio digital Universidad Técnica de Ambato. http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23065/1/Tesis_t1117ec.pdf. Consultado el 10/10/2019.
- de Guardia, A., C. Petiot, D. Rogeau, y C. Druilhe. Influence of aeration rate on nitrogen dynamics during composting. *Waste Management*, 28(3), 575–587. 2008.
- Defrieri, R. L., M. P. Jimenez, D. Effron y M. Palma. Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. *Agriscientia*, 22(1), 25–31. 2005.
- Ekinci, K., H. M. Keener y D. L. Elwell. Composting short paper fiber with broiler litter and additives: Part I: Effects of initial pH and carbon/nitrogen ratio on ammonia emission. *Compost Science and Utilization*, 8(2), 160–172. 2000.
- Fundación Bco. del Alimentos de Sgo. del Estero. Food Bank of Santiago del Estero. <https://bancoalimentosde.org/>. Consultado el 8/10/2019.
- Jiménez, E. I., M.T.B. Silva y F. C. M. Egea. *Compostaje*, Mundi-Prensa, Madrid, 2008.
- Márquez, P. B., M.J. Díaz Blanco y C. Cabrera. *Compostaje*, Mundi-Prensa, Madrid, 2008.
- Mazzarino, M. J., P. Satti y L. Roselli. *Compostaje en la Argentina: experiencias de producción, calidad y uso*, Universidad Nacional de Río Negro-Orientación Gráfica Editora, Río Negro, 2012.
- Murphy, J. y J. P. Riley. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chemical Acta*, 27(C), 31–36. 1962.
- Ogunwande, G. A. y J. A. Osunade. Passive aeration composting of chicken litter: Effects of aeration pipe orientation and perforation size on losses of compost elements. *Journal of Environmental Management*, 92(1), 85–91. 2011.
- Oliva Vásquez, J. M. A. *Evaluation of the concentration of N, P, K of four substrates obtained by aerobic composting in the Province and Region of San Martín 2018*. Lugar de publicación: Repositorio digital de la Universidad César Vallejo. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30137>. Consultado el 9/10/2019.
- Orden, L. Evaluation of the organic solid waste composting process. Agronomic response of its use in an onion crop (*Allium cepa* L.). Lugar de publicación: Repositorio digital de la Universidad del Sur. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/5127>. Consultado el 8/10/2019.
- Parkinson R., P. Gibbs, S. Burchett, y T. Misselbrook. Effect of turning regime and seasonal weather conditions on nitrogen and phosphorus losses during aerobic composting of cattle manure. *Bioresour. Technol.*, vol. 91, pp. 171–178, 2004.
- Rodríguez, G. V. *Applied biotechnology and related costs in the treatment of solid waste from a feedlot*. Bachelor's thesis. Ed: Sánchez de Pinto, M.I. y Sarmiento, N., Tucumán-Argentina, 2013.
- Sánchez de Pinto, M. I., R. Umbides, P. Domínguez, A. Albanesi y A. Polo. *Compostaje en la Argentina: experiencias de producción, calidad y uso*. Editorial Orientación Gráfica-UNRN, Río negro, 2012.
- SENASA y Secretaria de Control y Monitoreo Ambiental. Resolución Conjunta 1/2019. Boletín Oficial de la Presidencia de la Nación. República Argentina: Marco Normativo para la Producción, Registro y Aplicación de Compost. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/p>

- rimera/207015/20190507*. Consultado el 9/10/2019.
- Sikora, L. J. Msw compost reduces nitrogen volatilization during dairy manure composting. *Compost Science and Utilization*, 7(4), 34–41. 1999.
- Thomsen I. K. C and N transformations in ¹⁵N cross-labelled solid ruminant manure during anaerobic and aerobic storage. *Bioresour. Technol.*, vol. 72, no. 3, pp. 267–274, 2000.
- Tognetti, C., Mazzarino, M. J., & Laos, F. Cocomposting biosolids and municipal organic waste: Effects of process management on stabilization and quality. *Biology and Fertility of Soils*, 43(4), 387–397. 2007.
- Wei, Y., Zhao, Y., Xi, B., Wei, Z., Li, X., Cao, Z. Changes in phosphorus fractions during organic wastes composting from different sources. *Bioresource Thechnology*. 189, 349-356. 2015.
- Yeomans, J. C., & Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19(13), 1467–1476. 1998.

Respuestas fisiológicas de *Pterogine nitens* Tul al herbicida glifosato

Silva, María C.¹; Ledesma, Ramón¹; Catán, Alejandra²; Targa, Gabriela²; Fraño, Alicia²; y Meloni, Diego A.²

(1) Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, Santiago del Estero.

mariacruz_silva@hotmail.com

(2) Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, Santiago del Estero.

alecatan@unse.edu.ar

RESUMEN: *Pterogine nitens* es una especie utilizada en repoblaciones forestales en el noroeste argentino. Debido a que se encuentra sometida a la deriva de herbicidas, es importante conocer el impacto del glifosato sobre la concentración de clorofilas, y nutrientes que intervienen en el proceso fotosintético. Este trabajo tuvo como objetivo determinar el impacto del glifosato sobre el índice de verdor, y las concentraciones de potasio y magnesio en *P. nitens*. Plantines de tipa colorada se pulverizaron con soluciones de glifosato de 0, 65, y 130 g ha⁻¹. Veinte días luego de la aplicación del herbicida se midió el índice de verdor, y cuantificaron las concentraciones de potasio y magnesio. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 repeticiones, y los resultados se analizaron con ANOVA y Test de Tukey. Las variables estudiadas no fueron afectadas por la dosis de 65 g ha⁻¹ de glifosato. La dosis de 130 g ha⁻¹, redujo en 10% el índice de verdor, y en 11 % y 23% las concentraciones de potasio y magnesio, con respecto al control, respectivamente. Se concluye que dosis de 130 g ha⁻¹ de glifosato disminuye el índice de verdor, y produce deficiencias de potasio y magnesio en tipa colorada.

ABSTRACT: The *Pterogine nitens* is a species utilized for forest restocking in the Argentine Northwest. Since it is subjected to the drift of herbicides, knowing the impact of glyphosate upon chlorophyll and nutrient concentrations involved in the photosynthetic process becomes important. This work was aimed at determining the impact of glyphosate on the greenness index and the potassium and magnesium concentrations in *P. nitens*. Seedlings of red Tipa were pulverized with 0.65 and 130 g ha⁻¹ glyphosate solutions and twenty days later their greenness indices were measured, and their potassium and magnesium concentrations quantified. A completely randomized experimental design with four replicates was used and the results analyzed using ANOVA and the Tukey test. The variables studied were not affected by the 0.65g ha⁻¹ dose of glyphosate dose. That of 130 g ha⁻¹ reduced 10% of the greenness index and 11% and 23% of potassium and magnesium respectively concentrations with regard to the blank. It is concluded that the 130 g ha⁻¹ dose of glyphosate diminishes the greenness index and produces potassium and magnesium deficiencies in red Tipa.

Palabras claves: herbicidas, potasio, magnesio, fisiología vegetal.

Keywords: herbicides, potassium, magnesium, plant physiology.

1. INTRODUCCIÓN

Tipa colorada (*Pterogyne nitens* Tul.) es una especie nativa de Argentina, Paraguay, Bolivia y Brasil, que puede alcanzar 25 m de altura, y 90 cm de diámetro. Posee madera semidura, muy resistente a la flexión, por lo que es apta para trabajos de curvado. Se la utiliza para la construcción de muebles de estilo, particularmente sillas (Espíndola et al., 2018). Es considerada una especie pionera, y suele utilizarse en programas de repoblación en el noroeste argentino (Pece et al., 2010). En esta región suele estar sometida a la deriva de herbicidas utilizados en los cultivos de áreas circundantes, particularmente glifosato.

El glifosato es un herbicida sistémico, no residual, no selectivo, y posee un perfil de toxicidad aceptable. Es fácilmente transportado desde las hojas hasta los tejidos meristemáticos. Actúa inhibiendo la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS), responsable de la síntesis del corismato, un intermediario en la ruta del ácido shikímico, que conduce a la síntesis de aminoácidos aromáticos (Alcántara de la Cruz et al., 2016). El glifosato posee una vida media corta, y es convertido en ácido aminometilfosfónico (AMPA) en los tejidos vegetales, y el suelo debido a la acción de los microorganismos (Gomes et al., 2014).

El nivel de sensibilidad a este herbicida varía entre las especies. Se han identificado especies resistentes al glifosato, que manifiestan una disminución en la absorción y/o traslocación del herbicida, secuestro en vacuolas, metabolismo del principio activo (Cruz Hipólito et al., 2009; Sammons y Gaines, 2014); de este modo menos herbicida llega al sitio de acción. El glifosato puede ser metabolizado enzimáticamente a otros compuestos no tóxicos, tales como glioxilato, sarcosina y aminometil fosfonato (Sammons y Gaines, 2014). También se ha detectado la degradación del glifosato a compuestos no tóxicos (Cruz Hipólito et al., 2009; Alarcón Reverte et al., 2013; Sammons y Gaines, 2014). Otro mecanismo de tolerancia está dado por la pérdida de afinidad entre la proteína (EPSPS) y el herbicida, sobreexpresión de esta proteína, y mutaciones espontáneas que ocurren aleatoriamente (González-Torralva et al., 2014; Sammons y Gaines, 2014; Yu et al., 2015).

Si bien se conoce el mecanismo de acción del glifosato, no existe consenso sobre las respuestas

fisiológicas que conduce a la muerte de las plantas. En algunas especies se ha mencionado alteraciones en la fotosíntesis y en la nutrición mineral, pero existen muchas discrepancias (Radwin y Favez, 2016). Así mismo, el glifosato no produce cambios en la composición mineral de cultivares de soja resistentes a este herbicida (Zobiolo et al. 2011). Se desconoce el nivel de sensibilidad al glifosato en tipa colorada, y las respuestas fisiológicas de dicha especie sometida a la deriva del herbicida.

Este trabajo tuvo como objetivo determinar el impacto del glifosato sobre el índice de verdor, y las concentraciones de magnesio y potasio (nutrientes involucrados en el proceso fotosintético), en tipa colorada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material Vegetal. Se realizaron ensayos con plantines *P. nitens* de un año de edad, crecidos en macetas plásticas, conteniendo suelo franco, y fertilizadas con N-P-K (20:5:2. Se trabajó con 12 plantas en total, una por maceta, las cuales se dispusieron en invernáculo, recibiendo irrigación manual diaria, para asegurar adecuada disponibilidad de agua.

Las plantas se pulverizaron con 0, 65 y 130 g ha¹ de glifosato (Rodríguez et al. (2017). Diariamente se hicieron observaciones de síntomas de toxicidad en hojas. Veinte días después de la aplicación del herbicida, se realizaron mediciones de índice de verdor, mediante el uso de un clorofilómetro portátil, y se tomaron muestras de hojas, que se secaron hasta peso constante, en estufa de ventilación forzada, para el análisis de iones.

2.2. Análisis de iones. Las hojas se lavaron con agua destilada, se secaron en estufa de ventilación forzada, 60°C, hasta peso constante, y se molieron en molino tipo Wiley. Muestras de 50 mg de material así obtenido, se digirieron en 5 ml de HNO₃ y en 3 ml de HClO₄, para luego determinar las concentraciones de potasio mediante fotometría de llama, y magnesio a través de espectrometría de masas (Malavolta et al., 1989).

2.3. Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 5 repeticiones, y los datos se analizaron con ANOVA y test de Tukey.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dosis de 65 g ha⁻¹ de glifosato no alteró los valores de índice de verdor, sin embargo 130 g ha⁻¹ de glifosato redujeron en 10% esta variable (Figura 1).

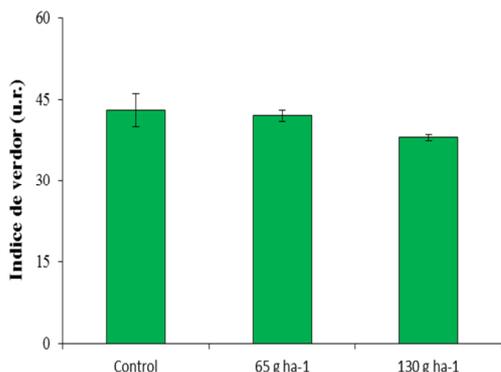


Figura 1. Índice de verdor en plantines de *T. nitens* pulverizados con dosis crecientes de glifosato. Letras diferentes indican diferencias significativas por el Test de Tukey al 5%.

Algunos estudios han demostrado una disminución en la concentración de pigmentos fotosintéticos, luego de la aplicación de glifosato, debido a la inhibición de su síntesis o la degradación (Huang et al. 2012). Este herbicida puede inhibir la síntesis de ácido δ -aminolevulínico, un compuesto que interviene en la síntesis de clorofilas y citocromos (Gomes et al. 2014). Dicha inhibición puede ser debido a la menor disponibilidad de magnesio, ya que el glifosato actúa como quelante de cationes (Cakmak et al. 2009). La inhibición en la síntesis de clorofila también puede deberse a una menor concentración de glicina y glutamato, necesarios para la síntesis del ácido δ -aminolevulínico (Serra et al. 2013). La degradación puede ser debido a la acumulación de especies reactivas de oxígeno, que producen estrés oxidativo (Radwan and Fayez, 2016). La reducción en el contenido de clorofila puede ser un buen indicador para monitorear el daño producido por herbicidas sobre el crecimiento y desarrollo (Yin et al. 2008).

La dosis de 65 g ha⁻¹ de glifosato no afectó la concentración de potasio, sin embargo, la dosis de 130 g ha⁻¹ de glifosato produjo una disminución de 11% en la concentración de este catión (Figura 2).

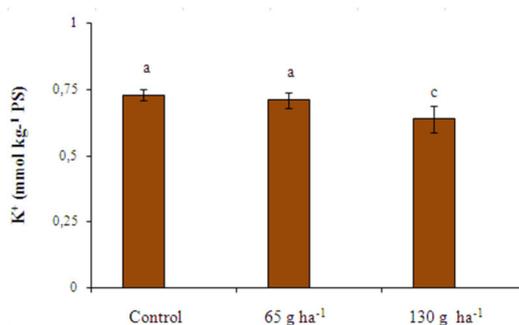


Figura 2. Concentración de potasio en plantines de *T. nitens* pulverizados con dosis crecientes de glifosato. Letras diferentes indican diferencias significativas por el Test de Tukey al 5%.

El efecto del glifosato sobre la nutrición mineral no ha sido estudiado profundamente, y existen resultados contradictorios. El glifosato no produjo cambios en la composición mineral de cultivares de soja resistentes a este herbicida (Zobiolo et al. 2011). Sin embargo, el glifosato fue patentado como un quelante de metales, por lo que puede afectar la nutrición mineral de las plantas (Gomes et al. 2014). El glifosato puede alterar la absorción de nutrientes, o inmovilizarlos (Cakmak et al. 2009). La acumulación del glifosato en los tejidos vegetales puede disminuir la concentración de nutrientes esenciales, produciendo deficiencias minerales (Cakmak et al. 2009). Los grupos fosfonato y carboxilo del glifosato se ligan a cationes divalentes, inmovilizándolos en tejidos vegetales (Zobiolo et al. 2011). Reportaron una disminución significativa en macronutrientes y micronutrientes en hojas de soja tratadas con glifosato. El efecto fue más acentuado sobre el magnesio, en comparación con el potasio. También se han relacionado las deficiencias minerales producidas por el glifosato, con una inhibición en el crecimiento de raíces de soja (Zobiolo et al. 2012).

El potasio es cofactor de muchas enzimas, y también está involucrado en el mecanismo de apertura y cierre estomático. De esta manera una disminución en las concentraciones de potasio puede reducir la conductancia estomática, y por ende la tasa fotosintética (Radwan y Fayez, 2016).

La dosis de 65 g ha⁻¹ no afectó la concentración de magnesio, pero la mayor dosis redujo dichas concentraciones en 23% (Figura 3).

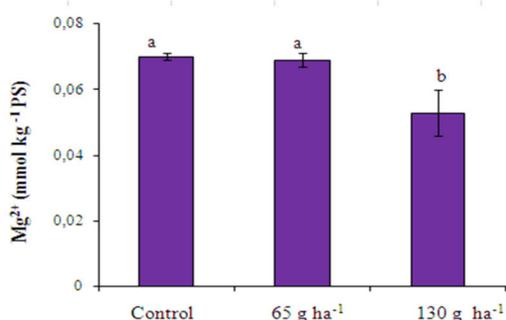


Figura 3. Concentración de magnesio en plantines de *T. nitens* pulverizados con dosis crecientes de glifosato. Letras diferentes indican diferencias significativas por el Test de Tukey al 5%.

La disminución en la concentración de magnesio, coincide con la disminución en el índice de verdor (Figura 1), lo que sugiere que la deficiencia en este catión inhibió la síntesis de este pigmento.

4. CONCLUSIONES

Se concluye que dosis de 130 g ha⁻¹ de glifosato disminuye el índice de verdor, y produce deficiencias de potasio y magnesio.

5. REFERENCIAS

Alarcón-Reverte, R.; García, A.; Urzúa, J.; Fischer, A.J. (2013). Resistance to glyphosate in junglerice (*Echinochloa colona*) from California. *Weed Sci.*, 61: 48-54.

Alcántara de la Cruz AR, Barro F, Valenzuela DJA (2016) Physiological, morphological and biochemical studies of glyphosate tolerance in Mexican *Cologania* (*Cologania broussonetii* (Balb.) DC.). *Plant Physiol Biochem* 98:72-80

Cakmak I, Yazici A, Tutus Y, Ozturk L. (2009) Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium, and iron in nonglyphosate resistant soybean. *European Journal of Agronomy* 31: 114–119.

Cruz-Hipólito, H.E.; Osuna, M.D.; Heredia, A.; Ruiz-Santaella, J.P.; De Prado, R. (2009) Nontarget mechanisms involved in glyphosate tolerance found in *Canavalia ensiformis* plants. *J. Agr. Food Chem.* 57, 4844-4848.

Espíndola, Y.; Romero, L.; Ruiz Díaz, R.; Luna, C. (2018). Influencia de las condiciones de

incubación sobre la germinación de semillas de diferentes individuos de *Pterogyne nitens*. *Quebracho*, 26:5-17.

Gomes MP, Smedbol E, Chalifour A, Hénault-Ethier L, Labrecque M, Lepage LG, Lucotte M, Juneau P (2014) Alteration of plant physiology by glyphosate and its by-product aminomethylphosphonic acid: an overview. *J Exp Bot* 65: 4691-4703.

González-Torralva, F.; Gil-Humanes, J.; Barro, F.; Domínguez-Valenzuela, J.A.; De Prado, R. (2014). First evidence for a target site mutation in the EPSPS2 gene in glyphosate-resistant Sumatran fleabane from citrus orchards. *Agron. Sustain. Dev.*, 34: 553-560.

Huang J, Silva EN, Shen Z, Jiang B, Lu H. (2012). Effects of glyphosate on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and physicochemical properties of cogongrass (*Imperata cylindrical* L.). *Plant Omics Journal* 5: 177–183.

Malavolta E, Vitti G, Oliveira S (1989) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. São Paulo 201 p.

Pece, M.; Gaillard, C; Acosta, M.; Bruno, C.; Saavedra, S. (2010). Tratamientos pregerminativos en *Pterogyne nitens* Tul. *Foresta Veracruzana*, 12:17-25.

Radwan, D.E.M.; Fayez, K.A. (2016). Photosynthesis, antioxidant status and gas-exchange are altered by glyphosate application in peanut leaves. *Photosynthetica*, 54:307-316.

Rodríguez, C.; Carvalho, P; Muora, F.; Crespo, N. 2017. Deriva de glifosato em plantações de *Eucalytus camaldulensis* na provincia de Buenos Aires, Argentina. *Actas del XVI Congresso Brasileiro de Fisiología Vegetal*, São Pedro, Brasil.

Sammons, R.D.; Gaines, T.A. (2014). Glyphosate resistance: state of knowledge. *Pest. Manag. Sci.*, 70: 1367-1377.

Serra A, Nuttens A, Larvor V, Renault D, Couée I, Sulmon C, Gouesbet G (2013) Low environmentally relevant levels of bioactive xenobiotics and associated degradation products cause cryptic perturbations of metabolism and molecular stress responses in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany* 64: 2753–2766.

Yin XL, Jiang L, Song NH, Yang H (2008) Toxic reactivity of wheat (*Triticum aestivum*) plants to herbicide isoproturon. *J. Agric. Food Chem.* 56: 4825-4831.

- Yu, Q.; Jalaludin, A.; Han, H.; Chen, M.; Sammons, R.D.; Powles, S.B. (2015). Evolution of a double amino acid substitution in the 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase in Eleusine indica conferring high-level glyphosate resistance. *Plant Physiol.*, 167:1440-1447.
- Zobiole LHS, Kremer RJ, Oliveira Jr. RS, Constantin J, Oliveira RS (2011). Glyphosate affects chlorophyll, nodulation and nutrient accumulation of “second generation” glyphosate-resistant soybean (*Glycine max L.*). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 99: 53–60.
- Zobiole LHS, Kremer RJ, de Oliveira Jr. RS, Constantin J (2012) Glyphosate effects on photosynthesis, nutrient accumulation, and nodulation in glyphosate-resistant soybean. *Journal of Plant.*

Enfoque multidisciplinar para la investigación en el campo disciplinar Interacción Persona Computador

Sosa Mabel¹ y Velázquez Isabel¹

(1) Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

litasosa@unse.edu.ar; kereyes@unse.edu.ar

RESUMEN: En este trabajo se exponen los resultados de un programa de investigación sobre tecnologías informáticas aplicadas al campo de la educación. El programa trata dos líneas de trabajo abordadas en proyectos que se desarrollan en paralelo con el objetivo de favorecer la retroalimentación de los resultados desde un enfoque multidisciplinar. La preocupación común es abordar la articulación entre el lenguaje humano y el lenguaje máquina desde una perspectiva epistemológica y cultural para construir un marco conceptual y referencial que fundamente la toma de decisiones a nivel técnico en el ámbito disciplinar "Interacción Persona Computador". La investigación pretende superar un enfoque exclusivamente técnico, mediante el estudio de la simbiosis de los aspectos humanos y técnicos que favorezca la construcción de interfaces orientadas a potenciar la creatividad y criticidad como capacidades exclusivamente humanas. Específicamente, se proponen métodos e instrumentos que guíen el diseño, desarrollo y la evaluación de interfaz de usuario, siguiendo criterios de usabilidad y efectividad que permitan la innovación en ámbitos educativos. Por tanto se requiere indagar los aspectos humanos, neurobiológicos, psicológicos, sociales y culturales y aspectos técnicos tales como la usabilidad y accesibilidad, que intervienen en el comportamiento de las personas cuando trabajan y estudian haciendo uso del computador.

ABSTRACT: *In this paper, we describe the results of a research program on information technologies applied to the field of education. The program addresses two lines of work addressed in previous projects that are being developed in parallel with the goal of encouraging the feedback of results from a multidisciplinary approach. The common concern is to address the articulation between human language and machine language from an epistemological and cultural perspective to build a conceptual and referential framework to support decision-making at the technical level in the discipline of "Person-Computer Interaction". The research aims to overcome an exclusively technical approach, through the study of the symbiosis of human and technical aspects that favors the construction of interfaces designed to promote creativity and criticality as exclusively human capabilities. Specifically, we propose methods and instruments that guide the design, development, and evaluation of user interface, following criteria of usability and effectiveness to enable innovation in educational contexts. Therefore, it is required to investigate various human aspects as neurobiological, psychological, social and cultural aspects, and also technical aspects such as the usability and accessibility involved in the behavior of people when working and studying with the aid of the computer.*

Palabras claves: investigación - enfoque multidisciplinar - Interacción Persona Computador

Keywords: research - multidisciplinary approach - Person Computer Interaction

12 INTRODUCCIÓN

En este trabajo se exponen los resultados de un programa de investigación sobre tecnologías informáticas aplicadas al campo de la educación, realizado desde un enfoque multidisciplinar. Se

destaca la visión y avance de la investigación a través del aporte de conocimientos de disciplinas de distinta naturaleza, como enfoque adecuado para dar respuestas a los interrogantes que surgen de cada una de las disciplinas, en el marco de una compleja sociedad del conocimiento. Se combinan conocimientos y métodos distintos para

estudiar un fenómeno que requiere de perspectivas diferentes, a través de la interacción coordinada de los miembros de un equipo de trabajo multidisciplinario, que aborda la realidad desde dimensiones y niveles diferentes, lo que representa un reto en el ámbito de la investigación.

El programa trata dos líneas de trabajo planteadas en dos proyectos identificados como A y B, que se desarrollan en paralelo con el objetivo de favorecer la retroalimentación de los resultados desde un enfoque multidisciplinario. La preocupación común es abordar la articulación entre el lenguaje humano y el lenguaje máquina desde una perspectiva epistemológica y cultural para construir un marco conceptual y referencial que fundamente la toma de decisiones a nivel técnico en el ámbito disciplinar “Interacción Persona Computador”. La investigación pretende superar un enfoque exclusivamente técnico, mediante el estudio de aspectos de naturaleza diferentes como los humanos y los técnicos, pero que se integran mutuamente en un medio conocido como interfaz, cuya construcción debe orientarse a potenciar la creatividad y criticidad como capacidades exclusivamente humanas.

Concretamente desde el proyecto A, centrado en aspectos técnicos, se proponen métodos e instrumentos que guíen el diseño, desarrollo y la evaluación de interfaces de usuario, siguiendo un enfoque de Diseño Centrado en el Usuario, criterios de usabilidad y efectividad que permitan la innovación en ámbitos educativos. Para lograrlo, se requiere indagar los aspectos humanos, neurobiológicos, psicológicos, sociales y culturales que intervienen en el comportamiento de las personas cuando trabajan y estudian haciendo uso del computador, aspectos que son analizados desde el proyecto B, centrado en las Ciencias de la Educación (CE).

El enfoque aplicado ha favorecido el aprendizaje del equipo de trabajo multidisciplinario de diferente formación y experiencia profesional, pero que se complementan, en la búsqueda de resolver problemas complejos y lograr un objetivo común, Velazquez, Digión y Budán (2016). Cada uno de los integrantes desempeña un rol, pero a la vez trabajan en conjunto, enriqueciéndose de los conocimientos y experiencias de los demás, bajo la dirección de un coordinador, para abordar el problema de manera más efectiva.

El trabajo se organiza de la siguiente manera, luego de esta introducción, en la sección 2, se

presenta el marco referencial, el cual incluye la conceptualización del enfoque multidisciplinario aplicado, luego se describen los dos campos disciplinares abordados, *Interacción Persona-Computador* y *Ciencias de la Educación*. En la sección 3, se expone la propuesta de investigación multidisciplinario, el programa, los proyectos incluidos, las estrategias aplicadas y los resultados logrados. Finalmente se mencionan las conclusiones.

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Enfoque multidisciplinario: conceptualización

En RAE, *multidisciplinario* indica “lo que abarca o afecta varias disciplinas”. Es decir, el enfoque multidisciplinario involucra el conocimiento de distintas disciplinas, cada una aportando desde su espacio al tema en cuestión. Una aproximación multidisciplinario implica tomar apropiadamente aspectos de múltiples disciplinas académicas para redefinir problemas fuera de las fronteras habituales y lograr soluciones basadas en un nuevo enfoque de situaciones complejas.

Henao Villa, et al. (2017) menciona diferentes conceptos que desde 1975 aparecen en los diccionarios:

- “*Compuesto o hecho de varias franjas especializadas del conocimiento, en la búsqueda de un objetivo común*” (The Random House College Dictionary, 1975),
- “*Surge de combinar varias usualmente separadas franjas del conocimiento o campos de experticia*” (The Random House College Dictionary, 1997),
- “*Envuelve varias disciplinas académicas o especializaciones profesionales*” (Compact Oxford English Dictionary, 2005).
- “*Grupo de investigación compuesto por individuos de diferentes disciplinas que trabajan juntos en un problema en común, pero con interacción limitada*” (Grosman, 1979),
- “*Trae conocimiento de diferentes disciplinas pero permanece en las fronteras de éstos campos*” (Natural Sciences and Engineering Research Council of Canadá - NSERC, 2004),
- “*Una combinación de varias disciplinas en la búsqueda de un objetivo, no necesariamente trabajando de forma integrada o coordinada*” (International Rice Research Institute, 2005).

En las conceptualizaciones se observa: a) elementos que se reiteran en varias disciplinas con un objetivo en común; b) independencia metodológica, conceptual y epistemológica, desde la perspectiva e interés del conocimiento; y c) un interés técnico sin que medie la subjetividad.

El enfoque multidisciplinario no se preocupa tanto por la comprensión integral de las últimas causas, como en la interdisciplinariedad, sino que se refiere a la cooperación entre varias disciplinas científicas para analizar y comprender una problemática determinada.

Se diferencia del enfoque interdisciplinario y transdisciplinario. El primero, normalmente está vinculado a la generación de nuevas disciplinas, desde la perspectiva e interés del conocimiento. Se relaciona con la intersección entre el interés técnico y el interés práctico. Y el segundo, es una forma específica de interdisciplinariedad en la que los límites entre y más allá de las disciplinas trasciende el conocimiento y se integran las perspectivas desde diferentes disciplinas científicas así como desde fuentes no científicas, Flinterman, Teclemariam Mesbah, & Broerse citados en (Hena Villa et. al., 2017). La multidisciplinariedad es un elemento clave para la creatividad y la innovación, así como un requisito para la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad.

Azocar (2013), se refiere a la multidisciplinariedad como la búsqueda del conocimiento, interés o desarrollo de habilidades en múltiples campos. Es algo natural, común y que ocurre con cierta frecuencia. Para que sea aprovechada se debe lograr conectar los saberes y valores de dichos campos.

El enfoque multidisciplinario aplicado en la investigación implica esfuerzos de análisis realizados por académicos de diversas disciplinas que trabajan juntos en distintas etapas de un proyecto, tienen interrogantes diferentes, pero los resultados se pueden utilizar para lograr una meta científica en común.

2.2 *Disciplina interacción persona –computador*

La Interacción Persona-Computador (IPC), en inglés conocida como *Human Computer Interaction* (HCI), es un área de la informática. La ACM (*Association for Computing Machinery*) la define como la disciplina relacionada con el diseño, la evaluación y la implementación de

sistemas interactivos para el uso de seres humanos y el estudio de los fenómenos más importantes con los que está relacionado. (Abascal, 2002; Dix, 2004; Mayhew 1999). La disciplina de la IPC se encarga de estudiar todo lo referente al hardware, el software y al efecto de ambos dentro de la interacción, los modelos mentales de los usuarios frente al sistema con el cual interactúan, las tareas que desempeña el sistema y su adaptación a necesidades de los destinatarios, el diseño dirigido y centrado en los usuarios, no en la computadora, así como, el impacto organizacional. Destacando que la importancia radica en todo lo concerniente al proceso de *sociabilización de la computación* de acuerdo a Arteaga et al. (2014).

Concretamente, dentro de esta disciplina científica se desarrollan interfaces para sistemas interactivos entre humanos y máquinas. Los objetivos específicos de la IPC son desarrollar o mejorar la seguridad, utilidad, efectividad, eficiencia y usabilidad de los sistemas interactivos. Cuando se habla de sistemas interactivos no se hace referencia sólo al hardware y al software, sino también a todo el entorno físico, social y cultural involucrado en la interacción. Para desarrollar sistemas interactivos de calidad, es decir, con interacciones eficientes, efectivas y seguras, tanto a nivel individual como grupal, se necesita comprender no sólo los aspectos tecnológicos, sino también los factores psicológicos, ergonómicos, organizativos y sociales, que explican cómo las personas trabajan y estudian haciendo uso de las computadoras.

2.3 *Disciplina Ciencias de la Educación*

Acorde al planteo multidimensional del trabajo que se describe, se asume el fenómeno educativo desde su complejidad considerando su especificidad (solo tiene lugar en el Hombre), su temporalidad (ocurre durante toda la vida de las personas y de las sociedades), dialéctica (proceso continuo y permanente de auto y hetero educación) y su capacidad de cambio. De estas particularidades, se desprende la exigencia de su abordaje desde una concepción constructivista de ciencia definida como “una estructura de orden cíclico e irreductible a toda forma lineal”, que recubre cuatro grandes conjuntos o niveles, en cada uno de los cuales, las disciplinas se relacionan entre sí de manera diferente.

En Pérez Gómez (1978), Piaget plantea en la agrupación de las ciencias en cuatro grandes

grupos: ciencias lógico-matemáticas, ciencias-físicas, ciencias biológicas y ciencias psico-sociológicas y ubica a las Ciencias de la Educación en el intersticio de los cuatro conjuntos de ciencias, definiéndolas como “un sistema abierto de comunicación”.

Desde este punto de vista, las Ciencias de la Educación constituyen un conjunto de disciplinas interesadas en el estudio científico de los distintos aspectos de la educación en sociedades y culturas determinadas. Ellas estudian, describen, analizan, explican, comprenden y comparan el fenómeno educativo en sus múltiples aspectos.

En palabras de Pérez Gómez, “Las Ciencias de la Educación cumplen, al mismo tiempo, una función de innovación, de creación, de provocación de nuevas situaciones y nuevas relaciones entre los elementos de cualquier estructuración real” (Pérez Gómez, 1978, p. 107). Las Ciencias de la Educación son pues el marco conceptual y referencial apropiado para el estudio de las posibilidades de compatibilizar el lenguaje humano y el lenguaje de máquina mediante la Interfaz de Usuario (IU). La IU es el espacio de interacción entre persona y computador, donde los mecanismos de comunicación hombre-máquina deben orientarse a promover criticidad y creatividad en las personas. Dicho marco de referencia permitiría una aproximación comprensiva, fenomenológica capaz de aprovechar los más diversos métodos y procedimientos de conocimientos desde la intuición, introspección a la deducción, experiencia personal, sentimiento, contraste de opiniones, etc., García (2006).

3 PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINAR

El programa de Investigación propuesto denominado *Herramientas Conceptuales, Metodológicas y Técnicas de la Informática Teórica y Aplicada*, actualmente está en ejecución en el Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información (IISI), de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, en la Universidad Nacional de Santiago del Estero. En este programa se extrapolan los conceptos Informáticos de colaboración y cooperación para dotarlo de competencias multidisciplinares que favorezcan la re-creación y elaboración de productos conceptuales, metodológicos y técnicos

en el ámbito de la disciplina Interacción Persona Computador.

Es así que, la actividad de investigación se propone constituirse como resultado concreto del trabajo sostenido de investigadores, docentes, adscriptos y alumnos con antecedentes en proyectos acreditados y solventados por el Consejo de Investigaciones Científico y Tecnológico (CICYT) de la UNSE desde hace varios años.

Si bien se rescata e integra el estado del arte, sobre todo en los trabajos desarrollados en IISI, en esta ocasión se plantea la continuidad de las propuestas de trabajo anteriores mientras se complejiza el tratamiento de la Interacción Persona Computador al integrar temas humanos y culturales que tiendan al logro de una “simbiosis” entre el lenguaje-humano y el lenguaje-máquina mediante la construcción de interfaces que favorezcan la comunicación hombre-máquina, que faciliten el proceso de aprendizaje y que promuevan la creatividad y criticidad como factores sociocognitivos que crean Zonas de *Desarrollo Próximo (ZDP)* en las personas para hacer frente a la creciente complejidad de la sociedad del siglo XXI, entendiéndose ZDP como las habilidades que una persona es capaz de realizar con asistencia e interacción con los pares, concepto creado por Lev Vygotsky.

La preocupación común es comprender la necesaria y pertinente articulación entre el lenguaje humano y el lenguaje máquina desde una perspectiva epistemológica, humana y cultural que permita construir un marco conceptual y referencial que fundamenten la toma de decisiones a nivel técnico. Esta investigación se interesa, por hacer visible a través del enfoque multidisciplinar, una dimensión que la técnica ha considerado de manera limitada y fragmentada y que se pretende asumir mediante una metodología cuali-cuantitativa, que indague categorías que lo alejen de un análisis sesgado. El trabajo de cada equipo implica la selección y ampliación, en función de los problemas particulares, de los recursos teóricos y metodológicos apropiados para indagar el corpus de análisis.

Los objetivos generales planteados en el programa son:

- a) Desarrollar una propuesta tecnológica innovadora mediada por la gestión del conocimiento que profundice sobre los aspectos de Interacción Persona-Computador relacionados con el desarrollo de

competencias sociales y culturales, en entornos de trabajo colaborativos, distribuidos, usables y efectivos.

- b) Lograr la integración de recursos de información, humanos, informáticos y telemáticos en una estrategia de alcance organizacional que conduzca a la generación de ventajas competitivas en el área académica, mediante un modelo integrado de gestión.

Con la finalidad de alcanzar los objetivos mencionados, el programa incluye dos proyectos que identificados en este trabajo como A y B, cada uno de ellos centrados en las disciplinas Interacción Persona Computador y Ciencias de la Educación respectivamente.

• Descripción del Proyecto A

Los sistemas, aplicaciones y recursos informáticos orientados al campo de la educación, posibilitan la creación de nuevos escenarios educativos interactivos y colaborativos. Cada recurso o aplicación, con sus características particulares y potencialidades, propician nuevas formas de interacción y retroalimentación, nuevos modos de representación del conocimiento, orientados a acceder, compartir e integrar conocimientos y recursos a través de la web. A la vez, estos recursos y entornos de trabajo y de aprendizaje, están al alcance de personas de diferentes contextos geográficos, sociales y culturales, y en muchos casos están abiertos a la interacción entre los participantes. Las interacciones son realizadas a través de un medio, la "Interfaz". La idea fundamental en el concepto de interfaz es la de mediación, entre hombre y máquina. La interfaz es lo que 'media', lo que facilita la comunicación, la interacción, entre dos sistemas de diferente naturaleza, típicamente: el ser humano y una máquina como el computador. Esto implica, además, un sistema de traducción, ya que los dos 'hablan' lenguajes diferentes: verbo-icónico en el caso del hombre y binario en el caso del computador.

En este sentido, en la construcción de las aplicaciones informáticas interactivas, en especial las orientadas a la educación es primordial considerar al usuario, es decir, se hace necesario no sólo tener en cuenta los requisitos del sistema, desde el punto de vista informático, sino también las necesidades concretas del usuario para que pueda utilizar, fácil y fructíferamente las aplicaciones informáticas.

Se pretende identificar factores singulares del usuario que inciden en el diseño de una interfaz, enfatizando los aspectos cognitivos, ya que el diseño de sistemas 'usables' exige conocer y entender muy bien al usuario y al contexto en el que se desenvuelve. Específicamente, los objetivos del proyecto son realizar propuestas para desarrollar o mejorar la efectividad, eficiencia y usabilidad de los sistemas interactivos de tipo CSCW (Computer Support Cooperative Work, o Trabajo Cooperativo Soportado por Computador), teniendo en cuenta el entorno físico, social y cultural involucrado en la interacción. Por lo tanto, se requiere comprender aspectos humanos (psicológicos, organizativos, sociales y culturales), que determinan cómo trabaja la gente y cómo hace uso de las computadoras y también la influencia del avance de las tecnologías en estos sistemas.

A partir de lo expuesto, se proponen métodos e instrumentos que guíen el diseño, desarrollo y la evaluación de interfaz, siguiendo el enfoque de Diseño Centrado en el Usuario, criterios de Usabilidad y Satisfacción de Usuario, que permita la innovación en ámbitos educativos.

• Descripción del Proyecto B

En la primera década del siglo XXI el hombre asiste a una verdadera transformación de la sociedad humana, en la que se destaca la progresiva difuminación de la frontera entre lo natural y lo artificial, lo real y lo virtual, lo material y lo inmaterial. Este fenómeno sociocultural provocado por las tecnologías emergentes dan lugar a distintos interrogantes: *¿Qué incidencia tiene la construcción de interfaces que median entre el hombre y la máquina en la aparición de este fenómeno? ¿Existe vinculación entre la criticidad y la creatividad como atributos del pensamiento humano y la usabilidad como propiedad de las interfaces? ¿Qué aspectos técnicos promueven la creatividad y criticidad en Ambientes Colaborativos y distribuidos? ¿Puede la Gestión de Conocimientos constituirse en una herramienta conceptual y técnica capaz de dotar de usabilidad a Ambientes Colaborativos y distribuidos?*

Como se menciona en el proyecto A, la disciplina IPC se centra en la interacción entre uno o más seres humanos y uno o más computadores. La interacción se realiza a través de una interfaz. La interfaz es un 'medio' que refleja las propiedades

físicas de los que interactúan, las funciones a realizar y el equilibrio de poder y control, según lo expresan Lorés, Granoller y Lana (2003). Es el punto en el que la persona y el computador se ponen en contacto, transmitiéndose mutuamente tanto información, órdenes y datos como sensaciones, intuiciones y nuevas formas de ver las cosas. La interfaz forma parte de un entorno cultural, físico y social, cuyos aspectos deben ser considerados en su diseño. Para ello es necesaria la intervención de otras disciplinas, además de la informática, como por ejemplo la psicología cognitiva, la sociología, la ergonomía, la etnografía, enfocadas desde las Ciencias de la Educación. Es en este escenario y ante estos interrogantes en el que, la IPC logra relevancia como disciplina relacionada con el diseño, la evaluación, y la implementación de aplicaciones informáticas para ser usadas por los seres humanos en ambientes públicos, y privados.

Si partimos de que, la interfaz es el elemento que facilita la comunicación, la interacción entre dos sistemas de diferente naturaleza como son, el ser humano y la máquina entonces surgen una nueva pregunta, la que conduce inicialmente esta investigación, *¿Qué y cómo inciden aspectos humanos tales como, los sociales, cognitivos, culturales en la usabilidad de las interfaces?* Si asumimos que la propiedad de “usabilidad” exige conocer y entender al usuario y al contexto en el que se desenvuelve superando las diferencias en cuanto a lenguajes diferentes (verbo-icónico en el caso del ser humano y binario en el caso de la computadora), entonces emerge otra preocupación *¿Cómo lograr que las interfaces centradas en el usuario presenten características de usabilidad y de respuestas efectivas en términos de creatividad y criticidad para potenciar la capacidad de aprendizaje de los seres humanos?*

La criticidad y creatividad surgen como competencias imprescindibles en la resolución de problemas en un mundo complejo y una sociedad del conocimiento que exige ciertas habilidades y capacidad para desenvolverse.

- **Modelo del trabajo multidisciplinar**

El modelo de trabajo multidisciplinar asume un enfoque sistémico. Por lo tanto, se representan las dos áreas de conocimiento implicadas: las Ciencias de la Educación y la Interacción Persona Computador como sistemas abiertos susceptibles de interacciones, retroalimentación e

intercambios mutuos. De la vinculación entre los dos sistemas se pretende definir un método de construcción de interfaces que promueva la creatividad y criticidad en los usuarios, de manera explícita.

El contexto del que se parte queda establecido bajo la denominación de “sociedad del conocimiento y de la educación”, ambas connotaciones consideradas “complejas” debido a su imposibilidad de abordarlas de manera unilateral o fragmentadas sin que ello provoque la modificación o limitación del problema. De allí la importancia de su estudio mediante el enfoque de sistemas.

Al tratarse de sistemas abiertos, se retroalimentan de manera permanente provocando la configuración de la realidad, mediante sucesivas y permanentes transformaciones. Es el caso particular de la Psicología que explica el proceso de aprendizaje desde una postura nueva, la **conectividad** o de la Filosofía, que pregona. El pensamiento complejo, como la capacidad de interconectar distintas dimensiones de lo real, de la Pedagogía que se orienta a la formación de competencias en los alumnos, entre otros interesantes marcos teóricos y conceptuales que han postulado la aparición de un paradigma científico que pondera el estudio de factores humanos en la construcción de conocimientos.

El modelo de investigación multidisciplinar que fundamenta el desarrollo del trabajo, se basa en el modelo relacional de las Ciencias de la Educación propuesto por Jean Piaget en Pérez Gómez (1978), que incluye una perspectiva sincrónica, referida a la estructura de las CE y un proceso diacrónico que explica el funcionamiento de dicha estructura, ambas perspectivas están vinculadas dialécticamente. En correlación con el modelo relacional se analiza la articulación con la disciplina Interacción Persona Computador. Esta decisión surge de la aceptación de que son las personas y no las máquinas quienes tienen la posibilidad de asumir comportamientos creativos; en un todo de acuerdo con la afirmación de Maslow (1982), “Se piensa en la persona, en la persona creativa, como la esencia del problema”. En el Modelo, se consideran las dimensiones específicas de las Ciencias de la Educación: *dimensión teórica Integradora* cuya función es elaborar teorías específicas sobre la estructura y desarrollo de los fenómenos y procesos educativos a partir de la integración, organización y estructuración sistemática de las informaciones

procedentes de las Ciencias Básicas, es el espacio donde confluyen aportes de la dimensión científica e Ideológica; *la dimensión práctica*, integra el conjunto de métodos, instrumentos, técnicas, procedimientos concretos que, a través de una aplicación activa y creadora, lleven a la práctica un proyecto o programa educativo y *la dimensión proyectiva* tiene por objeto la construcción de modelos formales y programas complejos de investigación y aplicación, que intenten proponer a la práctica los esquemas implícitos en las teorías.

- **Estrategias multidisciplinares aplicadas**

Desde el enfoque multidisciplinar se puntualizan las particularidades de la estrategia de trabajo aplicadas en este programa de investigación:

- Se enfatiza un sistema de aprendizaje integral, colaborativo con base metodológica y teórica para garantizar resultados significativos, originales, de contribución al conocimiento considerando factores endógenos y exógenos, que aseguren la relevancia académica y pertinencia social.
- Se extrapolan enfoques, conceptos, términos, procedimientos entre otros, de las disciplinas involucradas en la problemática definida.
- Se aplican metodologías de triangulación con estrategias cualitativas y cuantitativas, uso de métodos múltiples o enfoque multimetódico como perspectiva hermenéutico-crítico, epistemología interpretativa, entre otros.
- Se incorporan recursos humanos; alumnos de carreras afines mediante el desarrollo de trabajos finales de grado y posgrado con la finalidad de aportar a la formación en investigación multidisciplinar.
- Se articula la investigación con los posgrados de Especialización en Docencia Universitaria y Maestría en Informática Educativa mediante trabajos finales y de tesis, respectivamente.
- Se trabajó en red mediante la vinculación con otros grupos locales orientados a temas comunes para el fortalecimiento de los grupos académicos de investigación local y la difusión e intercambio que promueva el enriquecimiento de perspectivas, enfoques y paradigmas.

- **Resultado alcanzados**

Los resultados logrados a partir de la concreción de las actividades previstas son de tipo teórico y metodológico.

- **Teóricos:**

- * La pertinencia de la perspectiva multidisciplinar para el tratamiento del problema sin que se limite la identidad y desarrollo de las ciencias/disciplinas involucrados. Velázquez y Sosa (2014)
- * La concepción de “ciencia” desde el enfoque de sistemas, como fundamento epistemológico.
- * El concepto de “sistemas” como eje de articulación entre la Informática y las ciencias de la educación.
- * El aporte de las neurociencias para sentar el principio de que “la creatividad puede aprehenderse” mediante estímulos provenientes del mundo exterior, que favorecen el desarrollo de ésta, en Velázquez y Sosa (2017).
- * La detección de que, algunos los aspectos técnicos promueven la creatividad y criticidad en entornos de trabajado en línea, por ejemplo, la gestión del conocimiento que se traduce en pensamiento divergente y convergente.
- * La definición de criterios de calidad para evaluar la usabilidad de cursos en línea tipo Mooc y Entornos virtuales de aprendizaje, en Orpi y Sosa (2017)
- * Modelo conceptual y tecnológico de interfaz usable y accesible orientado a la calidad pedagógica, en Sosa y Velázquez (2017)
- * Marco referencial Cognición Distribuida para las disciplinas Interacción Hombre Computador y Trabajo Colaborativo centrado en el Computador. (Rearte, Castillo y Sosa, 2017a) (Rearte, Castillo y Sosa, 2017b)

- **Metodológico**

- * Guía práctica para valorar las interacciones y los aspectos humanos en la creación de entornos ubicuos de aprendizaje, en Velázquez, Figueroa y Cordero (2017).
- * Instrumento de evaluación de calidad de interfaces de aplicaciones y sistemas interactivos centrándose en aspectos usabilidad técnica, pedagógica y logística. Silva, Sosa, Velázquez y Maldonado (2017)

4 CONCLUSIONES

Los proyectos multidisciplinarios son aquellos en los cuales los investigadores, representantes de diferentes campos, contribuyen con métodos e ideas de sus respectivas disciplinas hacia el

análisis de una pregunta de investigación en particular, Henao Villa, et al. (2017).

De acuerdo a Flinterman, Tecler Mesbah & Broerse, en Henao Villa, et al. (2017) “En investigaciones multidisciplinares, una variedad de disciplinas colaboran en un programa de investigación sin integración de conceptos, epistemologías o metodologías. El grado de integración entre disciplinas se restringe a los resultados de investigación”.

En el enfoque interdisciplinario, el saber proveniente de diferentes campos científicos, se funde en conceptos generales. Este enfoque es de especial importancia para comprender y resolver problemas ambientales, donde interactúan las ciencias exactas, naturales, sociales y la tecnología.

La interdisciplina es una concepción holística de la realidad, es decir, la considera como un todo que es más que la suma de las partes.

En la práctica, la interdisciplinariedad de los conocimientos científicos transferida al campo de las decisiones políticas, permitiría la comprensión integral de los procesos que se desarrollan simultáneamente en sistemas físicos y sociales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abascal, J. (2002) *Introducción a la Interacción Persona-Ordenador*, Capítulo 7 dedicado a la Accesibilidad. Asociación Interacción Persona-Ordenador, AIPO.

Arteaga y otros, (2014) *Temas de diseño en Interacción Humano-Computadora*. Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos (LATIn), 1era Edición.

Azocar R. E. (2013) *Gestión del Talento Humano Unellez*. Disponible en: <http://ramonazocargestiondetalentohumano.blogspot.com/2013/05/distincion-entre-interdisciplinario.html>

Digion L. y Digion M. (2017) *Pautas Metodológicas para una evaluación Creativa de Aprendizaje en Ambiente Virtual*. Actas de Congreso Nacional de Prácticas de Enseñanza en la Universidad. PEU2017. Buenos Aires.

Dix, A. ; Finlay, J. ; Abowd, G. ; Beale R. (2004) *Human-Computer Interaction*. Pearson Education Ltd. 3rd edition.

García, R. (2006) *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la*

Investigación Interdisciplinaria. Editorial Gedisa. Barcelona. España.

Henao Villa, César Felipe, & García Arango, David Alberto, & Aguirre Mesa, Elkin Darío, & González García, Arturo, & Bracho Aconcha, Rosa, & Solorzano Movilla, Jose Gregorio, & Arboleda Lopez, Adriana Patricia (2017) *Multidisciplinariedad, Interdisciplinariedad y Transdisciplinariedad en la formación para la investigación en Ingeniería*. Revista Lasallista de Investigación, 14(1),179-197. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=695/69551301017>

Lorés, J., Granollers, T. Y Lana, S. (2003) *Introducción a la interacción persona-ordenador*. Disponible en: <http://griho.udl.es/ipo/libroe.html>.

Maslow, A. H. (1982). *La amplitud potencial de la naturaleza humana*. México, D. F.: Trillas.

Mayhew, D.J. (1999). *The Usability Engineering Lifecycle: A practitioner's Handbook for User Interface Design*. Morgan Kaufman.

Orpi M. y Sosa M. (2017) *Criterios de Usabilidad con perspectiva pedagógica para evaluar Cursos MOOC*. Actas de la IX Conferencia Internacional de Ambientes Virtuales de Aprendizaje Adaptativos y Accesibles. San Miguel de Tucumán, Argentina

Pérez Gómez, A (1978). *Las fronteras de la educación. Epistemología y Ciencias de la Educación*. Madrid: ZYX.

Rearte C., Castillo H. y Sosa M. (2017) a) *Improvement of Interactions in Interactive Environments and Knowledge Managment from the Distributed Cognition Approach. Proceeding 9th International Conference on Knowledge Management and Information Sharing*. Madeira, Portugal

Rearte .C., Castillo J. y Sosa M. (2017) b) *Contribución del Enfoque de Cognición Distribuida en áreas de IHC y CSCW*. Actas del VI Congreso Argentino de Interacción Persona Computador Telecomunicaciones, Informática e Información Científica. Córdoba, Argentina

Silva C., Sosa M., Velázquez I., Maldonado I. *Usabilidad de Aulas Virtuales. (2017) Propuesta para mejorar la calidad pedagógica mediante factores de usabilidad*. XII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. Catamarca, Argentina

- Sosa M. y Velazquez I. *Evaluación de Cursos Abiertos OnLine desde una perspectiva de Usabilidad*. (2017) Actas de 5ta Conferencia Ibero-Americana Computación Aplicada. Algarve, Portugal.
- Velázquez I., Digión L., Budán P., Aftika A, Romano Garay M. L. (2016) *Implicancias Conceptuales Interdisciplinarias en la búsqueda de Creatividad y Criticidad para ambientes Colaborativos y distribuidos soportados por computador y mediados por la Gestión del Conocimiento*. Actas del Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Concordia, Entre Ríos. Argentina
- Velázquez I, Figueroa S., Cordero R. (2019) *Studyng the incidence of Human Aspects in the Interface building process for Ubicquitos learning environments*. 13th International Technology, Education and Development Conference. Publisher: IATED. Valencia, España
- Velázquez I. y Sosa M. (2014) *Fundamentación Epistemológica de la Informática Educativa como espacio interdisciplinar*. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnologías y Educación Entidad organizadora: Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). Buenos Aires, Argentina
- Velázquez I. y Sosa M. (2017) *Usabilidad de Interfaz Educativa orientada a promover la Creatividad y Criticidad mediante Neurociencias*. Actas de 5ta Conferencia Ibero-Americana Computación Aplicada CIACA2017. Algarve, Portugal

Interacción de lazos de control de composición en la destilación PSD de la mezcla acetonitrilo-agua

Vera van Gelderen, Eduardo¹, Ingaramo, Alejandra¹, Saba, Rolando¹ y Cesca, Mario¹

(1) *Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. everavangelderren@herrera.unt.edu.ar*

RESUMEN: En este trabajo se analiza el comportamiento dinámico del proceso de separación de la mezcla acetonitrilo-agua por el método de destilación por cambio de presión (PSD). Esta estrategia de separación adquirió gran relevancia en los últimos tiempos. Con este proceso se pueden separar compuestos puros de mezclas que presentan azeótropos aprovechando que el cambio de presión produce cambios en la composición del azeótropo. Por lo tanto, el proceso consta de dos columnas de destilación que trabajan a presiones diferentes. Para la operación del sistema es indispensable el control automático de las composiciones de fondo de ambas columnas. El software UniSim Design® de Honeywell se usa para estudiar la dinámica de las composiciones bajo control automático de niveles y presiones en las dos columnas. El estudio reveló que el análisis del arreglo de ganancias relativas indica que el acoplamiento entre lazos debería ser moderado. Sin embargo, no es notable la interacción dinámica, sobre todo debido a la existencia de grandes tiempos muertos. El ajuste de los controladores de composición se puede hacer de forma independiente ya que la estabilidad y el rendimiento de uno de ellos se verán poco afectados por el estatus (automático o manual) del otro.

ABSTRACT: In this work, the dynamic behavior of the acetonitrile-water mixture separation process by Pressure Swing Distillation (PSD) method is analyzed. This separation strategy acquired great relevance in recent times. It is possible to separate pure compounds from mixtures that present azeotropes with this process taking advantage of the fact that the pressure change produces changes in the composition of the azeotrope. Therefore, the process consists of two distillation columns working at different pressures. For the operation of the system, the automatic control of composition of both column bottom streams is indispensable. Honeywell's UniSim Design® software is used to study the dynamics of the compositions under the automatic control of levels and pressures in both column. The study revealed that the analysis of relative gain array indicates that the coupling between loops should be moderate. However, the dynamic interaction isn't remarkable, especially due to the existence of large dead times. The composition controllers tuning can be done independently since stability and performance of one of them will be little affected by status (automatic or manual) of the other one.

Palabras claves: destilación - control de composición – acetonitrilo - agua

Keywords: distillation - composition control – acetonitrile - water

1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo se analiza el comportamiento dinámico del proceso de separación de la mezcla acetonitrilo-agua por el método de destilación por cambio de presión (Pressure Swing Distillation – PSD) de gran relevancia en los últimos tiempos (Liang et al., 2017). Este sistema separa compuestos puros proveniente de mezclas que presentan azeótropos, aprovechando el hecho de que el cambio de presión produce cambios en la

composición del azeótropo. Por lo tanto, el proceso consta de dos columnas de destilación trabajando a presiones diferentes. Para la operación del sistema es indispensable el control automático. Mediante simulación se analiza la performance de un esquema que involucra el control de las presiones en ambas columnas (clave por el tipo de separación) y el control de composición de un punto (composición de la corriente rica en acetonitrilo) y de dos puntos

(que incluye también la composición de la corriente agotada).

2 SEPARACION PSD DE LA MEZCLA ACETONITRILLO-AGUA

La composición del azeótropo homogéneo de la mezcla acetonitrilo-agua es sensible a los cambios de presión. Por tal razón, en el proceso de separación PSD, se usan dos columnas, que trabajan a distintas presiones.

Usando el modelo de Wilson para la predicción de las propiedades de equilibrio de las mezclas (Repke et al, 2005), se construyó el diagrama, **T-x,y** para dos presiones, que se muestra en la figura siguiente (Vera van Gelderen et al., 2017). Este diagrama permite una mejor comprensión del proceso de separación.

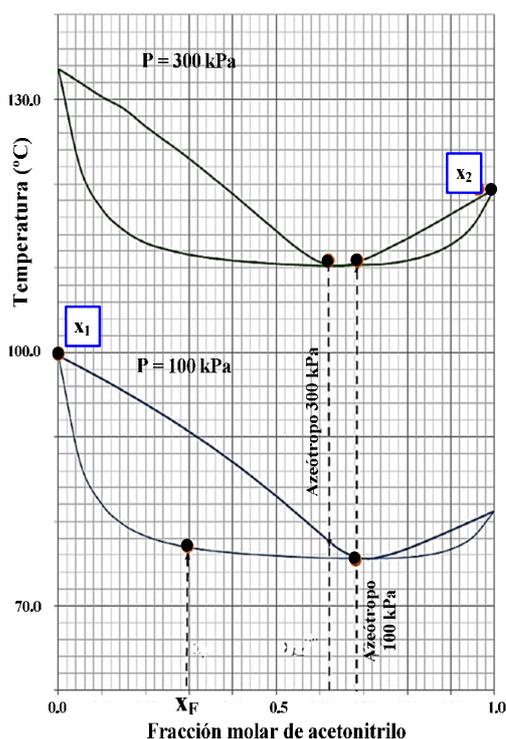


Figura 1. Diagrama T-x,y para el sistema acetonitrilo-agua

La mezcla es alimentada con una concentración de acetonitrilo $x_F = 0,3081$ a una primera columna de baja presión (LP) que trabaja a 100 kPa.

La corriente de fondo de esta primera columna es prácticamente agua y por el tope se obtiene un azeótropo ($x_{AZ} = 0,6360$) que se bombea a segunda columna (HP) operada a mayor presión (300 kPa). En esta torre se obtiene por el fondo acetonitrilo enriquecido mientras que el destilado se recicla a la primera columna.

El diagrama de proceso en su versión más simplificada, esto es, sin ninguna integración energética, es el mostrado en la Fig. 2.

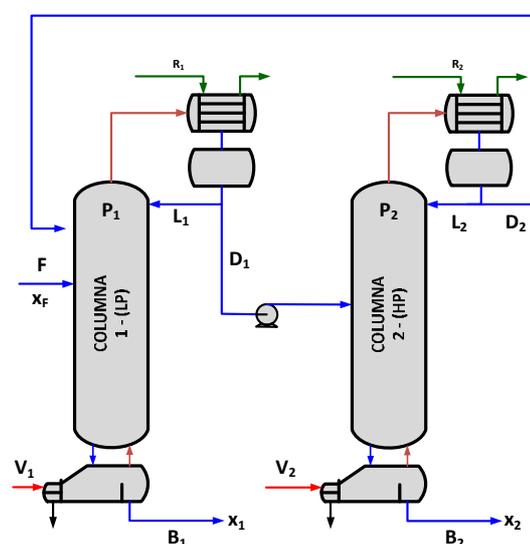


Figura 2. Diagrama de proceso de separación PSD para la mezcla acetonitrilo-agua.

3 SIMULACIÓN DINÁMICA

El modelo estático se desarrolló considerando como variables de diseño el caudal y condiciones de alimentación (Luyben, 2013) fijándose las presiones de trabajo en 100 y 300 kPa (Repke y Klein, 2005). Para la predicción de las propiedades fisicoquímicas de las mezclas se empleó el modelo de Wilson, que ajusta con buena precisión a los valores experimentales (Repke et al., 2005). Para los cálculos se usó simulador UniSim Design® de Honeywell.

En UniSim Design®, como en la mayoría de los simuladores de procesos (Luyben, 2013), el modo dinámico requiere de la especificación de un mayor número de variables/parámetros que se relacionan con dos aspectos:

- Las corrientes deben contar con elementos que permitan inferir el caudal a partir de la presión o viceversa (válvulas, bombas, etc.).
- Se requiere información sobre las dimensiones de los equipos para poder estimar acumulaciones, capacidad de transferencia de calor y masa, etc.

Partiendo de un caso base, correspondiente al estado estacionario normal, se especificaron el flujo, composición y estado de la alimentación y se obtuvieron los caudales y composiciones de cada corriente. Se dimensionaron válvulas, acumuladores, condensadores, reevaporadores y los platos.

4 CONTROL DE COMPOSICIÓN

Se analiza aquí el control de composición de la corriente enriquecida en acetonitrilo (corriente de fondo de la columna de alta presión) y el eventual control de la composición de fondo de la columna de baja presión que corresponde a la corriente agotada, análogo al sistema propuesto por Cao et al. (2017) para separación PSD.

El diagrama P&I es el mostrado en de la Figura siguiente:

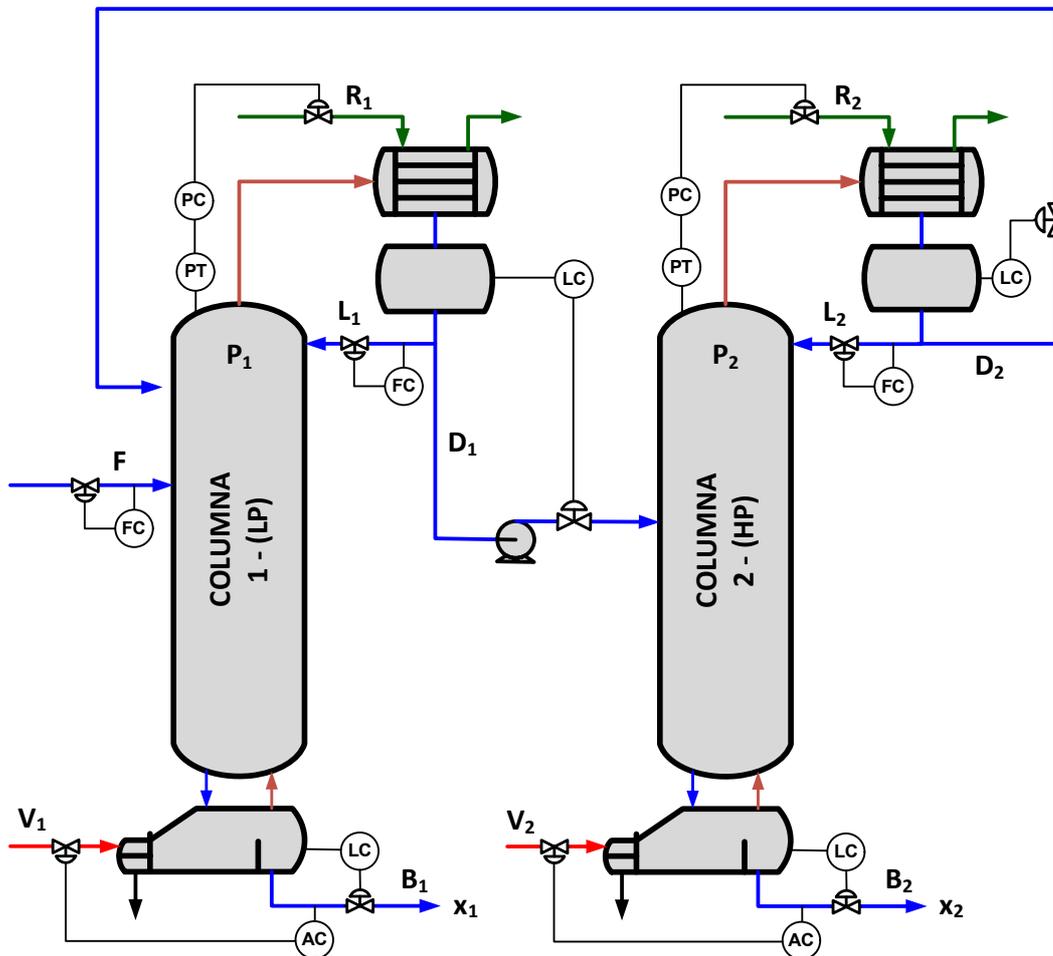


Figura 3. Diagrama P&I del sistema de control analizado

Como el flujo de alimentación es una variable que puede fijarse en forma autónoma se establece un lazo de caudal.

Los niveles en los reevaporadores se controlan con controladores PI manipulando el caudal de líquido de salida. Así se asegura una

regulación estricta, con dinámica rápida. Los niveles en los acumuladores de destilado se manipulan con los flujos de destilado de las columnas. El destilado de la segunda columna es realimentado en la primera y debe soportar la caída de presión entre ambas columnas. Los controladores son PI.

El control de la presión en la cabeza de ambas columnas son variables clave en el proceso de separación PSD y se emplean controladores PI que manipulan el flujo de refrigerante (Cao et al., 2017).

Las composiciones de las corrientes de fondo de ambas columnas se controlan por manipulación de los correspondientes flujos de vapor en los reevaporadores.

5 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Las dinámicas de las composiciones en las dos columnas son considerablemente más lentas que las correspondientes a niveles y presiones como pudo verificarse en la simulación dinámica. Por tal razón los correspondientes controladores debieron ajustarse en último término, considerando la interacción entre ellos siguiendo el enfoque clásico delineado por Shinskey (1984). Usando la aplicación desarrollada en UniSim Design®, se practicaron escalones en +1%, para un tiempo igual a 200 segundos, en la señales de los controladores de composición para obtener las curvas de respuesta en lazo abierto de las composiciones de fondo (Figs. 4 y 5).

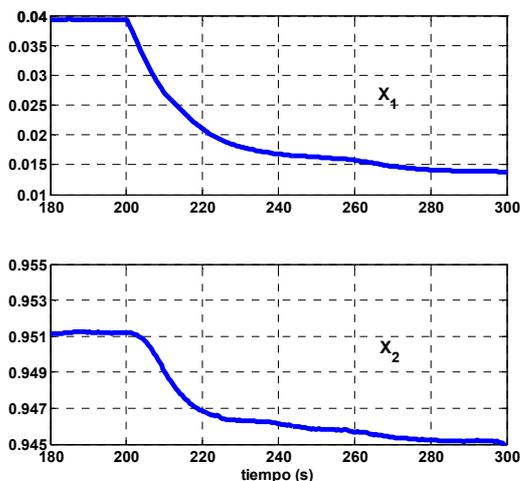


Figura 4. Respuesta de las concentraciones de fondo de acetonitrilo en las columnas de baja y alta presión (x_1 , x_2) ante un cambio de +1%

(tiempo = 200 s) en la señal de la válvula de vapor de la columna de baja presión (V_1)

Usando una caracterización simplificada de contante de tiempo y tiempo muerto, las plantas identificadas resultaron:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G_{11}(s) & G_{12}(s) \\ G_{21}(s) & G_{22}(s) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{-2.6 e^{-0.4s}}{17s+1} & \frac{0.71 e^{-2s}}{12.7s+1} \\ \frac{-0.95 e^{-4.5s}}{17s+1} & \frac{1.8 e^{-0.4s}}{28.5s+1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$

Los tiempos muertos de G_{12} y de G_{21} son muy pronunciados, lo que resulta lógico ya que tienen en cuenta la interconexión entre columnas con tramos de cañería de gran longitud. En consecuencia, los lazos de composición están virtualmente desacoplados.

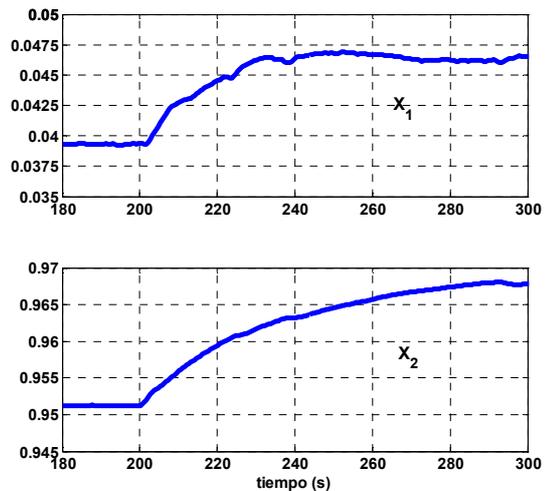


Figura 5. Respuesta de las concentraciones de fondo de acetonitrilo en las columnas de baja y alta presión (x_1 , x_2) ante un cambio de +1% (tiempo = 200 s) en la señal de la válvula de vapor de la columna de alta presión (V_2)

La matriz de ganancias relativas resulta:

$$\begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.17 & -0.17 \\ -0.17 & 1.17 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Esto asegura que la interacción estática es moderadamente baja.

Los dos lazos de composición se ajustaron con controladores PI ya que se comprobó vía

simulación que el aporte positivo de la acción derivativa era poco relevante en este caso. (Vera van Gelderen et al., 2017). Se usó el método IMC (Seborg, et al., 2011) usando las plantas identificadas.

Se ensayaron distintas perturbaciones. Se muestran en las Figs. 6 y 7 los transitorios de las composiciones controladas correspondientes a

perturbaciones en la composición de la alimentación (fracción molar de acetonitrilo).

Las predicciones del Arreglo de Ganancias Relativas son acertadas en el sentido que la interacción entre los lazos de composición no es intensa. No llega a duplicarse la integral del valor cuadrático del error como se ve en la Tabla 1.

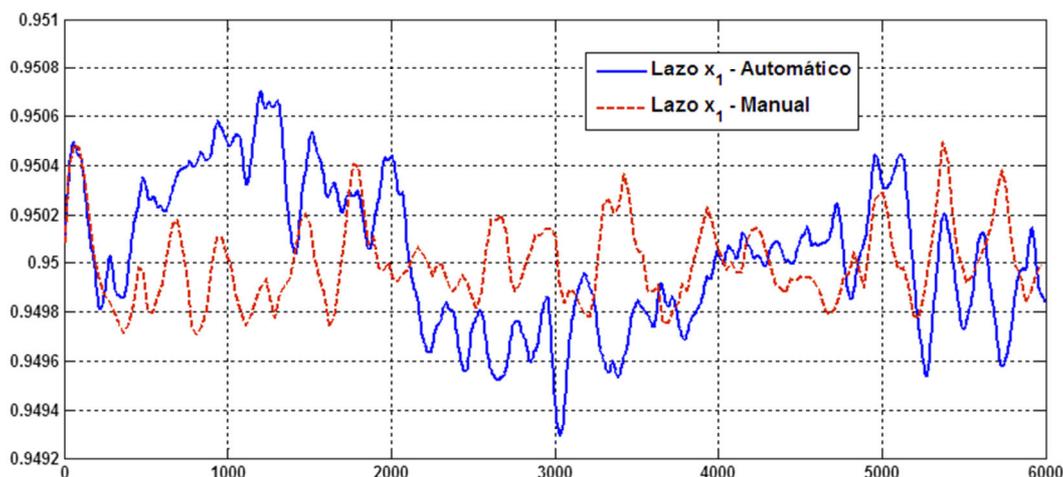


Figura 6. Transitorio de concentraciones de fondo de acetonitrilo en la columna de alta presión (x_2) ante perturbación de en la concentración de alimentación (con y sin control automático en el otro lazo de composición). Tiempo en segundos.

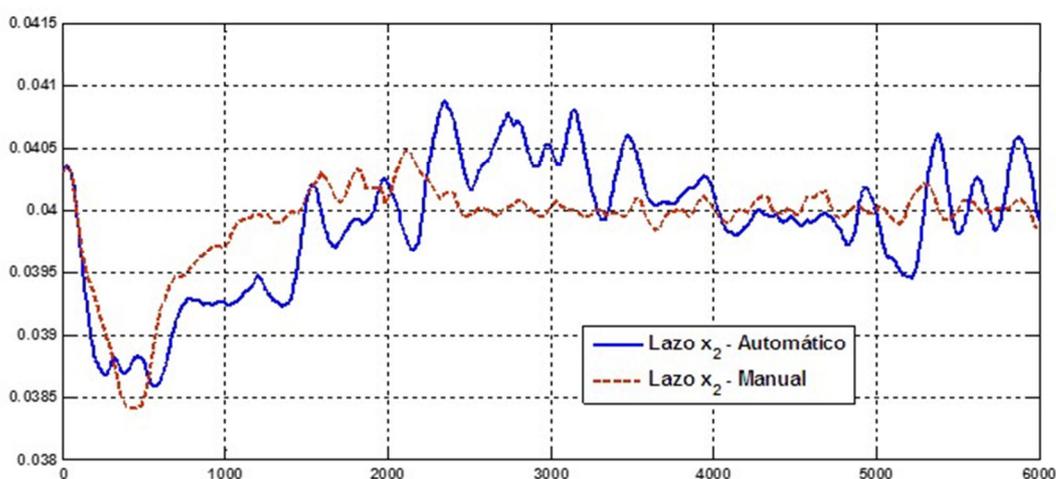


Figura 7. Transitorio de concentraciones de fondo de acetonitrilo en la columna de baja presión (x_1) ante perturbación en la concentración de alimentación (con y sin control automático en el otro lazo de composición). Tiempo en segundos.

Tabla 1. Integrales del error cuadrático en unidades consistentes correspondientes a las respuestas de los transitorios de las Figs. 6 y 7.

Lazo	Condición	IEC
x_1-V_1	x_2 manual	$5.32 \cdot 10^{-6}$
	x_2 automático	9.0610^{-6}
x_2-V_2	x_1 manual	$2.47 \cdot 10^{-5}$
	x_1 automático	$4.43 \cdot 10^{-5}$

En consecuencia, se conjetura que la sintonización de los controladores de composición en planta se puede hacer en forma independiente ya que tanto estabilidad como performance de uno de los lazos de composición se verán poco afectados por el estatus en el que se encuentra el otro (automático o manual).

6 CONCLUSIONES

- Se modeló dinámicamente el proceso de separación de la mezcla acetonitrilo-agua por el método de destilación por cambio de presión (PSD) con dos columnas de destilación usando el simulador UniSim Design® de Honeywell.
- Se tuvo en cuenta controles de nivel de reevaporadores y acumuladores de condensado, así como, las presiones en ambas columnas. Se consideraron los controles de composición de fondo de ambas columnas manipulando los flujos de calor de los respectivos reevaporadores.
- La identificación las dinámicas de composición puso en evidencia que ambos lazos de composición están prácticamente desacoplados en virtud de los tiempos muertos de las transferencias cruzadas que se explica por la misma interconexión en entre columnas.
- La simulación dinámica del comportamiento en lazo cerrado convalida las predicciones del Arreglo de Ganancias Relativas, y de las dinámicas de las funciones de transferencia cruzadas en el sentido que no se espera interacción intensa entre los lazos de composición.
- Por lo anterior, los lazos de composición se pueden ajustar en forma separada y no se verán prácticamente afectados por la operación automática o manual del otro.

REFERENCIAS

- Cao, Y., J. Hu, H. Jia, G. Bu, Z. Zhu, y Y. Wang, Comparison of pressure-swing distillation and extractive distillation with varied-diameter column in economics and dynamic control, *J. Process. Control*, 49, 9–25, 2017.
- Honeywell International, UniSim – Software for Process Design and Simulation, <https://www.honeywellprocess.com/>.1.8.2019.
- Liang, S., Y. Cao, X. Liu, X. Li, Y. Zhao y Y. Wang, Insight into pressure-swing distillation from azeotropic phenomenon to dynamic control, *Chem. Eng. Res. & Des.* 117, 318–335, 2017.
- Luyben, W., *Distillation Design and Control Using Aspen Simulation*, John Wiley & Sons, Nueva York, USA, 2013.
- Repke, J., F. Forner y A. Klein, Separation of homogeneous azeotropic mixtures by pressure swing distillation–analysis of the operation performance, *Chem. Eng. Technol.*, 28, 1151–1157, 2005.
- Repke, J. y A. Klein, Homogeneous azeotropic pressure swing distillation: continuous and batch process, *ESCAPE 15*, 721–726, 2005.
- Seborg, D., T. Edgar, D. Mellichamp, y F. Doyle, *Process Dynamics and Control*, John Wiley & Sons, 3ª Edición, Nueva York, USA, 2011.
- Shinskey, F., *Distillation control: for productivity and energy conservation*, McGraw-Hill, Nueva York, 2da. Edición, 1984.
- Vera van Gelderen, E., G. Zucchi, F. Mele, A. Ingaramo y M. Cesca, Separación azeotrópica de la mezcla acetonitrilo-agua. Simulación dinámica y ajuste de controladores. *Investigaciones en Universidades del NOA*, 3, 213-219, 2017.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto de Investigación *Diseño y optimización de las cadenas de suministros de biorrefinerías sustentables en la argentina (26/E647-2)*, Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial, FACET, Universidad Nacional de Tucumán.

Aplicación de métodos geofísicos para la determinación del espesor de los depósitos aluviales en la quebrada del río Pomán

Tálamo, Esteban¹, Vilches Fátima¹, Sánchez María M.¹, Varela Nora Ruth¹, Caicedo Diego¹, Carrizo Noelia¹, Martínez Gonzalo¹ y Brusa Soledad²

(1) *Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca.*
etalamo@gmail.com

(2) *Dirección Provincial de Hidrología y Evaluación de los Recursos Hídricos, Provincia de Catamarca.*

RESUMEN: El trabajo de investigación se realiza en la quebrada del río Pomán, cuya cuenca se desarrolla en el faldeo occidental de la sierra de Ambato, descargando sus aguas en la depresión de Pipanaco. El objetivo general del proyecto investigación que motiva este trabajo, es la determinación del caudal subterráneo que ingresa al sistema de Pipanaco, para lo cual se aplicarán cálculos que requieren de datos tales como el gradiente hidráulico del acuífero, la permeabilidad de los depósitos que lo constituyen y su área o sección, en un perfil transversal realizado en proximidades del Camping Municipal. Para la determinación del espesor de los depósitos aluviales, se realizó una prospección geofísica, aplicando el método eléctrico del SEV (Sondeo Eléctrico Vertical). Se determinó un espesor variable entre 23 y 68 metros de relleno aluvial, con una asimetría dominada por estructuras (fallas geológicas), totalizando una superficie saturada de 4040 m². El método utilizado para lograr el objetivo resultó ser el adecuado para establecer el inicio de la zona saturada y la profundidad del basamento hidrogeológico, conformado por rocas ígneas y metamórficas.

ABSTRACT: The research work is carried out in the gully of the Pomán River, whose basin develops in the western slope of the Sierra de Ambato, discharging its waters into the Pipanaco depression. The general objective of the research project that motivates this work, is the determination of the underground flow that enters the Pipanaco system, for which calculations will be applied that require data such as the hydraulic gradient of the aquifer, the permeability of the deposits that constitute it and its area or section, in a transversal profile made in the vicinity of the Municipal Camping. For the determination of the thickness of the alluvial deposits, a geophysical prospecting was carried out, applying the electric method of the SEV (Vertical Electrical Sound). A variable thickness between 23 and 68 meters of alluvial fill was determined, with an asymmetry dominated by structures (geological faults), totaling a saturated surface of 4040 m². The method used to achieve the objective turned out to be the adequate one to establish the beginning of the saturated zone and the depth of the hydrogeological base, conformed by igneous and metamorphic rocks.

Palabras claves: Río Pomán, Sección, Flujo subterráneo, Geofísica

Keywords: Pomán River, Section, Underground flow, Geophysics

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática abordada

El presente trabajo constituye una de las etapas metodológicas planteadas en el Proyecto de Investigación de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Catamarca denominado: “Variaciones de niveles piezométricos en el subálveo del río Pomán, una

metodología para entender el aporte a la recarga del sistema acuífero de Pipanaco”, en el cual se busca determinar procesos de recarga al sistema acuífero regional del Salar de Pipanaco.

La recarga de un acuífero es una de las componentes que surge del balance hidrológico global, con mayor incertidumbre en regiones áridas. La cuenca hídrica del río Pomán, colecta las aguas del faldeo occidental de la sierra de

Ambato y las conduce por su colector principal hasta abandonar el sistema serrano. Es en este sitio, donde se produce una captación parcial de su caudal, para usos múltiples (riego y consumo humano), por lo que el excedente fluye de manera superficial y también subterráneamente por el álveo del río (conformado por sedimentos aluviales y fluviales gruesos). De esta manera se produce un doble mecanismo de recarga al acuífero principal del Salar de Pipanaco: 1° por infiltración del agua superficial excedente y 2°: por recarga indirecta por transferencia desde el álveo al reservorio mencionado. La cuantificación del flujo pasante por subálveo y por ende la magnitud de este sistema de recarga, resultan una incógnita en este tipo de cuencas, por lo cual se considera valioso establecer las metodologías para lograrlo y valorar los resultados obtenidos. Parte de las metodologías necesarias para el cálculo de este flujo, consiste en establecer el espesor saturado del relleno fluvial/aluvial de la quebrada de Pomán, en el sitio de estudio seleccionado.

1.2 Objetivos

El principal objetivo del trabajo, es determinar el espesor del relleno aluvial/fluvial del curso fluvial en el entorno del camping Municipal, existente en la quebrada del río Pomán. Con la aplicación de técnicas geofísicas se busca también establecer la presencia y espesor de la zona saturada, como así también la profundidad y tipo de basamento hidrogeológico.

1.3 Ubicación

La zona de estudio se encuentra ubicada en el faldeo occidental de la sierra de Ambato, entre las coordenadas 28° 23' 52.54" latitud Sur y 66° 12' 9.75" longitud Oeste (extremo Norte), y 28° 24' 46.78" latitud Sur y 66° 12' 9.06" longitud Oeste (extremo Sur), en el departamento Pomán, Provincia de Catamarca. Ver Fig. 1.

METODOLOGÍA

Se realizó una breve caracterización geológica del área, para establecer condiciones de litología, presencia de estructuras y facies que influyan en aspectos hidrogeológicos o que condicionen la circulación del agua en la cuenca.

Se estableció la posibilidad de realizar una prospección geofísica, aplicando el método geoelectrico del SEV (Sondeo Eléctrico Vertical).

La característica física que se mide en el método resistivo, empleando corriente continua, es la capacidad que poseen los terrenos naturales de conducir la corriente eléctrica. Si se introduce un par de electrodos en la superficie plana de un terreno homogéneo e isótropo y se hace circular una corriente eléctrica continua de intensidad (I), se puede registrar la caída de potencial (ΔV) que existe, también en superficie, entre dos puntos del terreno (García, 2010). A través de estas medidas y en base a la ley de Ohm, puede conocerse la resistividad de los terrenos involucrados en el circuito. La manera de disponer los electrodos por los que se introduce la corriente y aquellos con los que se registra el potencial en la superficie de un medio cuya resistividad se desea investigar, da lugar a diferentes dispositivos o arreglos electródicos. Para el presente trabajo se optó por una configuración tetrapolar, rectilínea y simétrica conocida como dispositivo Schlumberger, arreglo electródico que cumple con la siguiente condición: $MN < 0 = AB/5$. Ver Fig. 2.



Figura 2. Dispositivo Schlumberger, arreglo electródico

El estudio se realizó con un equipo marca CGEG CO Ltd. Modelo DUK – 2 A, autocompensador, de corriente continua con lectura directa de resistividad. Ver Fig. 3



Figura 3. Equipo utilizado en la campaña.

Se usaron electrodos de corriente de acero inoxidable y de potencial, de cobre, en solución saturada de sulfato de cobre. Se emplearon cables de corriente de cobre acerado de 1 mm de sección y 1.000 metros de longitud. Como fuente de energía se utilizaron fuentes de pilas que alcanzan los 540 Voltios. Las longitudes entre los electrodos de corriente fueron variables, hasta distancias máximas de 1000 metros. Las separaciones entre los electrodos de potencial, MN, variaron entre 1 y 100 metros. La curva de campo se graficó en papel bilogarítmico de módulo 62,5 mm, donde la abscisa corresponde a los valores de OA (en metros) y la ordenada, a los de resistividad aparente (en Ohm.m). Cada SEV se interpreta con una serie de electrocapas (ρ en Ohm.m) dispuestas en profundidad (d en metros), definiendo un espesor de capa (h en metros). Ver Fig. 4.

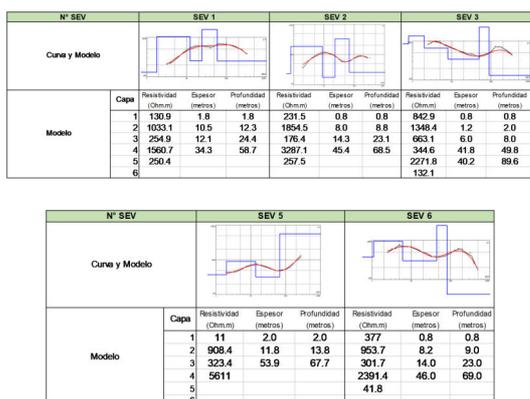


Figura 4. Curvas de campo y modelo de interpretación.

2 RESULTADOS

El área de estudio se encuentra emplazada dentro de la Provincia Geológica de Sierras Pampeanas Occidentales (Camino, 1979). Geológicamente, su basamento corresponde a un orógeno eopaleozoico compuesto por metamorfitas y migmatitas con una edad de metamorfismo ordovícico que alojan una serie de granitoides calcoalcalinos. Sobre una amplia superficie de erosión, tallada sobre el basamento cristalino, se disponen sedimentitas continentales de edad terciaria cubiertas por depósitos de edad cuaternaria, que se conservan mayormente en valles y bolsones y en las áreas proximales del piedemonte.

En el sector de estudio pudieron identificarse las siguientes formaciones:

- *Complejo Metamórfico Ígneo El Portezuelo (CMIEP) (Proterozoico Superior- Cámbrico Medio):* Aceñolaza y Toselli (1977) utilizan el término “Formación el Portezuelo” para agrupar a fajas de migmatitas, reconociendo que presentan una característica transicional entre los afloramientos del este (Formación La Cébila) y los del oeste, que son netamente migmatíticos. Las rocas de este complejo metamórfico son de alto grado, incluye migmatitas, gneises, esquistos inyectados y cuerpos de granitos anatóxicos concordantes con la esquistosidad de la roca de caja.
- *Formación Pomán (Lafleur, 1981) (Cenozoico, Pleistoceno):* González Bonorino (1978), en la Hoja 14f, indica que los depósitos cuaternarios más modernos en la zona de estudio comprenden el relleno de los valles, fanglomerados de pie de monte, conos de deyección y detritos de falda. Define estos materiales sedimentarios como “Niveles superiores-Depósitos aluviales aterrazados, fanglomerados, etc.”, “Niveles inferiores Depósitos aluviales más o menos aterrazados, fanglomerados, etc.” y “Depósitos aluviales”.
- *Formación Pipanaco (Lafleur, 1981) (Holoceno):* Se trata litológicamente de depósitos constituidos por limos arenosos, limos e intercalaciones lenticulares de fanglomerados. Estos sedimentos han sido depositados por los cursos de agua migrantes que bajan de la sierra, cada uno de los cuales forma un cono aluvial a la salida de la quebrada, los que a su vez coalescen en el piedemonte. En general, la estratificación visible es caótica, los rodados son de tamaño grava, aunque ocasionalmente llegan al metro de diámetro.

Geofísica:

Con el fin de construir un perfil geológico-geofísico del área de estudio, se realizaron

cinco Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Ver Fig. 5. El análisis e interpretación de las diferentes curvas de resistividad, permitió diferenciar distintas electrocapas y correlacionarlas con la geología descrita.

Los cortes geoelectrónicos, en los SEV 1, 2 y 5, presentan una sucesión de cinco electrocapas. Las dos primeras, resistivas a muy resistivas correspondientes a depósitos fluvio-aluviales. Posteriormente disminuye la resistividad interpretándose como los mismos materiales suprayacentes, saturados con agua de bajo contenido salino. Por último se detectan dos niveles de alta resistividad que representarían a las rocas del basamento cristalino (facies plutónicas y metamórficas) con diferentes grados de alteración. El SEV 3 presenta una electrocapa más correspondiente a depósitos fluvio-aluviales secos.

El SEV 6 presenta una sucesión de cuatro electrocapas diferenciándose del resto por presentar tres niveles de alta resistividad que representarían a distintas facies de las rocas del basamento cristalino. Ver Fig. 5.

Con los resultados obtenidos se confeccionó un perfil geoelectrónico donde se correlacionan las unidades que presentan una repuesta similar desde el punto de vista de configuración de curvas. Ver Fig. 6.

De esta forma luego de establecer el modelo más acorde a las condiciones geológicas – geomorfológicas y estructurales de la zona de estudio se individualizaron tres unidades mayores en las cuales puede observarse las variaciones faciales del subsuelo. Estas unidades se denominaron de arriba hacia abajo **Unidad 1** o Zona Muy Resistiva Superior (Relleno aluvial-fluvial No Saturado), **Unidad 2** o Zona Resistiva Media (Relleno aluvial-fluvial Saturado) y **Unidad 3** o Zona Muy Resistiva Inferior (Basamento Roco Cristalino). El corte transversal permitió observar las variaciones faciales del subsuelo.

- **Unidad 1:** Zona muy resistiva, interpretada como depósitos fluvio - aluviales con grandes rodados, grava y matriz arenosa no saturados que se correlacionarían a la Formación Pomán, con un espesor medio de 12 metros en toda la sección.

- **Unidad 2:** Zona resistiva media, interpretada como la zona saturada, la litología sería igual a la unidad 1 (Formación Pomán). Los espesores rondan los 15 metros entre los SEV 1, 2 y 3. Y un aumento a 40 metros entre los SEV 5 y 6. El mismo tiene su origen por las fracturas presentes en el sustrato.

- **Unidad 3:** Zona muy resistiva inferior, correlacionable con el basamento del complejo ígneo metamórfico del Portezuelo (facies plutónicas y metamórficas). Comenzando a partir de los 25 metros a la altura de los SEV 1, 2 y 3 y desde los 55 en los SEV 5 y 6.

Con la interpretación de los SEV 3, 5 y 6 se pudo evidenciar las estructuras presentes identificadas mediante la hoja Geológica 2966-I Aimogasta, fracturas que generaron un desplazamiento del basamento por lo cual el espesor de relleno fluvio – aluvial es mayor.

A través del perfil geológico – geofísico realizado pudo interpretarse la zona saturada del subálveo, permitiendo estimar un área transversal de 4040 m².

El perfil geofísico muestra también una asimetría en cuanto al basamento hidrogeológico (Unidad 3), producto del marcado dominio estructural que tiene la zona por presencia de fallas de alto ángulo. De esta manera se observa un mayor desarrollo del relleno aluvial en margen derecha, comparado con los espesores detectados en el extremo opuesto.

3 CONCLUSIONES

- La prospección geofísica realizada con el método del SEV tuvo una buena respuesta y permitió elaborar un perfil geológico – geofísico transversal de rumbo general, ONO-ESE, en el cual pudieron representarse las distintas unidades litológicas.
- Los contrastes eléctricos permitieron identificar el tipo y profundidad del basamento cristalino.
- El dominio estructural sería responsable de las variaciones de la profundidad del

basamento y por ende del relleno aluvial Suprayacente, que varía entre un mínimo de 23 metros en la margen izquierda y un máximo de 68 metros en margen derecha.

4 REFERENCIAS

- Aceñolaza, F.G. Y Toselli A.J. *Esquema geológico de la Sierra de Ancasti, provincia de Catamarca*. Acta Geológica Lilloana, 24: 233-259. Tucumán, 1977.
- Caminos, R. *Sierras Pampeanas Noroccidentales, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan*. En: Academia Nacional Ciencias de Córdoba. 2° Simposio Geología Regional Argentina, 1: 225-291, 1979.
- García R. F. *Apuntes Teóricos Hidrogeología*. Escuela de Geología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Salta, 2010.
- González Bonorino, F. *Descripción Geológica de la Hoja 14f, San Fernando del Valle de Catamarca, provincias de Catamarca y Tucumán*. Boletín Servicio Geológico Nacional, Buenos Aires 160, pp 84, 1978.
- Lafleur, A.E. *Geología de las unidades sedimentarias en el este del Salar de Pipanaco*. INCYTH – Ministerio de Obras y Servicios Públicos, Bs. A, 1981.

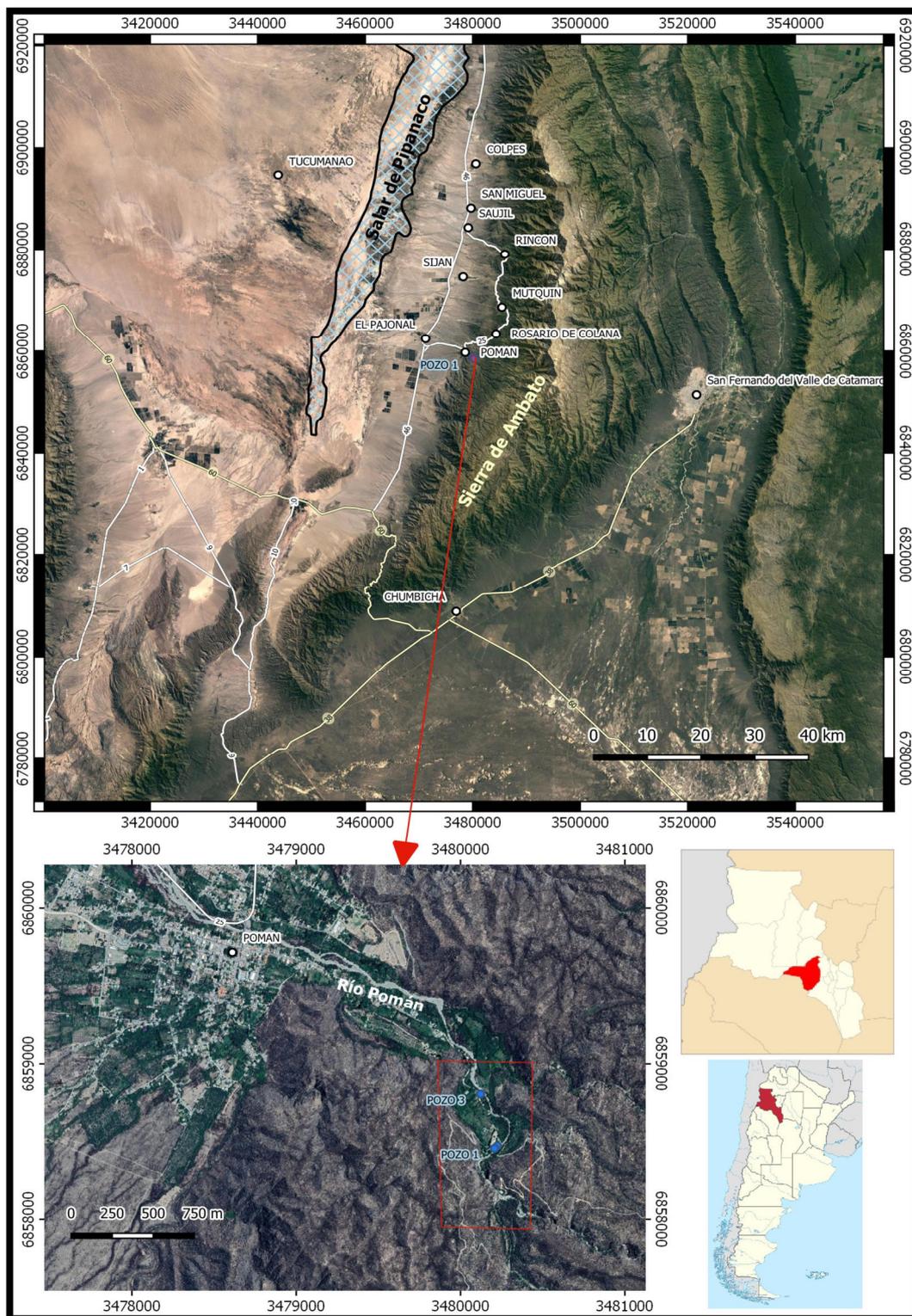


Figura 1. Ubicación y vías de acceso del área de estudio



Figura 5. Distribución de los SEV realizados.

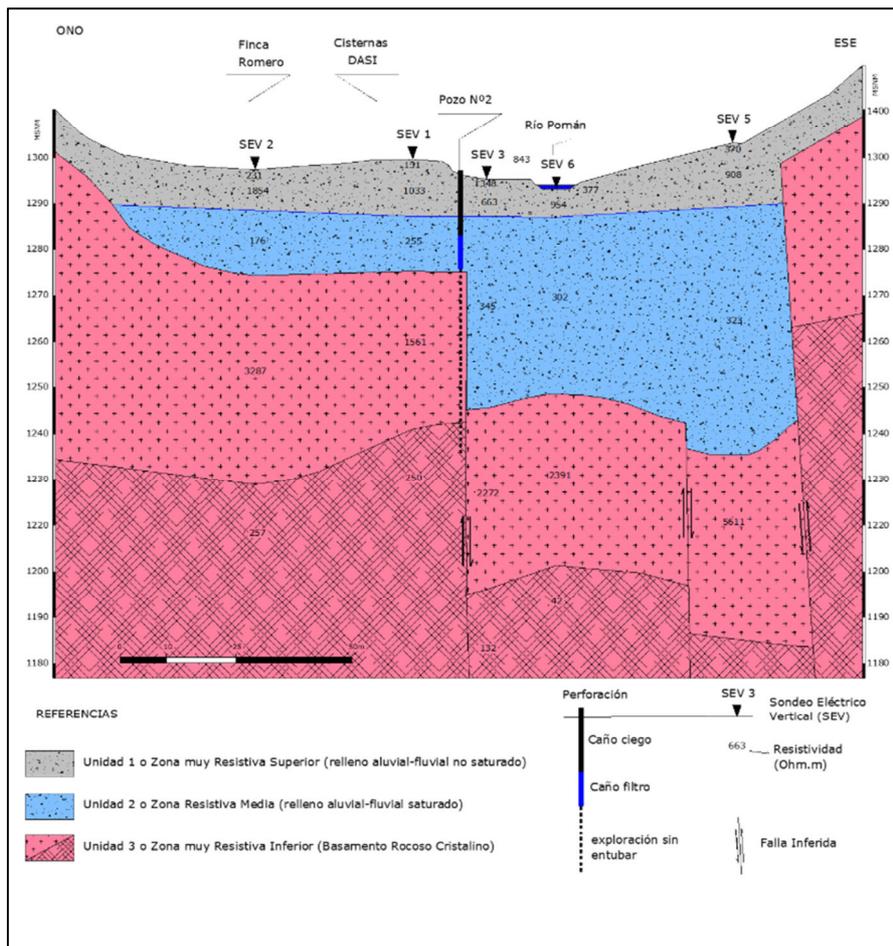


Figura 6. Perfil transversal.

Rendimientos de colectores Heat Pipes de placa plana combinados en serie y en paralelo, para el calentamiento de aire

Togo, Pablo S.¹; Gómez Khairallah, Aníbal O.²; Cattaneo, Carlos A.^{1,2}

(1) *Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*
cacatta@unse.edu.ar

(2) *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.*

RESUMEN: Los colectores solares basados en la tecnología Heat Pipe, han demostrado su eficiencia y versatilidad en múltiples aplicaciones orientadas al aprovechamiento de la energía solar y su transformación en energía térmica útil (calor). El principio de funcionamiento es el aprovechamiento del calor latente de vaporización de un fluido de trabajo, para transportar eficientemente grandes cantidades de calor; así es posible el desarrollo de un sistema Heat Pipe de placa plana para su estudio y evaluación aplicable al calentamiento de aire para su empleo industrial y domiciliario. Se determinó el desempeño un sistemamodular de colectores Heat Pipe planos, en configuraciones serie y en paralelo. Los colectores en paralelo con la unión en T y con la caja, se alcanzaron valores de flujo másico semejantes entre sí, del orden del 0,012Kg/s, con diferencias de temperaturas promedio del 14°C, mientras que en la configuración en serie se alcanzó un flujo másico 28 % menor, del orden del 0,0087Kg/s con diferencias de temperaturas promedio del 25°C. Los rendimientos instantáneos de los sistemas ensayados alcanzaron valores del orden del 65%.

ABSTRACT: Solar collectors based on Heat Pipe technology have demonstrated their efficiency and versatility over multiple applications oriented to solar energy use and its transformation into useful thermal energy (heat). The principle of operation is the use of the latent heat of vaporization of a working fluid, to efficiently transport large amounts of heat; thus it is possible to develop a flat plate Heat Pipe system for its study and evaluation applicable to air heating for industrial and home use. The performance was determined by a modular system of flat Heat Pipe collectors, in serial and parallel configurations. The collectors in parallel with the T-junction and with the box, similar mass flow values of the order of 0.012Kg/s were achieved, with average temperature differences of 14°C, while in the series configuration it reached a 28% lower mass flow, of the order of 0.0087Kg/s with average temperature differences of 25°C. The instantaneous yields of the tested systems reached values of the order of 65%.

Palabras claves: Serie - paralelo - Heat Pipe placa plana

Keywords: Series – parallel - Heat Pipe flat plate

1 INTRODUCCION

El sol es una esfera gaseosa se encuentra aproximadamente a $1,5 \times 10^{11}$ m de la tierra. La cantidad de radiación solar que incide normalmente sobre la atmósfera terrestre es de $1,75 \times 10^5$ TW, considerando que se tiene una transmitancia del 60% en la atmósfera, la cantidad de radiación que alcanza continuamente la superficie terrestre es de $1,05 \times 10^5$ TW (Goswami, 2015), donde la energía media anual es de $5,5 \times 10^{24}$ J. Desde hace tiempo se investiga y

trabaja en formas de captar parte de esta energía y transformarla en algún tipo de energía útil como energía eléctrica o energía térmica. Una de las formas de captar la radiación solar y transformarla en calor es empleando un colector solar, el cual aprovecha la energía solar para calentar un fluido; existen diversos tipos de colectores solares pero los más habituales (que se emplean tanto en aplicaciones industriales como domiciliarias) son los colectores de tubo evacuado y los colectores planos. Estos últimos tiene mayor eficiencia que los de tubo evacuado para operar a baja y media temperatura debido a una mayor área de absorción. Asimismo se

puede aplicar la tecnología Heat Pipe a los colectores solares debido a su alto desempeño en la transferencia de calor (Srimuang, 2012), en los que el calor latente de la vaporización de un fluido de trabajo se utiliza para transportar eficientemente grandes cantidades de calor sin requerir el suministro de energía eléctrica para el movimiento del fluido (McGlen, 2006). Estos emplean un fluido de trabajo como agua, amoníaco, etanol, metanol, acetona, R134a, etc; los cuales tienen propiedades que los hacen apropiados para su empleo, como elevado calor latente de evaporación, densidad del líquido, densidad del vapor, presión de vapor (Mozumder, 2010). El fluido de trabajo opera en un ciclo cerrado de dos fases (líquido y vapor), en donde la radiación solar absorbida por el colector heat pipe transfiere su energía al fluido de trabajo que se encuentra en estado líquido, éste incrementa su temperatura y pasa al estado vapor lo que ocurre en la región más baja del colector conocida como área de evaporación. El fluido en estado gaseoso asciende por el Heat Pipe hasta la región superior donde el fluido transfiere su calor y se condensa, debido al elevado calor latente de vaporización del fluido de trabajo éste puede transferir grandes cantidades de calor con un gradiente pequeño de temperatura al fluido que se quiere calentar, el cual puede ser líquido como el agua o gaseoso como el aire; esta zona se conoce como región de condensación.

Entre los factores que modifican la eficiencia del Heat Pipe se encuentra la selección adecuada del fluido de trabajo y el grado de llenado de éste, por lo que una adecuada selección de los mismos permite obtener rendimientos significativos del equipo (Togo, 2018).

Una de las aplicaciones de los colectores solares es el calentamiento del aire, con el fin de lograr un ahorro energético en aplicaciones agroindustriales como el secado de vegetales. Esto implica el desarrollo de un sistema de colectores que satisfagan la demanda de aire caliente que requiere el secado de dichos productos. Dependiendo de la capacidad de la cámara de secado se debe disponer de un cierto número de colectores modulares conectados entre ellos para este fin. Generalmente este tipo de sistemas aplicados en agroindustria no deben superar los 70°C a la salida de los colectores. Estos sistemas acoplados de colectores solares,

demonstraron su versatilidad y buen desempeño en el secado de productos agroindustriales (Condorí, 2006). En este trabajo se estudia la posibilidad de acoplar en serie y en paralelo dos colectores modulares planos basados en tecnología Heat Pipe (Togo, 2018) determinando en los sistemas de colectores el incremento de temperatura del aire, así como el flujo másico, el calor útil y el rendimiento de los sistemas de colectores ensayados.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Considerando el buen desempeño de los colectores Heat Pipe plano, en los cuales en un ensayo se varió el grado de llenado del fluido de trabajo en el colector (Togo, 2018) y en otro ensayo se varió el fluido de trabajo empleado por el colector (Togo, 2018). En este trabajo se determinó la diferencia de temperatura, el flujo másico, el calor útil y el rendimiento de dos placas colectoras dispuestas en serie y en paralelo.

El Heat Pipe Plano empleado está compuesto por dos láminas planas con moldura longitudinal de igual dimensiones enfrentadas, constituyendo un colector de 1,2 m x 0,11 m, en el que las molduras conforman tubos por donde el fluido de trabajo tiene libertad de circulación (Figura 1). Con la finalidad de aprovechar al máximo la absorción de la radiación solar que incide sobre la placa colector, se pintaron las láminas de color negro. La placa colector se encuentra dentro de una caja aislada, construida de madera y revestida en los laterales y en la base con lana de vidrio de 0,05m de espesor, para evitar pérdidas de calor de la placa hacia el medio ambiente. En la tapa de la caja se empleó policarbonato alveolar transparente de 0,004 m de espesor, material que por sus propiedades es buen aislante térmico y al ser transparente permite el paso de la radiación solar que incide sobre la superficie de la placa colector (Gomez Khairallah, 2017).

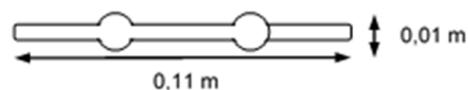


Figura 1: Vista de corte del colector (se observan los tubos conformados en el colector)

En la parte superior del colector plano delimitada por un tabique de madera se

encuentra un compartimento donde el aire circula en sentido transversal a la posición de la placa; esta circulación remueve la energía térmica ganada por la placa colectora y condensa el fluido de trabajo, región denominada de condensación. La región de condensación se encuentra delimitada por el tabique; posee un ventilador de 2w de potencia en una de sus paredes laterales y orificios en la pared opuesta permitiendo un flujo de aire en sentido transversal. El ducto de salida del aire es de 0,1m de diámetro de chapa zincada, aislada térmicamente (Figura 2).

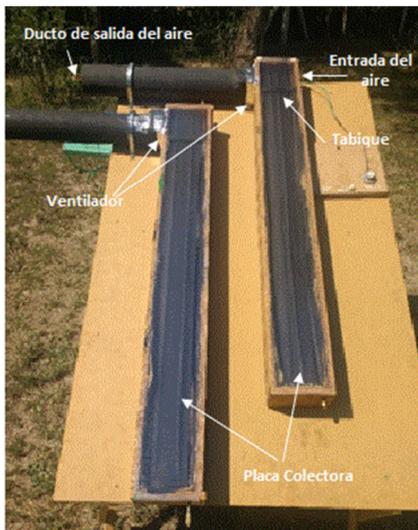


Figura 2. Descripción del colector solar plano.

El equipo diseñado tiene las siguientes características:

- Es un sistema cerrado por lo que la adecuada elección de los materiales, eliminaría los problemas de corrosión.
- Es un dispositivo pasivo.
- Se pueden diseñar y fabricar como módulos lo que facilitaría la instalación y el mantenimiento del equipo.
- La geometría característica de la placa colectora da mayores tasas de captación de radiación solar diaria (mayor área efectiva).
- Es un equipo robusto

Los colectores se llenaron al 10% de su capacidad empleando en uno de los colectores como fluido de trabajo nafta súper (colector 1) y

en el otro con alcohol etílico (colector 2); estos fluidos se seleccionaron por los valores logrados en ensayos previos, con los cuales se logró obtener buenos rendimientos del equipo (Togo, 2018).

Los ensayos se realizaron en tres configuraciones diferentes como se observa en la tabla 1: en la configuración A, se conectaron los dos colectores en serie; en la configuración B, se conectaron los colectores en paralelo empleando una unión T (este arreglo se ensayó aislando los tubos y sin aislación de los tubos); en la configuración C se conectaron los colectores en paralelo empleando una caja de MDF revestida con aislante térmico.

Tabla 1: descripción esquemática de las diferentes configuraciones ensayadas

Configuración	Esquema
A - equipos conectados en serie	
B - equipos conectados en paralelo	
C - equipos conectados en paralelo	

En la configuración A se conectaron ambos colectores en serie, empleando en la unión de ambos colectores un conector rectangular de MDF de 7mm de espesor, las dimensiones de la unión fue de 0,13x0,08x0,15 m. A la salida de ambos colectores se encuentran los ventiladores que impulsan el aire desde el exterior ingresando en el primer colector, recorriendo el área delimitada por el tabique, donde ocurre la transferencia de calor desde la placa del colector al aire que circula a través de ella. El aire calentado ingresa al segundo colector conectado en serie donde –nuevamente- ocurre la transferencia de calor del colector hacia el aire previamente calentado, el ducto de salida del aire es de 0,0078 m² donde se registró la velocidad y la temperatura del aire (Figura 2).



Figura 2: Colectores solares conectados en serie, mediante una unión.

En la configuración B, se ensayó acoplando los dos colectores en paralelo, empleando una unión T de PVC de 0,1m de diámetro a la salida de cada uno de los colectores individuales, donde se registró la velocidad y la temperatura del aire (Figura 3). Esta configuración se ensayó aislando los tubos y sin aislación de los mismos.



Figura 3: Colectores solares en paralelo, mediante unión T.

En la configuración C, los colectores se conectaron en paralelo, los ductos de salida de cada colector se unieron en un paralelepípedo de MDF de 0,29x0,12x1,12 m. La longitud de esta cámara permite que el aire caliente que sale de los dos colectores se mezcle (Figura 4). Tanto los acoples empleados en las diferentes configuraciones como los ductos empleados en la circulación del aire calentado en los colectores, se revistieron con aislante térmico aluminizado de 10mm, para evitar pérdidas de calor al medio ambiente.



Figura 4: Colectores solares en paralelo, mediante unión rectangular.

Durante el ensayo se registró la temperatura ambiente y la temperatura del aire a la salida de los colectores empleando termocuplas tipo K. También se registró la radiación solar con un radiómetro fotovoltaico y la velocidad del aire a la salida de los colectores con anemómetro de paletas.

Con las variables de interés se determina el flujo másico de aire que atraviesa el sistema de

colectores, el gradiente de temperatura alcanzado en los sistemas de colectores, el calor útil de los colectores y el rendimiento del sistema de colectores.

3 RESULTADOS

Los ensayos se realizaron en la provincia de Santiago del Estero, cuyas coordenadas de ubicación geográfica son 27°51'06.9"S 64°14'11.7"W; estos ensayos se realizaron en diferentes días de los meses de Abril y Mayo del año 2019, entre las 10:00 y las 16:00 h. Los colectores se dispusieron en un ángulo de inclinación de 27°, que corresponde al ángulo que, en el mes más desfavorable para esta latitud, los rayos solares inciden normal a la superficie de los equipos.

A partir de los valores medidos, en la Figura 5 se observa la diferencia de temperatura del aire a la entrada y salida de los sistemas de colectores en las configuraciones ensayadas en serie y paralelo, desde las 10h a las 16h. La diferencia de temperatura promedio alcanzada a partir de las 13h en la configuración A para los colectores acoplados en serie, fue de 25°C; en los colectores acoplados en paralelo se alcanzó en promedio una diferencia de temperatura de 13,5°C en configuración B (sin aislante) y de 15°C con aislante; en la configuración C se alcanzó en promedio una diferencia de temperatura de 12,4°C.

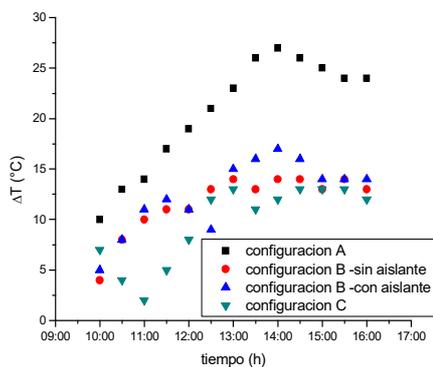


Figura 5: diferencia de temperatura para la configuración A, B (sin y con aislante) y C.

Se determinó el flujo másico empleando la ecuación 1, los parámetros medidos fueron la velocidad de circulación de aire en el tubo de

salida de aire y la temperatura del aire a la salida valor empleado para corregir la densidad del aire “ δ ”, A_t es al área transversal a la salida de los sistemas de colectores.

$$\dot{m} = \delta v A_t \quad (1)$$

En la Figura 6 se observa el flujo másico para el día 8 y 9 de abril, en la configuración A para el sistema de colectores conectados en serie. El flujo másico en promedio de los colectores 1 y 2 fue 0,00882Kg/s, el promedio del flujo másico del sistema de colectores en la configuración A fue de 0,00871Kg/s.

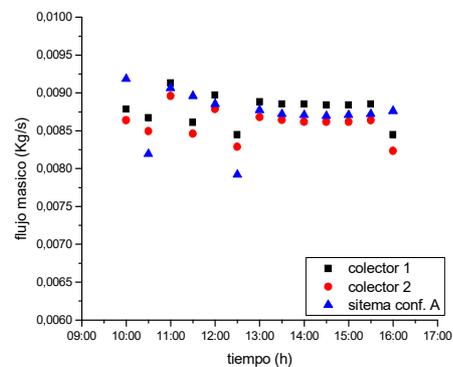


Figura 6: flujo másico de los colectores en serie y de la configuración A.

En la Figura 7 se observan los valores alcanzados por los sistemas de colectores en paralelo; el día 2 y 29 de febrero se ensayó el sistema de colectores en paralelo en la configuración B se midió con la unión T y los tubos sin aislante térmico, obteniendo un flujo másico promedio de 0,0122Kg/s. Y con aislante térmico se midió los días 2 de marzo y 7 de abril, logrando un flujo másico promedio de 0,0124 Kg/s. Con la configuración C se midió los días 13 y 14 mayo con un flujo promedio de 0,0116 Kg/s.

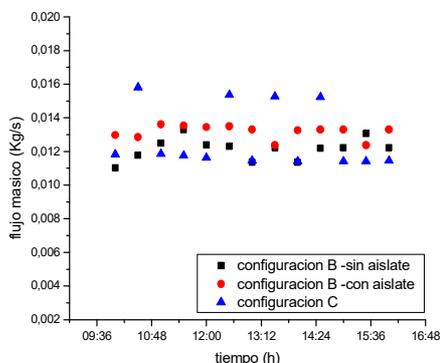


Figura 7: flujo másico de los colectores en la configuración B y C (paralelo).

Se determinó el calor útil captado por el sistema de colectores, empleando la ecuación 2.

$$\dot{Q}_u = \dot{m} C_p (T_s - T_e) \quad (2)$$

Donde \dot{Q}_u es el calor útil, \dot{m} es el flujo másico (Kg/s), C_p calor específico del aire a determinada temperatura (J/Kg °C), T_s es la temperatura del aire a la salida de los colectores y T_e es la temperatura ambiente del aire (°C).

El calor útil calculado durante los ensayos para los sistemas de colectores en la configuración A, en la configuración B (sin y con aislante) y en la configuración C se observa en la Figura 8. Donde se alcanzaron valores promedios a partir de las 13h del orden de 220J/s en la configuración A, en el sistema colector en configuración B sin aislante del 165J/s, en la configuración B con aislante es de 205 J/s y en la configuración C de 165J/s.

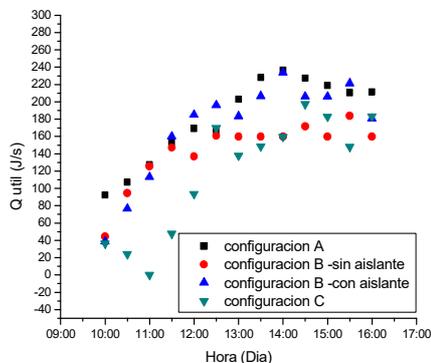


Figura 8: calor útil del sistema de colectores en la configuración A, B (sin y con aislante) y C.

El rendimiento instantáneo η de los sistemas de colectores en serie y en paralelo, se determinó empleando la ecuación 3 propuesta por Duffie (2013), donde se tuvieron en cuenta las correcciones por temperatura en la determinación del flujo de aire. Donde I es la radiación incidente instantánea en el plano del colector (W/m^2), A_c el área del colector (m^2), y el calor útil \dot{Q}_u (J/s).

$$\eta = \frac{\dot{Q}_u}{I A_c} \quad (3)$$

El rendimiento instantáneo promedio del sistema de colectores a partir de las 13h en la configuración A fue de 77% y en los arreglos en paralelo de los colectores fue del orden del 54% en la configuración B sin aislante 69% con aislante, en la configuración C alcanzó un rendimiento del 58% (Figura 9).

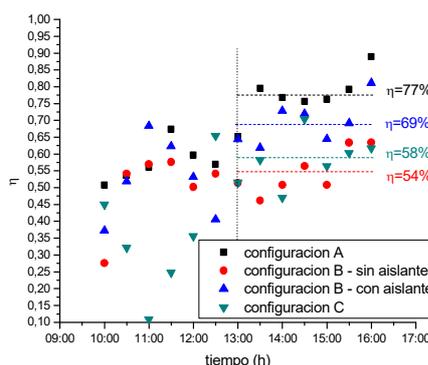


Figura 9: rendimiento del sistema de colectores en la configuración A, B (sin y con aislante) y C.

4 CONCLUSIONES

Los valores alcanzados en los ensayos de los colectores en serie y en paralelo, demostraron que es factible su uso en estas diferentes configuraciones. En los colectores en paralelo con la unión en T y con la caja, se alcanzaron valores de flujo másico semejantes entre sí, del orden del 0,012Kg/s, con diferencias de temperaturas promedio del 14°C, mientras que en la configuración en serie se alcanzó un flujo másico 28% menor, del orden del 0,0087Kg/s con diferencias de temperaturas promedio de 25°C.

Los flujos de calor en las configuraciones en serie y en paralelo configuración B con aislante son comparables entre sí, alcanzando un valor promedio del orden 220J/s y 205J/s respectivamente, un 23% mayor que las configuraciones en paralelo restantes.

Los rendimientos instantáneos de los sistemas en serie y en paralelo con unión T y aislante térmico alcanzaron valores promedios del orden del 65% y las configuraciones restantes alcanzaron rendimientos instantáneos promedio del 56%.

Como los colectores son de diseño modular, se pueden acoplar más colectores en serie, lo que permitiría alcanzar temperaturas superiores a la lograda durante estos ensayos (se debe mencionar que el incremento de temperatura entre la entrada y salida del aire no es lineal a medida que se acoplan más colectores al sistema) y, a su vez, éstos podrían acoplar otra fila en paralelo con el fin de lograr mayores caudales de ser necesario, dependiendo del uso ya sea industrial o domiciliario.

REFERENCIAS

- Goswami, D. Yogi. Principles of solar engineering. CRC Press, 2015.
- Srimuang, W., P. Amatachaya. A review of the applications of heat pipe heat exchangers for heat recovery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no 6, p. 4303-4315, 2012.
- McGlen, Ryan, P. Kew, D. Reay, *Heat pipes: theory, design and applications*. Elsevier, 2006.
- Mozumder, A. K., et al. Performance of heat pipe for different working fluids and fill ratios. *Journal of Mechanical Engineering*, vol. 41, no 2, p. 96-102, 2010.
- Togo, P., A., Gómez Khairallah, C., Cattaneo. Rendimiento térmico de colector solar plano basado en tecnología Heat Pipe con diferentes fluidos de trabajo. *Jornada. XIII jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA*. UNSE, pag 373 a 379, ISSN: 1853-6662 Número 4, Año 2018.
- P. Togo, A., Gomes Khairallah, Cattaneo. Heat Pipe para calentamiento de aire. (Colector solar plano), 2018.
<https://caim2018.com.ar/gestor/wp-content/uploads/2018/10/228.pdf>
- Condorí, M.; R., Echazú, L., Saravia, . Secador solar indirecto con flujo de aire forzado para Huacalera, Quebrada de Humahuaca. *Av. en Energías Renov. y Medio Ambiente*, vol. 10, p. 47-54, 2006.
- Gomez Khairallah A., C. Cattaneo, S. Togo, E. BIASONI, U. Gomez Khairallah; Colector solar de placa plana Heat Pipe Wickless para calentamiento de aire; *1er. Congreso Latinoamericano de Ingeniería*; Entre Ríos, Argentina; 2017. ISBN 978-987-1896-84-4
- Duffie, John A., and William A. Beckman. *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley & Sons, 2013.

Implementación de entornos virtuales de aprendizaje en escuelas experimentales de la UNT: desafíos y logros

Torres Auad, Lía F.¹, Auvieux, Nicolás G.¹, Guzmán, María Fernanda¹, Tártalo, Lina P.², José, Gustavo A.¹ y Martel, José Eduardo¹

(1) *Centro de Educación a Distancia e Investigación en Tecnologías Educativas, Facultad de Ciencias Exactas Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. cedite@herrera.unt.edu.ar*

(2) *Instituto Técnico de Aguilares, Universidad Nac. de Tucumán. linartalo62@gmail.com*

RESUMEN: El impacto que han causado las TIC en las actividades de la vida humana ha sido mayúsculo, tanto así que se podría hablar de la educación antes de las TIC y después de ellas. Cada ámbito o nivel educativo fue apropiándose de las TIC en sus propuestas aúlicas, desde la realización de pequeñas instancias didácticas, hasta la implementación de Plataformas Virtuales. Presentamos la experiencia del Instituto Técnico de Aguilares (UNT), que se planteó la necesidad de contar con un Entorno Virtual propio, atento a las características y necesidades del mismo, y adaptado al contexto y los objetivos definidos por el marco institucional. El proyecto implicó concientizar a los docentes de la importancia de los entornos virtuales en tanto se constituyen en la pieza fundamental de la Tecnología Educativa, como también planificar acciones de mejoramiento de los procesos enseñanza-aprendizaje, y repensar las estrategias buscando una mayor apropiación del conocimiento. Para ello la capacitación del personal de todas las áreas intervinientes fue central. La motivación y el compromiso mostrado por los docentes a la hora de diseñar las propias aulas, e implementar actividades desde las características propias de la modalidad virtual y centrada en el estudiante actual permiten ser optimistas en las próximas etapas de este trabajo en proceso.

ABSTRACT: The impact that ICTs have had on the activities of human life has been enormous, so much so that we could talk about education before and after ICTs. Each area or level of education was appropriating ICT in its aulic proposals, from the realization of small didactic instances, to the implementation of Virtual Platforms. We present the experience of the Technical Institute of Aguilares (UNT), which raised the need to have an own Virtual Environment, attentive to the characteristics and needs of it, and adapted to the context and objectives defined by the institutional framework. The project involved making teachers aware of the importance of virtual environments as they constitute the fundamental part of Educational Technology, as well as planning actions to improve teaching-learning processes, and rethinking the strategies to be developed and implemented with the students, seeking greater appropriation of knowledge. For this the training of the personnel of all the intervening areas was central. The motivation and commitment shown by teachers when designing their own virtual classrooms, and implementing activities from the characteristics of the virtual modality and focused on the current student allow to be optimistic in the next stages of this work in process.

Palabras claves: entornos virtuales, escuela media, mediación, capacitación

Keywords: virtual environments, middle school, mediation, training

1 INTRODUCCIÓN

El impacto que han causado las TIC en las actividades de la vida humana, incluyendo el área de educación ha sido mayúsculo, tanto así que se podría hablar de la educación antes de las TIC y

después de ellas, convirtiéndose en un punto de referencia obligado.

Desde el punto de vista epistemológico, queremos mencionar el aporte de C. Zabala, quien afirma lo siguiente: “se necesita la aplicación de las TIC en el campo educativo, con base en la pluralidad de recursos interactivos especificados para el

aprendizaje, ..., puesto que hoy se busca correlacionar la utilización de las tecnologías con un sinfín de actividades del hombre, guiadas por principios que demandan una acción reflexiva, interactiva y colaborativa; muy pertinentes en la tecnología educativa. De ahí que la intención de las TIC se centra en aprender con ellas, expandir experiencias y usarlas para que el aprender sea constructivo, contextualizado, auténtico y significativo”¹.

En nuestra tarea, iniciada por el CEDITE (Centro de Educación a Distancia e Investigación en Tecnologías Educativas) en el año 2010, nuestra convicción más profunda estuvo sostenida en esta expresión “aprender con las TIC”, comprendiendo las potencialidades de las mismas en el ámbito educativo. Las TIC como herramientas didácticas no solo brindan beneficios al estudiante en cuanto a la manera de concebir su educación, sino que también son capaces de ofrecer grandes ventajas para los docentes al ayudar a captar el interés de sus estudiantes, ya que por medio de estas herramientas se abren las posibilidades de comunicación y por lo tanto fortalece la relación docente-estudiante encaminado al mejoramiento del trabajo escolar, es decir la educación, y todo lo que en ella interactúa, jugando un papel importante puesto que es concebida como promotora de valores compartidos y responsable del desarrollo creativo y afectivo de los educandos (UNESCO, 2008)².

No obstante la expansión y globalización de la información y las comunicaciones como características propias de nuestro tiempo, a nivel educativo los aggiornamientos y/o adaptaciones llevan un tiempo mayor al esperado.

Cada ámbito o nivel educativo fue apropiándose de las TIC en sus propuestas didácticas en los primeros tiempos, desde la realización de pequeñas instancias didácticas, generalmente surgidas de iniciativas aisladas, hasta la implementación de Plataformas Virtuales.

2 LA EXPERIENCIA EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO

“Las plataformas de formación son potentes instrumentos que permiten diseñar, elaborar e implementar un entorno educativo que esté disponible en Internet con todos los recursos necesarios para cursar, gestionar, administrar y

evaluar las actividades educativas”. (Chiriani, 2004)³.

El camino andado en la facultad Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la UNT ha permitido la implementación de un entorno denominado FACETVirtual, nacido en 2011, que presta soporte aproximadamente al 70% de las asignaturas impartidas en carreras de grado de nuestra unidad académica, y cuyo número crece a pasos agigantados en los últimos dos años. Además se presta servicios a trayectos de posgrado y grupos de investigación.

Es importante destacar el efecto sinérgico que resulta de la implementación de una plataforma en el marco de un plan estratégico que permita configurar a todos los actores y prestaciones en un marco diseñado en torno a la adhesión a una corriente teórico- metodológica. Por ello, no es lo mismo “plataforma” que “entorno”.

Podemos definir un entorno virtual de aprendizaje como un sistema compuesto por diversos elementos conformando un entramado de relaciones que permiten el logro de un objetivo: el aprendizaje. Los componentes del Entorno Virtual son: la plataforma virtual que lo implementa y su conjunto de herramientas, los docentes-tutores, los alumnos, los modelos pedagógicos, los contenidos y las estrategias didácticas.

Un entorno virtual, entonces, resulta de la interacción de las herramientas de mediación brindadas por la plataforma con los actores del proceso enseñanza-aprendizaje. (Torres Auaud et.al, 2013)⁴

De hecho, la trayectoria y performance de este entorno virtual de la FACET motivaron a la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional de Tucumán a solicitar los servicios del CEDITE para la creación e implementación de una plataforma, actualmente en funcionamiento, denominada PsicoVirtual.

En ambos casos, el inicio de actividades de los Entornos Virtuales estuvieron acompañados por el correspondiente esquema de capacitación docente que garantizara un efectivo aprovechamiento de las bondades y prestaciones del software instalado, como así también el asesoramiento específico para la implementación de las herramientas didácticas con la orientación metodológica correspondiente y enmarcada en pautas de diseño instruccional.

Al respecto, la UNESCO (2008) señala que las TIC exigen que los docentes desempeñen nuevas funciones y requieren nuevas pedagogías y planteamientos en la formación docente. Obtener la integración de las TIC en el aula dependerá de la capacidad de los docentes para estructurar el ambiente de aprendizaje de forma no tradicional y fusionar las TIC con pedagogías nuevas en los procesos educativos. El nuevo rol docente puede enmarcarse dentro del campo organizacional, enfocado en propiciar ambientes positivos de aprendizaje. Uno de los roles más importantes es el de moderar las discusiones que se generan, las cuales, la mayoría de las veces, son las generadoras de instancias de construcción de conocimiento. Frente a la revolución tecnológica, los docentes deben replantear su enseñanza y aportar nuevas propuestas y recursos didácticos a su práctica educativa, acoger la tecnología digital y dejar de ser simples observadores en un proceso que no se detiene.

Entre las propuestas formativas planificadas y ofrecidas por el CEDITE podemos mencionar “Introducción a la Educación a Distancia: hacia la modalidad virtual”, con 5 cohortes, “Herramientas Multimedia para la práctica docente”, dictado en el año 2017 y la de mayor cantidad de ediciones: “Herramientas para la gestión de Aulas Virtuales”, taller práctico con un total de 10 cohortes, la última realizada a fines del año 2018.

Todas estas acciones, que involucran variados servicios y asesoramiento general se realizaron en el ámbito de la educación superior, hasta finales del año 2018, momento en que comenzaron las interacciones que dieron lugar al trabajo motivo de la presente comunicación: la implementación de un entorno virtual para el Instituto Técnico de Aguilares, dependiente de la UNT.

3 MODALIDAD VIRTUAL EN LA EDUCACIÓN MEDIA

Si bien se reconocen los significativos avances que se han llevado a cabo con las iniciativas articuladas entre la Nación, en nuestra provincia, las escuelas medias, en general, no cuentan todavía con Entornos Virtuales que acompañen, complementen y proyecten la educación en el secundario mediándola con tecnologías. De hecho, y utilizando recursos aislados, de acceso libre, muchos docentes innovan en sus clases, con

iniciativas cuasi personales, en un intento por subirse al tren y preparar a los estudiantes para el nivel superior, con todas las herramientas disponibles.

Sin embargo, la digitalización de las aulas es esencial para ofrecer mejores ciudadanos y futuros profesionales adaptados a los nuevos perfiles laborales.

Una forma diferente de intervención docente viene dado por la mediación tecnológica, en la cual el docente en su rol de “organizador y mediador en el encuentro del alumno con el conocimiento”, puede promover escenarios destinados al logro de aprendizaje a partir de estrategias educativas enriquecidas con las TIC, en las que se puedan crear situaciones de aprendizaje que estimulen al máximo las potencialidades de los alumnos.⁵

Por todo esto, es la misma escuela la que debe producir los cambios necesarios para acercarse a la realidad del entorno en que está inmersa y mediante acciones innovadoras generar desarrollo institucional y comunitario. El propósito de la innovación es el mejoramiento constante de los procesos de enseñanza-aprendizaje, para ello, los docentes deben asumir la responsabilidad de identificar las situaciones que se presentan en el proceso educativo.

“Como el Siglo XXI se desenvuelve cada vez más en el mundo virtual, la educación no se queda atrás y por tanto los sistemas educativos deben estar a la vanguardia en ese sentido, y como escuela debemos ser parte del rompecabezas de las aulas virtuales, haciendo que nuestra institución y programas curriculares se adapten a estos nuevos conceptos de enseñanza”.

4 DECISIÓN INSTITUCIONAL E IMPLEMENTACIÓN DEL SITIO

Esta convicción animó a la Dirección del Instituto Técnico de Aguilares a plantearse seriamente la posibilidad de contar con un Entorno Virtual propio, que pueda cumplir con las características

y necesidades distintivas del Instituto, adaptándose al contexto y a los objetivos definidos por el marco institucional. En este sentido se estimó necesario planificar y generar los espacios para poder contar con los componentes que debe integrar un campus virtual: un sistema de Gestión de Aprendizajes (LMS), un sistema de Gestión de Contenidos (CMS) y un depósito de Objetos Virtuales de Aprendizaje, (OVA).

En sucesivas y conjuntas reuniones con los integrantes del CEDITE, responsable de la implementación y puesta a punto de otros entornos virtuales institucionales, el IT- Aguilares comenzó a delinear las acciones requeridas para llevar adelante esta renovación no sólo tecnológica, sino también pedagógico-metodológica.

La institución dispuso, como punto de partida, las acciones inherentes a lograr una efectiva conectividad, mediante Internet fijo o móvil y fácil acceso a componentes. Luego se dio paso a las tareas específicas de puesta a punto del Entorno Virtual.

La plataforma elegida para la implementación fue Moodle, un programa informático interactivo de carácter pedagógico que posee una capacidad de comunicación integrada, de reconocida trayectoria a nivel global, de distribución libre, con permanentes actualizaciones y nuevas funcionalidades disponibles.

El Campus virtual del Instituto Técnico de Aguilares⁶ fue creado en el primer semestre de 2019, al tiempo que dio comienzo a la primera capacitación destinada a los docentes de la institución.

En un siguiente paso se asumió el desafío aún mayor que implicó un verdadero cambio en las actitudes educativas; la concientización de los docentes acerca de la importancia de los entornos virtuales como complemento de la actividad áulica tradicional, y la necesidad de capacitación en éste sentido, conjuntamente con la aceptación de los nuevos modelos pedagógicos.

5 OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA EN IT DE AGUILARES

La necesidad de realizar acciones de mejoramiento continuo de los procesos educativos, y específicamente el de enseñanza-aprendizaje, hace que surjan cuestionamientos sobre cuáles son las estrategias viables que se pueden desarrollar e implementar con los estudiantes, buscando una mayor apropiación del conocimiento. Es así que entre los objetivos planteados desde la institución, es posible especificar:

- La formación docente en el nuevo paradigma de la modalidad virtual.
- El replanteo de las propuestas individuales, lo que implica una re-organización de cada asignatura o curso y la planificación relacionada con el currículo y basada en el diseño instruccional.
- La motivación de los estudiantes para la participación plena en las nuevas propuestas y mediante la interacción permanente con el Entorno virtual.
- La posibilidad de creación de material educativo propio, a partir del diseño multimedia con el uso de animación, textos, imágenes, audio y video. Esto incluye, no solo el diseño del material para los alumnos sino también para la capacitación de los profesores para permitir una clara interacción entre el facilitador y los participantes.

Desde la FACET, institución largamente vinculada a las escuelas medias de educación técnica de la UNT, la experiencia permitiría cumplir con varios objetivos globales proyectados desde Decanato: retomar puentes de vinculación con el nivel medio, realizar acciones que permitan despertar vocaciones tempranas y acercar a los aspirantes de ingreso de localidades del interior de la provincia. Además, y principalmente, permitir que los estudiantes se familiaricen con un entorno virtual de aprendizaje, entendiendo que será parte fundamental de su paso por la universidad desde el mismo Curso de Apoyo y Ambientación con el cual inician su actividad en el nivel de educación superior.

6 CAPACITACIÓN DOCENTE

Mientras se llevaban a cabo las tareas de implementación del Entorno Virtual, se definieron y desarrollaron los lineamientos de la formación que se brindaría a los docentes interesados en esta primera etapa.

La propuesta de capacitación tenía una doble finalidad: entrenar en el uso de las herramientas y prestaciones que la plataforma de software Moodle, que implementa el entorno, ofrece a los usuarios, como también orientar y asesorar respecto de las pautas metodológicas de aplicación en instancias áulicas.

Por ello, los objetivos planteados de la capacitación podrían resumirse en: actualizar la formación de los profesionales de la docencia, de diversos cargos y funciones, en el uso pedagógico de las TIC, promoviendo la reflexión sobre las prácticas, para lograr una mejora en las trayectorias educativas de los estudiantes; proponer múltiples recursos para la formación, producción e intercambio de experiencias relacionadas con los aprendizajes mediados por nuevas tecnologías; ampliar el campo de experiencia de los educadores a través del aprendizaje de nuevos conocimientos e instrumentos que les permitan diseñar estrategias de trabajo en las aulas y las escuelas, y ofrecer un espacio de discusión crítica en torno a la inclusión de las TIC en la gestión educativa, la enseñanza y las prácticas escolares.

Para este equipo de trabajo, coincidiendo con Díaz-Barriga (2010), *“el proceso para promover docentes innovadores no solo depende de la formación y capacitación en técnicas y conceptos. Cuando los docentes inician el proceso de innovación están sometidos a varias situaciones, la modificación de sus creencias y actitudes, transformar sus prácticas, implicaciones de carácter motivacional, concepciones didácticas, sus experiencias previas, entre otras”*⁷.

El curso de capacitación estuvo diseñado con un objetivo específico: entrenar al docente desde la vivencia misma de ser “alumno” en la virtualidad, de modo de potenciar su entrenamiento en la acción tutorial, base ineludible de toda actividad virtual efectiva. Al ser participante de un curso en la modalidad virtual puede experimentar todas las circunstancias involucradas en el proceso y las necesidades específicas de un Tutor en funciones.

A raíz del análisis del público destinatario, se pudo caracterizar a los participantes como graduados universitarios en su mayoría, con cargos en múltiples instituciones de nivel medio, lo cual origina un sinnúmero de limitaciones horarias propias de la misma actividad. Por ello, la propuesta de capacitación fue aprobada como curso de posgrado en la modalidad semi-presencial, con dos clases presenciales en los horarios más convenientes que pudieron ser consensuados.

Las clases se dictaron en la sede del Instituto, en la ciudad de Aguilares, contando con 42 inscriptos entre docentes, personal administrativo y personal auxiliar. La organización de los contenidos y las actividades es semanal, y el participante cuenta con un esquema que consta de los siguientes recursos: contenidos teóricos respecto de los principios y pautas metodológicas de la modalidad virtual, los nuevos roles del docente y del alumno, entre otros, una Guía de Actividades, que enumera las tareas obligatorias a desarrollar, como por ejemplo, participación en los foros especialmente diseñados y descripción de los elementos a incorporar en su propia Aula Virtual.

Como parte del diseño instruccional, la planificación respecto del aprendizaje y la incorporación de los instrumentos de la plataforma Moodle que cada participante realiza en el aula dispuesta para estructurar su propia propuesta de aula extendida¹, está acompañado por tutoriales paso a paso, incluidos en la Guía de Actividades. El participante cuenta también con un foro de consultas técnicas disponible las 24 hs.

7 PLANTEAMIENTO SIGNIFICATIVO DE LOS DOCENTES DE ASIGNATURAS DE ALTO CONTENIDO PRACTICO

Al comienzo de la capacitación se hicieron evidentes algunas resistencias muy fuertes evidenciadas especialmente entre los docentes a cargo de talleres y los de la asignatura de educación física. El planteo, “cómo implementar aprendizajes de conocimientos eminentemente prácticos” sin presencialidad, era atendible, debido a la inexperiencia en la modalidad y el desconocimiento de los alcances y potencialidades de los recursos y herramientas de la plataforma virtual.

Sin embargo, la disposición al aprendizaje durante el proceso y la apertura hacia las indicaciones y sugerencias del Tutor permitieron revertir de manera significativa estas opiniones previas.

El proceso desarrollado durante casi ocho semanas del curso logró que los responsables de este tipo de materias descubrieran las enormes posibilidades que surgen del uso de los Videos Tutoriales para el aprendizaje de contenidos procedimentales.

Es importante destacar que un tutorial es una guía paso a paso para realizar específicamente una tarea y solo esa tarea, es diferente a un manual ya que el manual pretende mostrar un programa completo⁸.

ⁱ *Aula extendida: espacio virtual que expande la actividad áulica tradicional complementando las clases presenciales desde un entorno que posibilita el desarrollo de actividades e interacciones sin limitaciones de tiempo y espacio.*

El video tutorial como estrategia de aprendizaje permite recibir la información de forma visual y auditiva para posteriormente ponerla en práctica de manera efectiva y obtener el resultado de aprendizaje deseado. Están muy recomendados ya que permiten repasar el contenido las veces que sea necesario hasta que el alumno logre los conocimientos deseados o el desarrollo de alguna habilidad planteada.

Citamos aquí a González Castelán, que afirma “*El uso de diferentes sentidos para el aprendizaje permite que este se logre de mejor forma, por ejemplo, es mejor escuchar y ver, que solo ver o que solo escuchar, entre más sentidos utilices en el proceso de enseñanza, el proceso de aprendizaje se dará de mejor forma. Lo visto queda más en la memoria que lo escuchado, pero si se escucha y se ve, la comprensión de ese conocimiento es perdurable*”⁹.

Los docentes encontraron en los tutoriales una herramienta valiosísima para interactuar con los estudiantes de los Talleres, especialmente por la masificación del uso de dispositivos móviles y las computadoras con acceso a internet entre los estudiantes junto con los servicios Wi-Fi ofertados por la institución, confirmando la investigación de Rodríguez Santos (2016) que posiciona a los videos tutoriales como “*herramientas que potencian el proceso de aprendizaje*”¹⁰.

En un primer momento los docentes-participantes del curso, consideraron utilización de videos tutoriales a partir de la búsqueda de material existente en la web y su reutilización en el marco de sus propias asignaturas.

Sin embargo, una vez reconocida la enorme potencialidad de los videos tutoriales, los docentes se mostraron muy interesados en la producción de sus propios videos, alentados por la sencillez de uso de los dispositivos actuales que permiten la grabación de videos de manera casi sin esfuerzo.

“El video es una tecnología que permite la captura, la grabación, edición, transmisión y reproducción de secuencias de imágenes, lo que hace que grabar videos tutoriales sea en cierta forma una tarea relativamente sencilla, gracias a los adelantos tecnológicos actuales; la elaboración del contenido de los mismos es lo que requiere un esfuerzo mayor pues de él depende que se cumplan los objetivos trazados que son en definitiva la esencia de estos” (Cárdenas Martínez, 2013)¹¹.

Haber logrado modificar la pre-concepción acerca de las limitaciones de la modalidad virtual respecto de las disciplinas de contenido práctico, ha constituido uno de los mayores logros de esta experiencia en la institución, puesto que no basta con esgrimir las innumerables investigaciones e implementaciones a nivel mundial que dan cuenta de la calidad de la educación virtual respecto de la presencialidad, demostrando los mismos y mejores niveles de aprendizajes cuando se implementa con la adecuada planificación y diseño instruccional.

Frente a las resistencias, la educación a distancia y digital va tomando ventaja sobre los formatos presenciales. Cuando los diseños pedagógicos son acertados, la calidad de los aprendizajes digitales está probada.... En consecuencia, el caso es que a estas alturas del siglo XXI se hace difícil poner en duda la eficacia y eficiencia de proyectos educativos no presenciales que estén soportados

*por sólidos diseños pedagógicos
 (García Aretio, 2017)¹²*

8 IMPORTANCIA DE LA ACCIÓN TUTORIAL

Otro de los aspectos positivos, que fue ampliamente planificado desde la concepción misma de esta propuesta formativa, fue lograr la comprensión, por parte de los docentes, y desde su propia experiencia como alumnos, de las implicancias del nuevo rol docente en la virtualidad, especialmente desde el nuevo rol de facilitador de los aprendizajes.

El docente virtual cumple a pleno con función, en primer lugar, con el logro de buenas comunicaciones e interacciones en el campus, en lo que solemos resumir como la “acción tutorial”. Es decir, no basta con una planificación consciente y responsable del proceso de enseñanza aprendizaje en la nueva modalidad, del diseño instruccional de las asignaturas, de los recursos y herramientas puestas en juego en el aula virtual. El acompañamiento y la función específica como Tutor son aspectos insustituibles para el logro de aprendizajes.

“Podemos sintetizar que el rol del formador/tutor que permita la consecución de los aprendizajes zanjando las barreras de la distancia transaccional, se centrará en: ayudar al estudiante a identificar sus necesidades de aprendizaje, motivarlo para mantener y reforzar la constancia y el esfuerzo que el aprendizaje requiera, ofrecerle una guía y orientación con respecto al proceso que hay que seguir, reconocer el grado de consecución de los objetivos de aprendizaje y proponer las medidas necesarias para su mejora, resolver dudas y orientar el estudio, valorar los aprendizajes conseguidos al final del proceso”¹³.

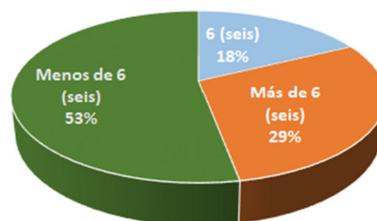
9 DE LAS ENCUESTAS

Para el equipo de trabajo era necesario contar con información directa acerca del desarrollo de la capacitación, por lo que en la etapa de planificación de la misma se diseñaron 4 (cuatro) encuestas puestas a disposición de los participantes en distintas semanas del curso en el entorno. Esto nos permitió contar con datos

analizables aún antes de culminar el trayecto formativo, con la consecuente posibilidad de ir optimizando la propuesta.

Como mencionamos en párrafos anteriores, la realidad del docente del nivel medio en general está marcada por la limitación de horario disponible para otras actividades fuera de la docencia, aun cuando se trate de perseguir la formación continua y la innovación. Si bien esto depende de la cantidad de hs. cátedra de cada uno en particular, las actividades extra-áulicas relacionadas con la labor docente insumen muchas horas.

Cantidad de horas semanales les insume el curso



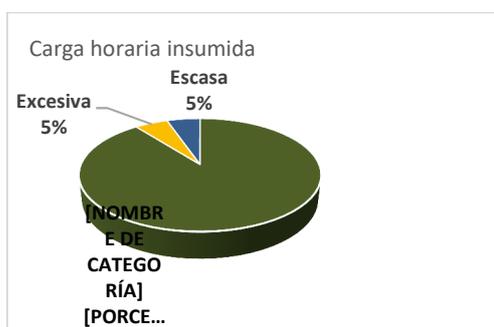
Por ello, a la hora de planificar la propuesta formativa nos preocupamos de presentarla de tal manera de convencer a los interesados de las facilidades que otorga la semi-presencialidad, y del acompañamiento permanente que estábamos dispuestos a ofrecerles. Uno de los primeros temas consultados en la encuesta estuvo vinculado a la cantidad de horas utilizadas a la participación en el curso. En el gráfico 1.1 se observa que más del 50% de los participantes ocupaban menos de 6 horas semanales, y de acuerdo al gráfico 1, el 90% de los mismos opina que la carga horaria insumida es la apropiada, por lo que asumimos que uno de los objetivos está parcialmente cumplido.



Ante la pregunta referida al Aula Virtual del curso propiamente dicha, respecto de si les

resultaba intuitiva, es decir, amigable, los resultados nos motivan a un replanteo de la organización y loo&feel de la misma. Veamos la fig.2.

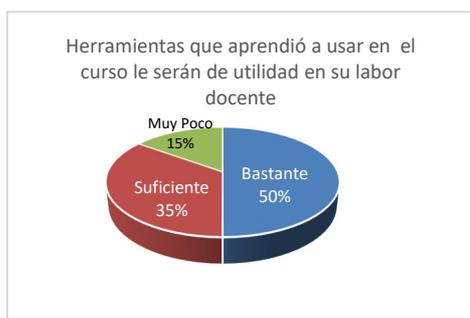
El 26% de los participantes consideran que el aula virtual sólo algunas veces es intuitiva, podrían estudiarse algunos pequeños cambios que permitan integrar a ése sector para el cual el recorrido y trabajo en el aula no resulta tan amigable.



La gradualidad en la presentación de los temas sobre la plataforma MOODLE fue adecuada en un 90%, mientras que el 10% asume que es muy rápida. La actividad semanal les pareció adecuada al 100% de los encuestados.

Respecto al momento en que las tareas de trabajo en el aula virtual de su asignatura fueron realizadas, encontramos datos expuestos en el gráfico 4 que son de gran utilidad.

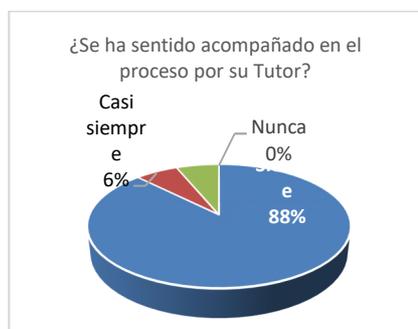
Otro de los aspectos a evaluar, que permitió corroborar el logro del objetivo orientado a mostrar a los docentes las potencialidades de la plataforma, era aquel referido a la visión de los profesores respecto de la utilización de las herramientas aprendidas y su aplicación directa en las aulas de sus respectivas asignaturas.



Hemos comprobado con mucha satisfacción que el 85% de los participantes han considerado que las herramientas aprendidas serán de utilidad en su actividad docente, mientras que sólo un 15% opina que serán de poca utilidad.

Al ser preguntados puntualmente por algunas actividades, las de mayor consenso fueron los foros, los glosarios, y los cuestionarios de evaluación on line.

10 RESPECTO DE LA PARTICIPACIÓN DE LOS TUTORES VIRTUALES DEL CURSO

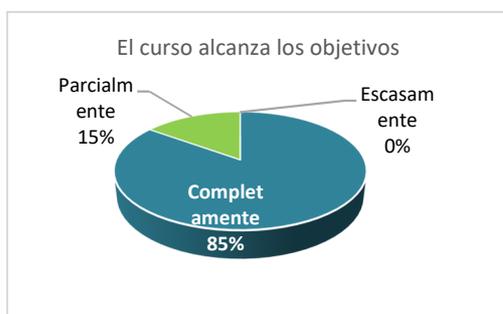


Evaluar el desempeño de los docentes tutores de trayecto formativo fue valioso al comprobar la efectividad de las actividades puestas en juego a la hora de enseñar, a partir de ejemplos concretos, cómo realizar el acompañamiento, la motivación y la canalización de dudas y cuestiones que dificulten los aprendizajes. Casi el 90% de los participantes han percibido esta acción tutorial durante su proceso de capacitación, por lo que el esfuerzo puesto en juego dio los resultados esperados.



La percepción acerca de la presencia del Tutor está relacionada, la mayoría de las veces, con la celeridad y efectividad con las que el tutor

responde a las consultas realizadas en la plataforma. Por ello se procuró el ingreso a la plataforma por lo menos tres veces en el día. Las formas y estilos de comunicación se vuelven igualmente importantes, como la actitud proactiva y la calidez y la amabilidad demostradas en cada interacción, siempre interesados por la realidad del estudiante, referenciando comentarios o palabras que él mismo haya manifestado, lo que denotará el constante seguimiento del Tutor.



Finalmente, la pregunta acerca del cumplimiento de los objetivos del curso, permite concluir que la inmensa mayoría de los docentes participantes percibe la consecución de los objetivos planteados por el curso al comenzar el trayecto formativo. Algunos comentarios concretos: “el curso fue muy enriquecedor...”, “El dictado fue muy bueno y el material entendible y pertinente...”, “También destaco el valor de los foros y la ayuda de los tutores”, entre otros.

11 CONCLUSIONES

Los objetivos generales y específicos tanto del CEDITE-FACET como los propios del Instituto Técnico de Aguilares han sido alcanzados. La plataforma virtual ya está implementada y se lanzó la primera capacitación de docentes. La motivación y el compromiso mostrado por los docentes a la hora de diseñar las propias aulas, e implementar actividades desde las características propias de la modalidad virtual y centrada en el estudiante actual permiten ser optimistas en las próximas etapas de este trabajo en proceso.

El trayecto formativo no sólo entrenó a los participantes en la aplicación y utilización de las herramientas propias del campus, sino también

implicó el asesoramiento acerca del diseño instruccional de las actividades virtuales implementadas y su correspondiente renovación metodológica.

El proyecto implicó concientizar a los docentes de la importancia de los entornos virtuales en tanto se constituyen en la pieza fundamental de la Tecnología Educativa, como también planificar acciones de mejoramiento de los procesos enseñanza-aprendizaje, y repensar las estrategias buscando una mayor apropiación del conocimiento.

Uno de los logros más significativos fue la incorporación de los videos tutoriales como instrumento destacado que los docentes de asignaturas eminentemente prácticas encontraron para comprender las posibilidades de la virtualidad aún en materias con gran cantidad de contenidos procedimentales.

Por otro lado, la devolución de los docentes en las encuestas permitió confirmar el rumbo y comenzar la planificación de nuevas capacitaciones en temáticas como, producción de material educativo específico y, fundamentalmente, formación en la Función Tutorial, en lo que demostraron especial interés.

De hecho destacaron la acción tutorial desarrollada en el curso y comprendieron la importancia del acompañamiento y seguimiento permanente del estudiante al vivenciar ellos mismos la experiencia del alumno virtual. Entre los comentarios textuales, podemos mencionar “*El tutor ha tenido un rol fundamental durante toda la capacitación*” y “*Estímulo permanente para continuar aprendiendo y gran poder de síntesis; mucha claridad en sus apreciaciones y devoluciones*”. Estas apreciaciones orientan los lineamientos de la futura capacitación que les ofrezca las bases y fundamentos teóricos, como también el entrenamiento que los entrene para ejercer el rol tutorial en un ambiente tan particular como el de la educación media, con sus luces y sombras.

Por último, se divisan diversos intersticios que permiten vislumbrar concretas articulaciones de la educación superior y el nivel medio, entre la facultad de las carreras de ingeniería por excelencia con el Instituto Técnico de Aguilares, que nutre el número de aspirantes al ingreso a la FACET año a año.

REFERENCIAS

- 1 Carmen Zabala, Hermelinda Camacho y Sila Chávez (2013), "Tendencias epistemológicas predominantes en el aprendizaje de las TIC en el área de la educación". *TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Cs. Sociales, UNIV. R. Belloso Chacín* ISSN 1317-0570 - Vol. 15 (2): 178 – 194
- 2 Sandra Rocío Parra Sarmiento, Marcela Georgina Gómez Zermeño y María Manuela Pintor Chávez, (2015), "Factores que inciden en la implementación de las TIC en los procesos de Enseñanza-aprendizaje", *Revista Complutense de Educación- Vol. 26 Núm. Especial (2015) 197-213*
- 3 Chiarani, M.; Pianucci, I.; Lucero, M. (2004), "Criterios de Evaluación de Plataformas Virtuales de Código Abierto para Ambientes de Aprendizajes Colaborativos", *Anales del VI Workshop de Investigadores en Cs. de la Computación (WICC 2004) Neuquén, Argentina, ISBN 950-665-337-2.*
- 4 Torres Auad, Lía et. Al (2013) "Entornos Virtuales de Aprendizaje en la educación superior: riesgos y promesas. Claves para el diseño e implementación de aulas virtuales y extendidas", *Revista CET N° 36. ISSN 1668 – 9178*
- 5 Coromoto Chirinos Perozo (2015), *La mediación tecnológica para la construcción de conocimiento matemático desde la complejidad, MULTICIENCIAS, Vol. 15, N° 1, (106 - 112) - ISSN 1317-2255*
- 6 <http://itaguilares.unt.edu.ar/>
- 7 DÍAZ-BARRIGA, F. (2010). *Los profesores ante las innovaciones curriculares. Revista Iberoamericana de Educación Superior, 1(1).* Recuperado de: <http://ries.universia.net>
- 8 <http://www.clublia.com/los-tutoriales-una-ventana-a-la-educacion-del-manana/>
- 9 González Castelán, Yazmín. "El video tutorial como herramienta de apoyo pedagógico". *Extraído desde <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n1/e8.html>*
- 10 Rodríguez Suárez, Alex Mauricio, "Los videos tutoriales como herramienta formativa". *INGENIO UFPSO – Vol. 10 – Ene-Junio 2016 - p-ISSN 2011-642X e-ISSN 2389-864X – Edición Especial*
- 11 Cárdenas Martínez, J. A. (2013). "Video tutorial virtual como herramienta didáctica en el desarrollo de capacidades en geometría analítica en los estudiantes de ingeniería". Lima, Colombia: Universidad de San Martín de Porres.
- 12 García Aretio, (UNED 2017), "Educación a distancia y virtual: calidad, disrupción, aprendizajes adaptativo y móvil", *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, I.S.S.N.: 1138-2783*
- 13 Torres Auad et al., (2012), "Eficacia en la Función Tutorial en Entornos Mediados de Aprendizaje", *VII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, SEDICI, Repositorio Institucional de la UNLP, <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18317>*

Eficiencia de *Eisenia foetida* como bioacumulador de Fe, Cu, Zn y Se

Velasquez Guzman, Enzo Francisco^{1,2}, Giunta, Sandra Adriana^{1,2}, Cruz, Mariana Fernanda¹; Alcázar, Nilda¹

(1) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy. enzofranvg@gmail.com

(2) CIITeD – CONICET/ Universidad Nacional de Jujuy.

RESUMEN: Los oligoelementos Fe, Cu, Zn y Se, deben ser suministrados en la dieta de animales y humanos y su deficiencia es causa de enfermedades. La lombriz (*Eisenia foetida*) podría bioacumular estos minerales en su tejido, constituyendo un producto factible y alternativo para ser usado como suplemento nutricional de animales. Se utilizó como control un sustrato de vermicompost, previamente caracterizado en función del pH, % humedad, % cenizas y concentraciones de oligoelementos, y se prepararon sustratos enriquecidos con tres dosis (baja, media y alta) de cada elemento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de compost fortificados con distintas dosis de oligoelementos sobre el crecimiento (peso y longitud), mortalidad y las concentraciones en tejido. No se observaron fugas ni decesos durante el experimento. Las lombrices expuestas a bajas dosis de Fe y Cu y dosis media de Se presentaron mayor longitud que el grupo control. Para dosis media de Zn se observó el mayor porcentaje de variación de peso. Para dosis baja, media y alta de Cu se observaron los mayores aumentos de concentración en tejido. Sin embargo, para todos los tratamientos, las lombrices presentaron altas concentraciones de todos los oligoelementos y, si se comparan con algunos alimentos de la dieta diaria, constituyen un producto alternativo para compensar la deficiencia de estos microelementos.

ABSTRAC: The trace elements Fe, Cu, Zn and Se, must be supplied in the diet of animals and humans and their deficiency is a cause of diseases. The worm (*Eisenia foetida*) could bioaccumulate these minerals in its tissue. This is a feasible and alternative product to be used as an animal nutritional supplement. A vermicompost substrate was used as a control, previously characterized as a function of pH, %humidity, %ashes and concentrations of trace elements. Substrates were prepared enriched with three doses (low, medium and high) of each element. The objective of this work was to evaluate the effect of fortified compost with different doses of trace elements on growth (weight and length), mortality and tissue concentrations. Leaks or deaths were not observed during the experiment. The earthworms exposed to low doses of Fe and Cu and average doses of Se presented greater length than the control group. For the average dose of Zn, the highest percentage of weight variation was observed. For low, medium and high doses of Cu, the greatest increases in tissue concentration were observed. However, for all treatments, earthworms showed high concentrations of all trace elements. If these are compared with some foods of the daily diet, they constitute an alternative product to compensate for the deficiency of these microelements.

Palabras claves: Micronutrientes, suplemento, bioacumulación

Keywords: Micronutrients, supplement, bioaccumulation.

1 INTRODUCCIÓN

Los micronutrientes son minerales que los organismos vivos precisan en cantidades relativamente pequeñas para llevar a cabo diversas funciones biológicas importantes que contribuyen a un funcionamiento normal del mismo, deben ser suministrados en la dieta y su deficiencia es causa de enfermedades. Entre ellos, el Fe es importante para el transporte de oxígeno en todo el cuerpo y su deficiencia produce anemia, el Zn es un componente de enzimas y su deficiencia está relacionada al crecimiento defectuoso y reducción del apetito, el Cu también es un componente de enzimas y su carencia también produce anemia, y el Se que es un antioxidante importante para la eliminación de radicales libres y su deficiencia produce una afección de los músculos cardíacos (Fennema *et al.*, 2010).

Muchos alimentos son pobres en el contenido de estos oligoelementos y una alternativa para solventar la carencia de estos es el suministro de productos ricos en estos minerales, garantizando eficiencia en la asimilación y competitividad económica.

La lombricultura es una biotecnología de bajo costo y elevado interés ecológico y nutricional, a partir de la cual se pueden reciclar los desechos orgánicos (Pérez-Godínez *et al.*, 2017; Das *et al.*, 2016) y así obtener dos productos: humus y harina de lombriz de alto valor proteico (Velasquez Guzman *et al.*, 2017; Bahadori *et al.*, 2015; Mombach *et al.*, 2014) y alto porcentaje de oligoelementos por la capacidad de estos anélidos de bioacumular minerales en su tejido (Marcó *et al.*, 2012). Existen antecedentes de investigaciones acerca de la incorporación de harina de lombriz en balanceados para animales debido a su aporte proteico como, por ejemplo, aves, peces y roedores (Velasquez Guzman *et al.*, 2017; García *et al.*, 2009). Algunos países orientales como, por ejemplo, China, Japón, Filipinas y Taiwán han incorporado la harina de lombriz al consumo humano. No obstante, es importante resaltar que, en la mayoría de los países, el prejuicio cultural y la falta de información de los beneficios que presenta esta lombriz son los que no han permitido su utilización oficial en el campo alimenticio humano (Schuldt, 2011).

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, el objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad

de la lombriz (*Eisenia foetida*), también conocida como lombriz roja californiana, para bioacumular los microelementos Cu, Fe, Zn y Se.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

1.2 Obtención y caracterización del compostaje

Para los ensayos se usó un compostaje (C) formado por una mezcla de residuos orgánicos provenientes de la elaboración de alimentos y estiércol equino de la Quebrada de Jujuy, previamente caracterizado fisicoquímicamente mediante la medida de los siguientes parámetros: pH, humedad, cenizas, Fe, Cu, Zn y Se (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización química del compost

Parámetro	Valores
pH	7
Humedad (%)	50
Cenizas (%)	38
Fe (mg.kg ⁻¹)	21267
Cu(mg.kg ⁻¹)	62
Zn(mg.kg ⁻¹)	140
Se(μg.kg ⁻¹)	75

Se midió el pH por triplicado utilizando un pHmetro digital. El porcentaje de humedad se determinó por secado en estufa a una temperatura de 100 °C hasta peso constante. El contenido de cenizas se obtuvo por el Método de la AOAC (calcinación en mufla a 550 °C). La concentración inicial de Fe, Cu y Zn se determinó mediante el método desarrollado por Marcó *et al.* (2012): se pesó 1 g del material seco y se sometió a un proceso de digestión húmeda con HNO₃ y H₂O₂, se filtró la muestra y se analizó en el espectrómetro de absorción atómica para cuantificar los elementos Fe, Cu y Zn a una longitud de onda de 248, 324 y 213 nm, respectivamente (García *et al.*, 2009). La determinación de Se se realizó por el método de generación de hidruros: se mezcló una alícuota de 1 mL de muestra digerida junto a 1 ml de HCl 5M y se colocó en un baño térmico a 150 °C durante 60 minutos para asegurar la pre reducción del selenio a Se (IV), luego se transfirió la muestra a un balón aforado de 10 mL, se aforó con una solución de HCl 0,5M y la mezcla se llevó al generador de hidruros acoplado al espectrómetro de absorción atómica para la conversión del Se (IV) a SeH₄ utilizando una solución de

borohidruro de sodio (3% m/V) en hidróxido de sodio (3% m/V) y se midió a una longitud de onda de 204 nm.

2.2 Preparación de soluciones de cada oligoelemento

Teniendo en cuenta las concentraciones iniciales de los elementos Fe, Cu, Zn y Se en el compost inicial, se prepararon soluciones de cada microelemento a distintas concentraciones: dosis baja (DB), dosis media (DM) y dosis alta (DA) como se detalla en la Tabla 2; las cuales se suministraron a 150 g de compost. Este ensayo se realizó por triplicado. En el caso del hierro, se preparó una solución de 70000 mg/L de sulfato de hierro (II) al 99,5 % de pureza. Para los restantes elementos, Cu, Zn y Se, el enriquecimiento se realizó con patrones comerciales (nitrato de Cu y Zn y óxido de Se en HNO₃) de 1000 mg/L de la marca Merck

Tabla 2. Dosis de Fe, Cu, Zn y Se empleadas en los sustratos.

Elementos	DB	DM	DA
Fe (mg/l)	20.000	22.000	24.000
Cu (mg/l)	60	80	100
Zn (mg/l)	150	180	210
Se (µg/l)	80	100	120

3.2 Obtención y cría de las lombrices de tierra

Las lombrices de la especie *Eisenia foetida* en estado adulto se obtuvieron del laboratorio BIOLAB de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy.

Los experimentos se llevaron a cabo en vasos con capacidad para 150 g de compost previamente caracterizado. Se seleccionaron anélidos sanos, de aproximadamente el mismo peso y tamaño, y se inocularon 5 de ellos por cada tratamiento con las distintas dosis de oligoelementos (Tabla 2), las cuales se suministraron a razón de 1 ml/día durante 15 días. Paralelamente al desarrollo de los distintos tratamientos se elaboró un tratamiento como control (C), el cual consistió en el agregado solamente de agua. También se roció agua diariamente en los distintos sustratos usando un pulverizador para mantener el nivel de humedad (70 – 80%). Se controlaron el pH y la temperatura diariamente con un peachímetro y termómetro digitales, respectivamente. Los ensayos con cada tratamiento se realizaron por triplicado.

4.2 Obtención de harina de lombriz

Las lombrices fueron separadas del lombricompost, se lavaron profusamente, se purgaron 24 horas en una solución de gelatina al 2,5% para eliminar restos de lombricompost de su interior y luego se lavaron en un recipiente con agua e insuflación de aire (Velasquez Guzman *et al.*, 2017). Después de esto, los anélidos fueron medidos y pesados. Los mismos fueron sacrificados mediante shock osmótico con una solución de NaCl al 4%, se lavaron con abundante agua y se colocaron en estufa a 60°C durante 9 horas hasta alcanzar una humedad entre el 5 y 10%. Finalmente, las lombrices secas se sometieron a una molienda hasta el grado de un producto harinoso homogéneo que se conservó a 5 °C para sus posteriores análisis.

5.2 Composición de minerales de la harina

La determinación de humedad se realizó por el método de secado en estufa. Cenizas por el Método de la AOAC (calcinación en mufla a 550 °C). La determinación de Fe, Cu y Zn se llevó a cabo por el método desarrollado por Marcó *et al.* (2012) y la de Se por el método de generación de hidruros, ambos nombrados anteriormente.

6.2 Análisis estadístico

Todos los datos informados son las medias aritméticas de tres réplicas. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y Método de Tukey para determinar diferencias significativas entre los parámetros analizados a un nivel de significancia de 0.05%.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la cría de las lombrices no se observaron fugas ni decesos. En la tabla 3 podemos observar que el tratamiento para dosis media de Zn presentó el mayor porcentaje de variación de peso de *Eisenia foetida* en comparación con los resultados obtenidos para altas y bajas dosis del mismo elemento, y también para las distintas dosis del resto de oligoelementos. En cuanto a los tratamientos con distintas dosis de estos últimos, los anélidos presentaron variaciones de peso parecidas. Marcó *et al.* (2012) reportaron resultados diferentes, obteniendo menor variación de peso de las lombrices de esta misma especie aplicando una dosis de 210 mg/kg de Zn, lo cual

pudo deberse a que los ensayos se llevaron a cabo en distintas condiciones. Si se comparan los pesos obtenidos para todos y cada uno de los tratamientos con las distintas dosis de oligoelementos con el grupo control, se aprecia que este último presenta mayor variación de peso que los anteriores. Por lo tanto, la ganancia de peso de las lombrices es menos favorecida por la alimentación de las mismas con compost fortificados con Fe, Cu, Zn y Se a distintas concentraciones. Tabla 3. Peso de las lombrices suplementadas con las distintas dosis de oligoelementos (n=3).

Elemento	Peso inicial (mg)				Peso final (mg)			
	DB	DM	DA	C	DB	DM	DA	C
Fe	140a	140a	150b	150b	190c	180d	200b	280a
Cu	150a	140b	150a	150a	190b	180c	190b	280a
Zn	160b	150a	150a	150a	210c	220b	200d	280a
Se	150a	160c	140b	150a	190c	200b	190c	280a

Letras diferentes en la misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 4. Longitud de las lombrices suplementadas con las distintas dosis de oligoelementos ($n=3$).

Elemento	Longitud inicial (cm)				Longitud final (cm)			
	DB	DM	DA	C	DB	DM	DA	C
Fe	6,4c	6,5b	6,6b	6,5a	7,7a	7,2b	6,7c	7,2b
Cu	6,6a	6,6a	6,5b	6,5b	7,5a	7,0c	6,9d	7,2b
Zn	6,5b	6,5b	6,6a	6,5b	6,9c	6,8d	7,1b	7,2a
Se	6,4b	6,5a	6,4a	6,5b	6,7a	7,4b	6,5d	7,2c

Letras diferentes en la misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

Respecto a la longitud alcanzada por las lombrices al final del ensayo (Tabla 4), aquellas expuestas a bajas dosis de Fe y Cu y dosis media de Se presentaron mayor variación de longitud que el grupo control y el resto de los tratamientos, es decir, contribuyen a un mejor desarrollo de los anélidos.

En la tabla 5 se puede observar diferencias significativas entre dosis baja, media y alta de Cu y el grupo control, todas las dosis de Cu contribuyeron a un mayor aumento de concentración de este oligoelemento en tejido en comparación con el grupo control.

Todos los tratamientos con dosis de Fe y el grupo control presentan diferencias significativas en cuanto a la concentración de Fe en tejido, observándose un aumento de la cantidad de este elemento en tejido en comparación con el grupo control.

En cuanto a la concentración de Zn en tejido, para dosis baja y alta de este elemento se aprecian

diferencias significativas en comparación su dosis media y el grupo control. Las DB y DA de Zn contribuyen a un mayor aumento de este oligoelemento en tejido que la DM en comparación con el grupo control. No se observan diferencias significativas entre DM de Zn y el grupo control en cuanto a la concentración de Zn en tejido.

Las dosis baja y alta de Se presentan diferencias significativas respecto al grupo control en cuanto a la concentración de este elemento en tejido. Para todas las dosis de Se se obtuvo menor concentración de este elemento en tejido que el grupo control. Marcó *et al.* (2012) también reportaron resultados similares.

Si se compara el contenido de Fe, Cu, Zn y Se de la harina de lombriz proveniente del grupo control con algunos alimentos de la dieta diaria (Tabla 6), se puede observar que es mucho mayor dicho contenido, por lo cual se podría considerar que esta harina constituye un producto alternativo para compensar la deficiencia de estos microelementos en humanos.

Tabla 5. Concentración de Fe, Cu, Zn y Se en tejido de *Eisenia foetida* (n=3).

Elemento	DB	DM	DA	C
Fe (mg/100g)	63,5b	58,6c	75,4a	45,2d
Cu (mg/100g)	9,2a	6,5c	7,8b	3,9d
Zn (mg/100g)	16,7a	12,4c	13,6b	12,9c
Se (µg/100g)	10b	11a,b	9b	15a

Letras diferentes en la misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 6. Ingesta diaria recomendada (IDR) de algunos alimentos de la dieta diaria.

Alimento	Fe (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Zn (mg/100g)	Se (µg/100g)
Carne de vaca	2,18	0,075	5,06	28,1
Leche entera de vaca	0,03	0,025	0,37	3,7
Cereal de salvado de avena	29,9	0,317	7,72	77
Pescado (carpa)	1,24	0,057	1,48	12,6
Harina de trigo	3,71	0,475	2,96	12,7
Garbanzo	4,31	0,66	2,76	0
Harina de lombriz	45,2	3,9	12,9	15

CONCLUSIONES

Los compost fortificados con distintas dosis de Fe, Cu, Zn y Se contribuyen muy poco a la ganancia de peso de *Eisenia foetida*.

Las lombrices alcanzan mayor longitud cuando son alimentadas con compost fortificados con dosis bajas de Fe y Cu y dosis media de Se.

La concentración de Fe, Cu y Zn en el tejido de lombriz, varía de acuerdo a su dieta.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bahadori, Z., L. Esmaylzadeh and M.A.K. Torshizi. The Effect of earthworm (*Eisenia foetida*) and vermicompost meal in diet on broilers chicken efficiency and carcass components. *Biological Forum*, 7, 998-1005, 2015.

Das D., P. Bhattacharyya, B.C. Ghosh and P. Banik. Bioconversion and biodynamics of *Eisenia foetida* in different organic wastes through microbially enriched vermiconversion technologies. *Ecological Engineering*, 86, 154-161, 2016.

Fennema, O. R.; S. Damodaran y K. L. Parkin. *Química de los alimentos (3ª edición)*. Editorial ACRIBIA, S. A. España, 2010.

García, D. E; Cova, L. J.; Castro, A. R.; Medina, M. G. y Palma, J. R. Efecto del sustrato

alimenticio en la composición química y el valor nutritivo de la harina de lombriz roja (*Eisenia spp.*). Revista científica, FCV-LUZ, 9 (1), 55-62, 2009.

Marcó L. M., L. Materano, D. Verde, J. A. Moreno, Y. Ríos y G Torres. Eficiencia de acumulación de Fe, Cu, Zn y Se en lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) como base para la elaboración de un suplemento nutricional con oligoelementos. *Avances en Química*, 7(1), 35-41, 2012.

Mombach P.I., D. Pianesso, T. J. Adorian, J. Uczay and R. Lazzari. Farinha de minhoca em dietas para juvenis de jundiá. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(2), 151-157, 2014.

Pérez-Godínez E. A., J. Lagunes-Zarate, J. Corona-Hernández and M. Barajas-Aceves. Growth and reproductive potential of *Eisenia foetida* (Sav) on various zoo animal dungs after two methods of pre-composting followed by vermicomposting. *Waste Management*, 64, 67-78, 2017.

Schuldt M. 2011. *Lombricultura teoría y práctica*. Madrid – Barcelona – México. Mundi-prensa.

Velasquez Guzman E. F., S. A. Giunta y M. F. Cruz. *La lombriz (Eisenia foetida): Fuente de proteína no convencional para la nutrición animal*. España. Editorial Académica Española, 2017.

Los cuestionarios de Moodle como herramienta en el proceso de aprendizaje de alumnos de Análisis Matemático I

Vidoni, Claudia M.¹; Copa, Beatriz E.² y Berejnoi, Carlos³

(1) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.*
marielavidoni15@gmail.com

(2) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.*
beaemil@gmail.com

(3) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.*
berejnoi@gmail.com

RESUMEN: A partir del año 2018 en la cátedra de Análisis Matemático I de las carreras de ingeniería, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, se implementan en la plataforma Moodle actividades obligatorias para los alumnos bajo la modalidad de cuestionarios. Las calificaciones obtenidas son incluidas en el cálculo de la nota final en el cursado promocional de la asignatura. Además de tener incidencia en la promoción, estas actividades tienen como principal objetivo contribuir a mejorar el proceso de aprendizaje del estudiante. Los cuestionarios constan de preguntas con distintos formatos, conteniendo ejercicios prácticos, conceptuales y de comprensión de textos, sobre temas de cálculo diferencial e integral de una variable real. Los alumnos realizan estas actividades en los plazos establecidos, siendo éstos siempre más amplios que aquellos correspondientes a los trabajos prácticos presenciales. En este trabajo se presenta un análisis de los resultados obtenidos en la implementación de este recurso didáctico, realizando una comparación con años anteriores. Teniendo en cuenta estos resultados y los de una encuesta realizada a los alumnos que cursan la asignatura Análisis Matemático I, se logra visualizar la incidencia de dicha implementación.

SUMMARY: Since 2018 the course “Análisis Matemático I”, pertaining to the curricula for the Engineering School at “Universidad Nacional de Salta”, has implemented virtual quizzes for students on the Moodle platform. The scores thereby obtained are included in the calculation of the final mark for the course. Not only do these activities play a deciding factor in determining students’ final marks for the course, but they also serve the aim of improving the teaching-learning process for them. The quizzes consist of questions in different formats, containing practical, conceptual and reading comprehension tasks, all of which revolve around the topic of differential and integral calculus of one real variable. The students carry out these activities within the established deadlines, which are always more ample than those set for in-class assignments. This paper presents an analysis of the results obtained from the implementation of this didactic resource, by drawing a comparison with previous years. Taking into account these results and those from a survey taken by students from the course “Análisis Matemático I”, it is possible to determine the effect these activities have on learner performance.

Palabras claves: Análisis Matemático I–cuestionarios-Plataforma Moodle

Keywords: calculus-quizzes-Moodle platform

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es reflejar la incidencia de la puesta en marcha de una nueva metodología de evaluación, basada en los cuestionarios que proporciona la plataforma virtual Moodle.

La experiencia se llevó a cabo en la cátedra de Análisis Matemático I de la Facultad de Ingeniería, en la Universidad Nacional de Salta. El grupo afectado está conformado por alumnos del primer año que cursan la asignatura.

La materia posee un régimen promocional desde el año 1999. Para promocionar, el alumno debe

llevar a cabo una serie de actividades influyentes en la nota de promoción.

Al determinar la calificación final se tienen en cuenta los resultados obtenidos con los diferentes instrumentos de evaluación: nota de parciales o recuperatorios, notas de las evaluaciones por tema, nota de los cuestionarios realizados en la Plataforma Moodle, y la presentación de los trabajos prácticos en tiempo y forma.

De los instrumentos mencionados anteriormente, los dos últimos permiten llevar un seguimiento del alumno, con el objetivo de consolidar posteriormente una nota conceptual del mismo, la cual influye en un 15% en la calificación final.

El presente trabajo hace énfasis en los cuestionarios de Moodle, ya que la nueva metodología consiste en la incorporación de los mismos como herramienta en el proceso de aprendizaje. Dicha actividad tiene inicio en el segundo cuatrimestre del año 2018 y continúa vigente.

El principal objetivo, de la implementación de los cuestionarios de Moodle, fue contribuir a mejorar el proceso de aprendizaje. Se buscó:

- Adentrar al alumno en el aprendizaje digital.
- Estimular la capacidad de razonamiento del alumno y su comprensión lectora.
- Incrementar las asistencias a las clases de consultas y la participación en las clases prácticas y teóricas.
- Proveer un mecanismo de autoevaluación al alumno.
- Estimular al alumno a llevar al día la asignatura.
- Ayudar al docente a determinar los temas en que el alumno necesita refuerzos.
- Impulsar al docente a crear momentos de debate sobre temas asociados a los cuestionarios que generan controversias entre los alumnos.

Se considera que los aspectos detallados anteriormente estimulan el desarrollo de competencias tanto en el alumno como en el cuerpo docente, y permiten perfeccionar paulatinamente la mediación pedagógica.

A lo largo de este trabajo se explicarán detalles de la implementación de este instrumento de evaluación, y su influencia sobre el cuerpo docente y el grupo de alumnos que fueron partícipes de la actividad.

2 METODOLOGÍA IMPLEMENTADA

A partir del segundo cuatrimestre del año 2018 la Cátedra de Análisis Matemático I, decidió incorporar a sus instrumentos de evaluación, los cuestionarios de la Plataforma Moodle.

La actividad relacionada a los cuestionarios tiene influencia sobre la nota conceptual del alumno, por dicha razón es de carácter obligatoria.

Antes del año 2018, la calificación conceptual se obtenía mediante las asistencias a las clases prácticas y las entregas en tiempo y forma de los trabajos prácticos. Es decir, si el alumno asistía al 100% de las clases prácticas y entregaba todos los trabajos prácticos en tiempo y forma, accedía a 15 puntos de 100 para su calificación final. Cabe destacar que el reglamento de la asignatura establece como obligatoriedad el 80% de asistencias a clases prácticas y el 100% de la entrega de trabajos prácticos, de modo que el crédito que recibe el alumno por la actividad realizada es relativamente alto, pues el esfuerzo extra que debe realizar es mínimo, ya que gran parte de esta actividad es obligatoria.

Como es de público conocimiento, la educación basada en competencias CONFEDI (2016 y 2018), ha alcanzado un alto auge. Hoy en día se pretende lograr que el alumno desarrolle habilidades que le permitan alcanzar sus objetivos de una manera eficiente y dentro de los plazos estipulados.

Cabe destacar que los alumnos que acceden a la promoción, antes del año 2018, en su mayoría alcanzaron la calificación mínima 7 (siete). También estos en su mayoría obtienen los 15 puntos de la calificación conceptual.

Con la implementación de los cuestionarios, se pretende que el alumno, alcance la promoción, a través del uso de un mecanismo de autoevaluación, que le permitirá llevar al día la asignatura. Es decir, que pueda alcanzar calificaciones mayores a las mínimas. Esto es posible estimulando el desarrollo de competencias en el alumno. Por otro lado se pretende que si el alumno logra obtener los 15 puntos de 100

de calificación conceptual, se deba a su responsabilidad y desempeño. Esta metodología fomenta que el alumno asuma un compromiso, desarrolle habilidades cognitivas y de razonamiento, integre conceptos, ejercite su comprensión lectora y cumpla con plazos establecidos.

Un aspecto importante que se tuvo en cuenta, en el momento de elegir la metodología, es que el aprendizaje digital en la educación crece considerablemente. Esto se debe a que proporciona herramientas que fomentan una educación atractiva como menciona Neira (2014). Dentro de las herramientas digitales que se emplean en la cátedra para el desarrollo de la asignatura, se encuentra la Plataforma virtual Moodle, en la cual se trabaja desde 2008 Berejnoi (2009), facilitando a través de la misma material conceptual al alumno, participando de foros de discusiones, notificando sobre acontecimientos o información importante, entre otras cosas.

Luego de investigar a fondo sobre Moodle y conocer el abanico de posibilidades que ofrece, se decidió trabajar con los cuestionarios de la plataforma, los mismos pueden ser empleados como cuestionarios de entrenamiento o de evaluación como destaca López (2010); en la asignatura, cumplen el rol de evaluación, ya que a través de estos se determina la calificación conceptual del alumno.

2.1 Grupo objetivo y fecha de implementación

Los cuestionarios en la plataforma se implementan desde el segundo cuatrimestre del año 2018 al presente. Los mismos, tienen como destinatarios a los alumnos del primer año de las carreras de ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta.

2.2 Personal a cargo

El personal a cargo de comandar la actividad es el plantel docente de la cátedra, el mismo está integrado por doce docentes, entre quienes se distribuyen los temas del programa analítico para formular las preguntas, que luego serían añadidas al banco de preguntas en la plataforma Moodle.

Se asignó a un docente por cada cuestionario para su posterior administración, dado que el mismo tiene caducidad, se habilita al comenzar el práctico correspondiente y se deshabilita pasada una semana de la finalización del práctico en cuestión.

2.3 Materiales

Para implementar la nueva metodología se utilizó la plataforma virtual educativa Moodle y la bibliografía recomendada por la cátedra de Análisis Matemático I. El alumno debe contar con

un dispositivo que le permita acceder a la Plataforma, y en caso de no disponer de un medio adecuado, los estudiantes tienen acceso a dos salas de cómputos de la Facultad de Ingeniería, con veinte computadoras cada una.01

2.4 Detalles: Cuestionarios de Moodle

La metodología consiste en la implementación de los cuestionarios que proporciona Moodle como mecanismo de evaluación. Determinando estos un 10% de la calificación conceptual. De esta manera, la misma, queda determinada por el 10% correspondiente a la nota obtenida en los cuestionarios y el 5% en la presentación de los trabajos prácticos en tiempo y forma.

La actividad consiste en una serie de preguntas que el alumno deberá responder respetando los tiempos, ya que la misma tiene caducidad.

Cada cuestionario está asociado a un trabajo práctico que se habilita al comenzar la clase práctica correspondiente y se deshabilita pasada una semana de finalización de las clases asociadas a ese trabajo práctico.

Los cuestionarios constan de cuatro preguntas. Estas se clasifican en tres categorías, por disposición de la cátedra. Las categorías son: ejercicios prácticos, ejercicios conceptuales y ejercicios de comprensión lectora. Cada una de estas categorías, poseen entre ocho y quince ejercicios, lo que permite construir un cuestionario eligiendo aleatoriamente las preguntas. Cada cuestionario consta de dos ejercicios prácticos, uno de comprensión lectora y uno ejercicio conceptual.

Las preguntas son presentadas en distintos formatos. A continuación se muestran los formatos utilizados, en la Figura 1 ejercicios de verdadero o falso, en la Figura 2 ejercicios de opciones múltiples y por último en la Figura 3 ejercicios para completar oraciones.

Cabe destacar que existen otros formatos de preguntas, que la cátedra no implementa actualmente, sin embargo es posible que en un futuro se decida implementarlas.

Indique el valor de verdad de la siguiente expresión:

$$\lim_{x \rightarrow -1} \frac{ax^2 - a}{x + 1} = 5 \Rightarrow a = -2$$

Seleccione una:

Verdadero

Falso

Figura 1: Modelo de cuestionario del tipo verdadero o falso.

El siguiente limite

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{\text{sen}(x^2)}{x^2} \right)$$

es igual a:

Seleccione una:

a. 1

b. 0 (cero)

c. ∞

Figura 2: Modelo de cuestionario de opciones múltiples.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2^x + 7}{1 + 5^x} \quad \square$$

= 0. no existe. = 1. es infinito.

Figura 3: Modelo de cuestionario para completar oraciones.

Los ejercicios prácticos, Figura 4, son aquellos en los que el alumno debe realizar un mecanismo de resolución. Son ejercicios relativamente cortos, pero requieren que el alumno comprenda en su totalidad el tema y que realice una integración de los conceptos involucrados.

Pregunta 1

Sin responder aún

Puntúa como 1,00

Resuelva:

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\ln(x)}{(x - 1)}$$

Seleccione una:

a. e

b. 0

c. 1

Figura 4: Modelo de cuestionario de ejercicios prácticos.

Los ejercicios conceptuales, como se muestra en la Figura 5, son teóricos. Al igual que con los ejercicios prácticos se pretende entrenar la capacidad de razonamiento del alumno, ya que las preguntas a pesar de aparentar sencillas, requieren de una buena comprensión del tema en cuestión, y de un buen entendimiento de la consigna, ya que en ocasiones las opciones de respuestas son parecidas y el alumno deberá identificar las diferencias que presentan para responder correctamente.

Si $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = +\infty$ y $\lim_{x \rightarrow a} g(x) = L$, con $L \in \mathbb{R}$ entonces

1. $\lim_{x \rightarrow a} (f(x) - g(x)) = \square \quad \updownarrow$

2. si $L > 0$, $\lim_{x \rightarrow a} f(x) \cdot g(x) = \square \quad \updownarrow$

3. si $L < 0$, $\lim_{x \rightarrow a} f(x) \cdot g(x) = \square \quad \updownarrow$

Figura 5: Modelo de cuestionario de ejercicios conceptuales.

En la Figura 6 se muestra un modelo de los ejercicios de comprensión lectora, se presenta al alumno un fragmento de texto de un tema en particular, extraído de un texto, de la bibliografía, de la asignatura. El estudiante debe leer el texto, y responder una pregunta relacionada con el mismo. El objetivo de este tipo de ejercicios es ejercitar al alumno en lo que respecta a la comprensión de textos, dado que en la actualidad, se observan grandes dificultades en los alumnos sobre este aspecto.

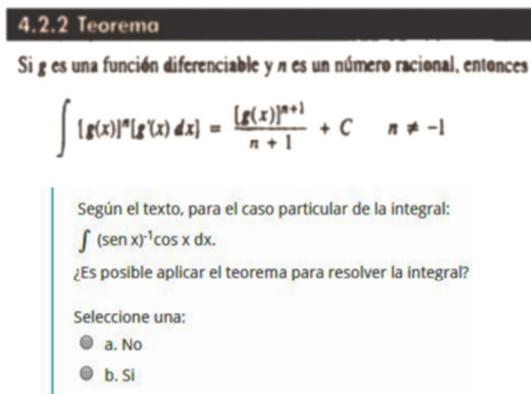


Figura 6: Modelo de cuestionario de ejercicios de comprensión lectora.

El alumno tiene la posibilidad de realizar la actividad o de no hacerlo, pero en caso de no participar perderá el puntaje asociado a los cuestionarios.

Si el alumno responde los cuestionarios, pero sus respuestas son incorrectas, igualmente recibirá gran parte del puntaje.

El puntaje correspondiente a la calificación de los cuestionarios tiene la siguiente distribución: 80% por ingresar y responder el cuestionario, y el porcentaje restante corresponde al obtenido en la calificación del cuestionario. Con esto se pretende motivar al alumno a que participe de la actividad.

Se considera igualmente beneficioso para el estudiante que responda aun cuando no sea correcta su respuesta. Esto se debe a que el alumno en primera instancia empezará a conocer el funcionamiento de la plataforma virtual Moodle y tendrá interacciones con la misma. Además, el resultado incorrecto de su respuesta despertará en él un interés sobre la pregunta asociada, e incluso, puede que considere un desafío realizar correctamente la siguiente actividad.

3 RESULTADOS

Con el objetivo de exponer los resultados obtenidos a través de la implementación de los cuestionarios, se realizó una encuesta anónima a un grupo de alumnos, una reunión debate entre los docentes de la asignatura y se analizan las planillas globales de cuatrimestres anteriores y posteriores a la implementación de la actividad para luego comparar y concluir.

3.1 Encuesta a los alumnos

Al concluir el dictado de la asignatura correspondiente al primer cuatrimestre del año 2019, se realizó una encuesta anónima a los 174 alumnos que finalizaron el cursado y alcanzaron la promoción o el acceso a la etapa global.

El objetivo de dicha encuesta es reflejar cómo influyó la actividad en los alumnos.

Los parámetros indicadores que se tuvieron en cuenta en el momento de confeccionar la encuesta fueron: el tiempo que les demandó responder cada cuestionario, si consideraron útil o no la actividad fundamentando sus razones, momentos en que visualizaban por primera vez cada cuestionario, opiniones y sugerencias.

A continuación se presentan las preguntas realizadas y los gráficos estadísticos acerca de las respuestas obtenidas para posteriormente formular una conclusión.

3.1.1 ¿Realizaste la actividad de los cuestionarios durante el cursado de la asignatura?

Tabla 1. Respuestas obtenidas

Respuesta	Porcentaje
Si	77,4%%
No	22,6%

Como se visualiza en la Tabla 1, se puede concluir que el 77,4% de los alumnos participaron de la actividad.

3.1.2 ¿Considera útil la actividad?

Tabla 2. Respuestas obtenidas

Respuesta	Porcentaje
Útil	90,5%
No útil	9,5%

El 90,5% de los alumnos que participaron de la actividad, la consideró útil. Entre las numerosas razones que expresaron, se puede destacar que la percibían como un importante mecanismo de autoevaluación, lo cual les permitía comprender en qué temas estaban fallando o necesitaban enfocarse para pulir sus conocimientos.

Mencionan que la actividad en cierto modo les obligaba a asumir el compromiso de llevar al día los trabajos prácticos, ya que para poder responder correctamente las preguntas, debían tener en claro los conceptos en cuestión.

De los alumnos que consideraron no útil la actividad, la principal razón que manifestaron fue, que en ocasiones la plataforma Moodle se saturaba, lo cual obligaba al alumno a postergar la actividad para luego olvidar realizarla.

3.1.3 ¿Cuánto tiempo le demanda desarrollar la actividad?

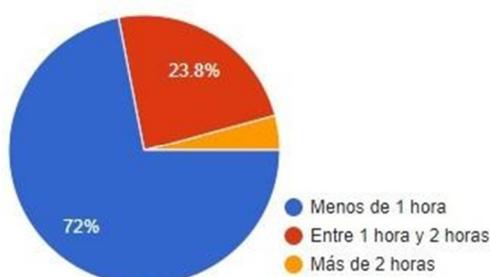


Figura 8: Respuestas obtenidas.

De acuerdo a las respuestas obtenidas, se puede concluir que la actividad no demanda demasiado tiempo.

3.1.4 ¿En qué momento abre el cuestionario?

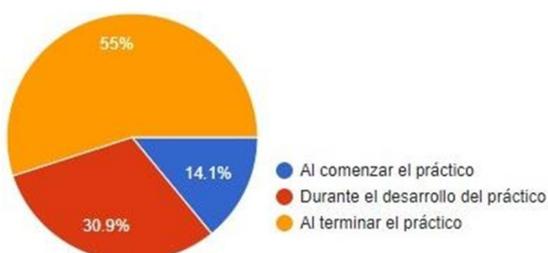


Figura 9: Respuestas obtenidas.

El 55% respondió que abría el cuestionario al finalizar el práctico, ya que es el momento en el que contaban con los conocimientos necesarios para que la actividad sea fructífera. El resto de los alumnos, respondió al comenzar o durante el práctico, con el objetivo de visualizar las preguntas para comprender en qué enfocarse durante el desarrollo del mismo, pero realizaron la actividad de los cuestionarios al finalizar el práctico.

Luego de responder las preguntas de la encuesta, cada alumno tuvo la posibilidad de expresar sus

sugerencias, muchas de ellas interesantes y están expuestas en la conclusión del trabajo.

3.2 Análisis de Planillas globales

Con el objetivo de realizar un análisis comparativo, de la incidencia de los cuestionarios en el rendimiento de los alumnos, se realizó una revisión minuciosa de las planillas globales de los años 2016, 2017 y primer cuatrimestre de 2018, momentos en que aún no se implementa la actividad, y de las planillas globales del segundo cuatrimestre del año 2018, y del primer y segundo cuatrimestre del año 2019 momentos en que la actividad ya se encuentra vigente.

La Tabla 3, en su primera columna (año-cuat), hace referencia al año y cuatrimestre de los datos de las columnas siguientes; la segunda indica si la metodología implementada con Moodle está vigente o no

(Moodle); la tercera indica la cantidad de alumnos que promovieron la asignatura y que fueron al global (Total); la cuarta el porcentaje de alumnos promovidos (%prom); y la quinta columna corresponde al porcentaje de alumnos que obtuvo el puntaje total (15 puntos de 100) de la nota conceptual (% nc).

Tabla 3. Porcentaje de alumnos promovidos

año-cuat	Moodle	Total	% Prom	% nc
2016-1º	No	161	62%	97%
2016-2º	No	163	60%	96%
2017-1º	No	192	57%	100%
2017-2º	No	135	73%	93%
2018-1º	No	177	71%	88%
2018-2º	Si	131	56%	5%
2019-1º	Si	174	54%	0%
2019-2º	Si	152	66%	0%

Como se visualiza en la Tabla 3, al implementar la metodología asociada a los cuestionarios de la plataforma virtual Moodle el porcentaje de alumnos promovidos disminuyó.

Para comprender a qué se debe la variación en los porcentajes, es necesario extender en el tiempo la experiencia y continuar evaluando los resultados. Cabe destacar también, que antes de la vigencia de los cuestionarios, la mayoría de los alumnos obtenían el puntaje total asociado a la calificación conceptual.

A partir del año 2018, el porcentaje de alumnos que alcanzó los 15 puntos de nota conceptual

disminuyó considerablemente, de todos modos, la mayoría obtuvo un puntaje entre 12 y 14,8.

Para analizar si la nueva metodología, influye de forma negativa en el rendimiento académico del alumno, se analiza las calificaciones finales de los alumnos promovidos en la Tabla 4.

En la Tabla 4, se presentan las calificaciones obtenidas de los alumnos promovidos en cada año y el porcentaje de alumnos que adquirió cada una.

Tabla 4. Porcentaje de alumnos promovidos

a-c	Moodle	Pro m	7	8	9
2016-1°	No	161	64 %	23 %	13 %
2016-2°	No	163	54 %	33 %	13 %
2017-1°	No	192	68 %	25 %	5 %
2017-2°	No	135	62 %	23 %	13 %
2018-1°	No	177	57 %	25 %	14 %
2018-2°	Si	131	43 %	37 %	18 %
2019-1°	Si	94	44 %	34 %	22 %
2019-2°	Si	100	50 %	35 %	15 %

Se observa que el porcentaje de alumnos que obtuvo calificaciones finales mayores a 7 se incrementó a partir del segundo cuatrimestre del año 2018, momento en el que inició la implementación de los cuestionarios, de modo que puede considerarse que la actividad impactó positivamente en este aspecto.

3.3 Reunión debate del plantel docente

Al finalizar el dictado de la asignatura en cada uno de los tres cuatrimestres, en los que se implementaron los cuestionarios de Moodle como herramienta en el proceso de aprendizaje, se llevó a cabo una reunión del plantel docente para debatir sobre la influencia de la actividad.

En dichas reuniones se pudo concluir que la nueva metodología cumplió con los objetivos propuestos, ya que influyó positivamente en los siguientes aspectos:

- Generó un incremento en las asistencias a las clases de consultas.

- Las cuestiones planteadas por los alumnos eran novedosas y muchas de ellas surgían a través de los cuestionarios.
- El plantel docente a partir de las cuestiones que se planteaban en las clases de consultas, planificaba las clases para abordar dichas cuestiones en las mismas.
- La comprensión lectora de los alumnos mejoró considerablemente, ya que se notó que interpretaban mejor las consignas de parciales y evaluaciones por tema.
- Las clases se volvieron más interactivas, ya que los alumnos, llevaban asentadas las dudas generadas por los cuestionarios para debatir con el docente y sus compañeros.
- Desde el punto de vista académico hubo mejoras, ya que, los alumnos promovidos lograron alcanzar calificaciones mayores a 7, a diferencia de dictados anteriores, de modo que, se puede concluir que el alumno mejoró su modo de estudio.

4 CONCLUSIONES

Luego de concretar la experiencia de incorporar los cuestionarios de la Plataforma Moodle como mecanismo de evaluación en el proceso de aprendizaje, se puede concluir que la misma fue fructífera tanto desde el punto de vista del alumno como del cuerpo docente.

Desde el punto de vista del alumno, se notó conformidad y entusiasmo, ya que consideraron la actividad como un importante método pedagógico y didáctico. A través de la misma pudieron autoevaluarse y comprender los temas en que debían profundizar para perfeccionar sus conocimientos.

Entre las sugerencias obtenidas a través de la encuesta, se destaca que los alumnos solicitan que aparte de los cuestionarios, la cátedra sume ejercicios de manera similar a estos, o de mayor complejidad, para poder ejercitarse, sin que estos sean redituables.

Otra sugerencia propuesta, consiste en notificar al alumno vía correo electrónico al habilitarse un cuestionario y del mismo modo notificar su inhabilitación. Como respuesta a esto la cátedra, lo realizará en futuros cuatrimestres, a través de la sección Avisos de la plataforma.

Según el plantel docente se considera la metodología beneficiosa desde el punto de vista pedagógico, pues a través de la misma se incrementó la cantidad de visitas de los alumnos a

las clases de consultas. Algunas de sus preguntas eran sobre los cuestionarios y otras eran cuestiones que ellos mismos se formularon a partir de dicha actividad.

Por otro lado se observó, que si bien, el porcentaje de alumnos promovidos disminuyó, quienes lograron alcanzar la promoción lo hicieron con calificaciones más altas que en años anteriores, lo cual refleja que el desarrollo de competencias en el alumno está surtiendo efecto. Se pretende continuar implementando la actividad y agregar mejoras.

5 REFERENCIAS

Berejnoi, C. and V.R. Ormass, Uso de Moodle como plataforma educativa en la modalidad b-learning: experiencia en la cátedra de Análisis Matemático I de las carreras de ingeniería de la U.N.Sa., *Jornadas "Aula Virtual en la Universidad ¿Un espacio para todos?", U.N.Sa., Salta, 10-11 de septiembre de 2009.*

CONFEDI, Competencias y Perfil del Ingeniero Iberoamericano, formación de profesores y desarrollo tecnológico e innovación (Documentos Plan Estratégico ASIBEI), *Editor: ASEBEI, 2016.*

CONFEDI, Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina "Libro Rojo de CONFEDI", *Universidad FASTA Ediciones, 2018.*

López, J. M. and E. Romero, Utilización de Moodle para el desarrollo y evaluación de competencias en los alumnos, *Formación Universitaria, 3, 45-52, 2010.*

Neira, R. H. and D. Pérez Marín, Merlin-Know, Profesor Virtual para el guiado del aprendizaje en Moodle en tic en la Educación, *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en tecnología, 12, 53-60, 2014.*

6 AGRADECIMIENTOS

Se agradece al plantel docente de la cátedra de Análisis Matemático I de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, ya que gracias a su trabajo y predisposición fue posible implementar la nueva metodología

Procedimiento para la reconstrucción 3D basado en fotografías

Villacorta, Roxana del V.¹ y Carelli, Javier A.²

(1) *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*
roxannadvv@gmail.com

(2) *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*
jcarelli@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN: La fotogrametría permite reconstruir el terreno (incluso objetos no topográficos) a partir de fotografías. El objetivo del presente trabajo es obtener un modelo tridimensional de un objeto (una construcción), a partir de la combinación de fotografías aéreas y terrestres. El material empleado consistió en 97 fotografías terrestres obtenidas con una cámara fotográfica convencional y 61 fotografías aéreas obtenidas con un dron Phantom 4 Advanced. A través de técnicas de aerotriangulación fotogramétrica se obtuvo un modelo tridimensional, realizándose además, una validación del mismo. El proceso de validación fue cualitativo (se evaluó la calidad del modelo en términos de correcto/incorrecto) y cuantitativo (se compararon coordenadas y distancias medidas en el objeto con aquellas del modelo, obteniéndose un error promedio de 2 cm). Puede concluirse que es posible obtener un modelo tridimensional de buena calidad, a un costo reducido, a partir de técnicas de fotogrametría digital.

ABSTRACT: The photogrammetry allows to represent the ground (even non-topographical objects) from photographs. The aim of this paper is to obtain a three-dimensional model of an object (a building), from the combination of aerial and terrestrial photographs. The material used was 97 terrestrial photographs taken with a conventional camera and 61 aerial photographs obtained from a Phantom 4 Advanced drone. Through photogrammetric aerial triangulation techniques, a three dimensional model was obtained. A qualitative and quantitative validation was carried out and an average error of 2 cm was obtained. A correct three-dimensional model can be obtained from a low cost procedures of digital photogrammetry.

Palabras claves: Fotogrametría Digital - modelo tridimensional - dron.

Keywords: Digital Photogrammetry - three-dimensional model - drone.

1 INTRODUCCION

Hoy en día existen técnicas que permiten generar modelos 3D de alta resolución y precisión. La fotogrametría es una ciencia de extracción de información 3D, en un principio a partir de la restitución estereoscópica, hoy mediante técnicas automáticas de correlación.

Existen visualizaciones fotorrealistas que se caracterizan por extraer y proyectar/reconstruir el contenido, el color y la textura de las imágenes sobre el modelo tridimensional (modelización 3D), dando como resultado fotomodelos tridimensionales o modelos tridimensionales texturizados (Lerma García, 2002).

El objetivo del presente trabajo es obtener un modelo tridimensional de un objeto, el centro de monitoreo; una construcción que se encuentra ubicada en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán (Fig. 1).



Figura 1: Centro de Monitoreo de la FACET.

Debido a que no fue posible la reconstrucción total solo con tomas fotográficas terrestres, se complementó con fotografías aéreas tomadas con un dron. De esta forma, el modelo obtenido fue el

resultado de mezclar información de diferentes fuentes. Para posicionar el modelo tridimensional en un sistema de referencia terrestre, se realizó un trabajo de apoyo topográfico, que consistió en relevar puntos que previamente fueron elegidos y señalizados.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de errores en el modelo resultante, a través de la comparación de coordenadas y distancias medidas en el objeto con aquellas correspondientes al modelo 3D.

1.1 Restitución Fotogramétrica

En la restitución fotogramétrica, la posición de un punto en el espacio se determina mediante la intersección de dos rectas determinadas por los centros de perspectiva O' , O'' , y las imágenes homólogas p' , p'' de ese punto. Normalmente se conocen los parámetros de la orientación interior de la cámara (distancia principal "c" y posición del punto principal en el plano imagen) y por lo tanto, la forma de los haces de rayos, (Juliá, 1992).

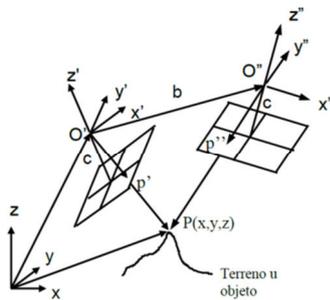


Figura 2: intersección de rayos homólogos.

Para lograr esto, es necesario determinar las posiciones espaciales de los centros O' , O'' , y las orientaciones de ambos haces de rayos. La posición y orientación de cada haz de rayos se denomina *Orientación Exterior* e implica la determinación de 6 incógnitas: las tres coordenadas del centro de perspectiva y tres giros (los ángulos ω , φ , κ).

Una manera analítica de encontrar los 6 parámetros de la orientación exterior de un haz de rayos es la siguiente: Cada punto origina un par de ecuaciones de colinealidad.

$$x'_j = -c \frac{a_{11}(x_j - x_0) + a_{12}(y_j - y_0) + a_{13}(z_j - z_0)}{a_{31}(x_j - x_0) + a_{32}(y_j - y_0) + a_{33}(z_j - z_0)} \quad (1)$$

$$y'_j = -c \frac{a_{21}(x_j - x_0) + a_{22}(y_j - y_0) + a_{23}(z_j - z_0)}{a_{31}(x_j - x_0) + a_{32}(y_j - y_0) + a_{33}(z_j - z_0)}$$

Los coeficientes a son elementos de una matriz ortogonal según las siguientes expresiones:

- $a_{11} = \cos\varphi \cos\kappa$
- $a_{21} = -\cos\varphi \sin\kappa$
- $a_{31} = \sin\varphi$
- $a_{12} = \cos\omega \sin\kappa + \sin\omega \sin\varphi \cos\kappa$
- $a_{22} = \cos\omega \cos\kappa - \sin\omega \sin\varphi \sin\kappa$
- $a_{32} = -\sin\omega \cos\varphi$
- $a_{13} = \sin\omega \sin\kappa - \cos\omega \sin\varphi \cos\kappa$
- $a_{23} = \sin\omega \cos\kappa + \cos\omega \sin\varphi \sin\kappa$
- $a_{33} = \cos\omega \cos\varphi$

Los valores x'_j , y'_j , son las coordenadas del punto j medidas en el fotograma y referidas a su punto principal, h ; los valores x_0 , y_0 , z_0 , ω , φ , κ , son los seis parámetros de la orientación exterior del haz de rayos, mientras que x_j , y_j , z_j , son las coordenadas del punto en el terreno. Tanto las coordenadas x_0 , y_0 , z_0 , como las x_j , y_j , z_j , están referidas al sistema del terreno (x , y , z).

Si se conociese las coordenadas espaciales del terreno de al menos 3 puntos que aparezcan en ambas imágenes, con las (1) se podría formar un sistema de 6 ecuaciones, tanto para el fotograma izquierdo como para el derecho. Conocidas las orientaciones exteriores después de resolver ambos sistemas, la posición de cualquier otro punto se obtendría mediante la intersección de rectas determinadas por los centros de perspectiva y las imágenes p' y p'' respectivamente (Fig. 2). En el caso de un bloque de fotografías se realiza

Esquema de Aerotriangulación (Extraído de Jordan, Eggert, Kneissl)

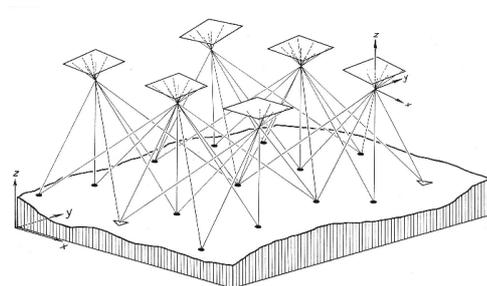


Figura 3: Esquema de aerotriangulación (extraído de Jordan, Eggert, Kneissl, 1972).

2 MATERIALES Y METODOLOGÍA

El material empleado fueron 158 fotografías del centro de monitoreo, de las cuales 97 fotografías

son terrestres tomadas con una cámara fotográfica convencional, SONY, modelo DSC-W610 y 61 fotografías son aéreas tomadas con un dron Phantom 4 Advanced, cámara DJI, modelo FC6310.

El procesamiento de la información está basado en la correspondencia de imágenes, técnica que permite identificar y medir puntos homólogos de manera automática. Los software de fotogrametría digital, con algunas variantes, se basan en este principio. El software empleado en este trabajo es el PhotoScan.

Luego, a través de una compensación en bloque se logra determinar de manera simultánea las orientaciones exteriores de todos los haces de rayos y se determinan coordenadas objeto de una nube de puntos.

Cabe aclarar, que algunos software de procesamiento de información obtenida por drones, emplean algoritmos basados en técnicas SfM (*Structure from Motion*), que permite manejar imágenes tomadas en secuencias arbitrarias y con variaciones de escala, lo que los hace más robustos para usar con drones, donde las imágenes pueden experimentar grandes variaciones de escala debido a la inestabilidad de la plataforma (Reshetyuk & Martensson, 2016).

3 RECONSTRUCCION TRIDIMENSIONAL DEL CENTRO DE MONITOREO

3.1 Etapa de planificación

Consiste en definir una secuencia estructurada y coherente para la toma de datos. En esta etapa se determina el porcentaje de recubrimiento, el área a cubrir, el número de pasadas, la cantidad de fotos, la distancia al objeto, las condiciones meteorológicas favorables, etc.

Dadas las dimensiones que presenta el objeto (7 m de lado y 3 m de alto aproximadamente) las fotografías terrestres se realizaron a una distancia de 6 m, con pasadas horizontales y un solapamiento, tanto longitudinal como transversal, mayor al 80%.

Las fotografías áreas describieran una trayectoria circular, con diferentes radios, y a distintas alturas. Además, se deberán tener en cuenta las condiciones climáticas óptimas para volar un dron (día despejado, sin lluvia y sin viento).

En la Tabla 1 se muestran las principales características del vuelo efectuado con el dron.

3.2 Registro fotográfico

La siguiente fase es el trabajo de campo, entendiéndose por ello, el registro fotográfico al objeto de estudio.

Tabla 1. Plan de vuelo del Dron Phantom 4 Advanced.

Software	Pix 4D Capture
Tipo de vuelo	Circular
Radio	5 m, 10 m
Velocidad	3 m/s
Disparo	Manual
Viento	s/viento
Altura	5 m, 15 m

La toma de datos (las fotografías) se realiza respetando la planificación previa. De este modo, el registro fotográfico es más sencillo y rápido. Esta etapa es muy importante, ya que es la base para que pueda generarse el modelo tridimensional, que constituye la fase de procesamiento.

Durante el registro de fotografías aéreas y terrestres, los días se presentaron con condiciones meteorológicas favorables (nublado y sin excesiva luz solar).

Las fotografías terrestres registradas fueron 97 y las fotografías aéreas fueron 92, ambas en un formato JPG.

3.3 Puntos de apoyo

Para el apoyo topográfico se colocan referencias o señales en toda la superficie a fotografiar para obtener puntos con coordenadas precisas. Estos puntos sirven para posicionar, orientar y dar escala al modelo obtenido.

Para este trabajo se clasificaron los puntos medidos en puntos de apoyo fotogramétricos (PAF) y en puntos de control (PC). Los PAF son aquellos puntos de apoyo terrestre empleados en el ajuste y los PC son puntos de control utilizados para la validación del modelo obtenido.

Se relevaron en total 27 puntos. Para el relevamiento de los PAF y PC se utilizó una Estación Total Trimble M3 de 5 segundos de precisión, en la modalidad Direct Reflex.

3.4 Procesamiento de imágenes

Una vez realizada la toma de datos y el trabajo de campo, se comenzó con el procesamiento de las imágenes, utilizando el software fotogramétrico.

En este proyecto se trabajó con dos bloques de fotografías del centro de monitoreo, por lo que el procesado de las imágenes se realizó en dos partes. Por un lado, el bloque de fotografías aéreas tomadas con dron y por otro el bloque de fotografías terrestres tomadas con una cámara digital. Es necesario trabajar de esta forma, ya que, cada bloque de fotografías presenta características distintas, como por ejemplo, diferentes cámaras con distintas distancias focales, resoluciones diferentes, etc. Cada uno de estos grupos se denominó “Chunk”.

Como resultado del proceso, se obtiene la posición y orientación de la cámara para cada toma (orientación exterior) y se genera una nube de puntos escasa o dispersa en base a técnicas de correspondencia de imágenes. Este proceso se llama alineación de las fotografías y se estiman además los parámetros de la orientación interior de la cámara, incluyendo la distorsión.

Es común obtener información de zonas aledañas (árboles, construcciones, etc) por lo que conviene depurar los datos, eliminando los puntos innecesarios. En este proceso se cargaron las 158 imágenes, que se tomaron para el recubrimiento total de la estructura, según el siguiente detalle:

Chunk 1: 97 fotografías terrestres. Se obtuvo una nube dispersa depurada de 55.025 puntos.

Chunk 2: 61 fotografías aéreas. Se obtuvo una nube dispersa depurada de 27.335 puntos.

A partir de estas posiciones, el software densifica cada nube de puntos obteniendo una nube de puntos más densa en la que ya se aprecia la forma del objeto.

En las Figs. 4 y 5 se muestra la nube densa generada y las posiciones de la cámara durante la toma para las fotografías terrestres y aéreas, respectivamente.

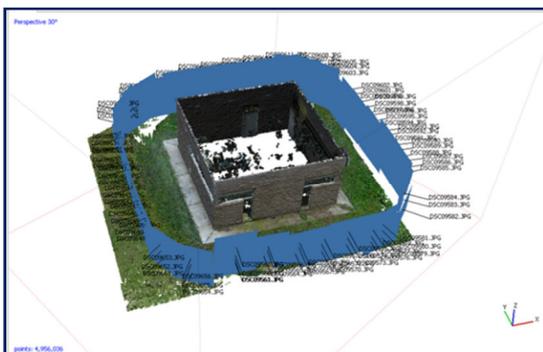


Figura 4: Nube densa y orientación de las fotografías, 4.956.036 puntos (Chunk 1).

Las fotografías aéreas tienen asociado un sistema de coordenadas poco precisas que provienen del navegador GPS que trae incorporado el dron. Para las fotografías terrestres el software establece un sistema local de coordenadas. Por ello, es necesario realizar un ajuste entre sistemas.

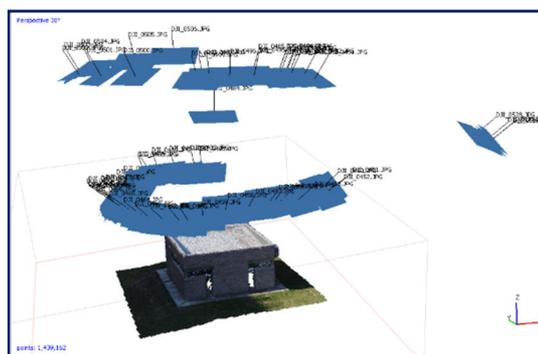


Figura 5: Nube densa y orientación de las fotografías, 1.439.162 puntos (Chunk 2).

Esto nos permitirá unificar los sistemas y realizar sobre el modelo, mediciones lineales, de superficies y de volumen. Para el establecimiento del sistema de coordenadas nos basamos en los PAF que materializamos y medimos sobre el objeto. La Fig. 6 muestra toda la información unificada en el sistema de referencia.

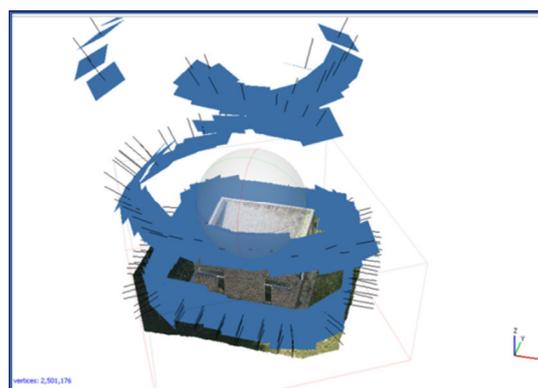


Figura 6: Sistema unificado de referencia.

La nube de puntos obtenida es una representación incompleta de la superficie del objeto (Fig. 7).



Figura 7: Nube de puntos densa del centro de monitoreo.

Para lograr una representación completa y continua del mismo es necesario generar una malla poligonal que representa la superficie del objeto basado en la nube de puntos densa. Esto se logra a través de una red irregular triangulada conocida como TIN (*Triangulated Irregular Network*), (Fig. 8).

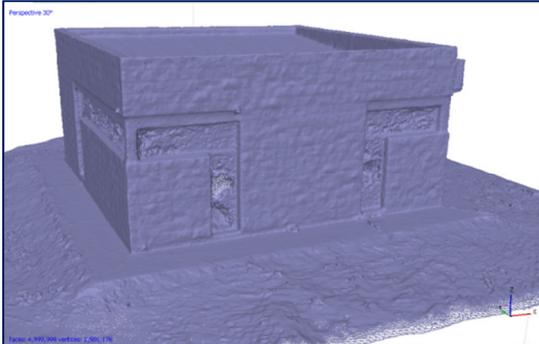


Figura 8: Modelo de malla 3D.

4 RESULTADOS OBTENIDOS

Se reconstruyó el centro de monitoreo a partir fotografías aéreas y terrestres, obteniendo un modelo tridimensional de calidad. Se observa una reconstrucción de todas las partes del objeto (puertas, ventanas, rejillas) con gran calidad de detalle. Las Figs. 9 y 10 muestran el modelo tridimensional final desde diferentes puntos de vista.



Figura 9: Modelo texturado 3D (vista 1).

4.1 Validación del modelo 3D

Es necesario validar el modelo 3D tras su obtención. Su calidad estriba en el tipo y magnitud de los errores cometidos cuya aparición es inevitable ya que se trata de un modelo basado en observaciones.



Figura 10: Modelo texturado 3D (vista 2).

La validación cuantitativa comprende aquellos métodos de comparación que evalúan numéricamente la calidad métrica del modelo 3D. Por su parte, la validación cualitativa evalúa la calidad del modelo en términos de correcto / incorrecto sin ningún tipo de evaluación numérica de calidad. Esencialmente requiere visualizar el modelo en tres dimensiones.

Por lo tanto, el control de calidad del modelo 3D se realizó de forma cualitativa, a través de la inspección visual, y de forma cuantitativa, mediante la aplicación del estimador estadístico Raíz del Error Cuadrático Medio o en inglés *Root Mean Square Error* (RMSE). El RMSE se utilizó para evaluar la desviación entre los CP (puntos de control) considerados como observaciones contra los valores registrados en el modelo 3D, derivado a partir de la nube de puntos (Tabla 2).

Tabla 2. Cálculo del RMSE.

Total de datos = n	13	13	13
Suma de las diferencias al cuadrado [m ²]	0.00035	0.00118	0.00034
Media de la suma de cuadrados [m ²]	0.00003	0.00009	0.00003
RMSE [m]	0.00517	0.00952	0.00510
Máximo error absoluto [m]	0.017		

Se obtuvo un RMSE de 5 mm en las coordenadas X y Z, y 9 mm en la coordenada Y. Los resultados se encuentran dentro de la tolerancia de medición del instrumento empleado.

Los errores de las diferencias entre las coordenadas reales y las coordenadas estimadas presentan un máximo absoluto de 17 mm.

Por lo tanto, la calidad métrica del modelo es consistente con los resultados cualitativos obtenidos.

Tabla 3. Cálculo del error en distancias.

Dist.	Dist. Med. [m]	Dist. Est. [m]	Error [m]	Error absoluto [m]
D ₁	1.620	1.645	0.025	0.025
D ₂	1.590	1.610	0.020	0.020
D ₃	2.810	2.836	0.026	0.026
D ₄	0.500	0.493	-0.007	0.007
D ₅	1.980	1.985	0.005	0.005
D ₆	2.240	2.262	0.022	0.022
D ₇	1.860	1.884	0.024	0.024
D ₈	2.220	2.240	0.020	0.020
D ₉	1.520	1.516	-0.004	0.004
D ₁₀	1.525	1.528	0.003	0.003
Promedio				0.016

La Tabla 3 muestra las diferencias entre distancia medidas en el objeto frente a aquellas estimadas en base al modelo. Se observa que la mayoría de los errores obtenidos tienden a valores positivos lo que nos indica que el modelo estaría ligeramente aumentado en escala.

Se obtuvieron errores absolutos con valores razonables para este tipo de reconstrucción.

A partir de los errores absolutos se obtiene un error promedio de 16 mm.

4.2 Validación cualitativa

Un análisis visual del modelo permite una evaluación global de la calidad del mismo, especialmente si se trata de un modelo con alta resolución. Puede compararse una visualización del modelo 3D con una fotografía (o directamente en el campo) y tratar de descubrir puntos erróneos.



Figura 11: Fotografía terrestre, vista SO.



Figura 12: Modelo tridimensional, vista SO.

Las Figs. 11 y 12 muestran una fotografía terrestre y el modelo obtenido para una vista sudoeste.

Las Figs. 13 y 14 muestran una fotografía aérea y el modelo obtenido para una vista sudeste.

Las Figs. 15 y 16 muestran una fotografía aérea y el modelo obtenido para una vista noroeste.



Figura 13: Fotografía aérea, vista SE.



Figura 14: Modelo tridimensional, vista SE.



Figura 15: Fotografía aérea, vista NO.



Figura 16: Modelo tridimensional, vista NO.

Del análisis visual entre las fotografías y el modelo 3D obtenido se desprende que fue posible realizar la reconstrucción total del objeto, obteniendo un modelo 3D de calidad, ya que la geometría, las dimensiones se respetan en el modelo, los pequeños detalles se observan a simple vista, resultando un modelo preciso, cumpliendo, de esta forma, los objetivos planteados con resultados satisfactorios.

5 CONCLUSIONES

Se obtuvo un modelo tridimensional de calidad métrica y visual, a un bajo costo. Un modelo tridimensional del centro de monitoreo con precisión centimétrica.

Geoméricamente las dimensiones se respetan en el modelo y los pequeños detalles se observan a simple vista.

Se generó un modelo 3D de calidad combinando fotografías aéreas y fotografías terrestres (dos fuentes distintas).

Se abre un abanico interesante de aplicaciones en las áreas de arqueología, arquitectura, etc.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Jordan, Eggert, Kneissl, *Handbuch der Vermessungskunde Band III a/3*. Stuttgart, 1972.

Juliá J.E., *Apuntes de Fotogrametría Analítica*. Publicación de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Tucumán, 1992.

- Lerma García, J.L., *Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital*. Universidad Politécnica de Valencia, España, 2002.
- Reshetyuk, Y. & S.G. Martensson, *Generation of Highly Accurate Digital Elevation Models with unmanned aerial vehicles*. The Photogrammetric Record N° 154, Vol. 31, 143 - 165, Wiley Blackwell, Reino Unido, 2016.

Síntesis y detección de la señal de recepción de un radar OTH

Saavedra, Zenón¹ y Zimmerman, Diego¹

(1) *Laboratorio de Telecomunicaciones, Facultad de Ciencias Exactas Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*

zsaavedra@herrera.unt.edu.ar; dzimmerman2611@gmail.com

RESUMEN: Este trabajo presenta los primeros resultados del modelado y síntesis de señales presentes en un Radar Sobre Horizonte de onda de cielo. Este modelado centra su enfoque en la parametrización de los efectos que el medio de propagación y el tipo de objetivo tienen sobre la onda viajera. Un escenario de búsqueda determinable es considerado en el cual condiciones de transmisión como potencia, frecuencia de portadora, ángulo de azimut y elevación, entre otros, son utilizadas junto al estado de la ionósfera y un modelado electromagnético del objetivo. La síntesis del radar se logra a partir de los parámetros obtenidos anteriormente, donde un análisis de cada una de las etapas es posible. Siendo estas etapas, transmisión, propagación de la señal, recepción y procesamiento digital de la señal recibida, se hace un especial énfasis en el procesamiento digital, implementando técnicas de correlación, integración coherente, cálculo de umbral adaptivo y detección Doppler, con la finalidad de detectar al objetivo. Este trabajo contribuye al entendimiento de un Radar Sobre Horizonte, brindando una herramienta rápida de estudio, proporcionando una fácil aplicación de conceptos relacionados con la mejora del rendimiento del radar, en miras de facilitar la implementación de este en un futuro.

ABSTRACT: On this work the first results on the modeling and signals synthesis of an Over-the-horizon skywave Radar are presented. This modeling focus itself on the parametrization of the effects altering the traveling wave due to the propagation and the achieved type of target. Changeable scenarios can be determined considering different transmitting conditions such as power, carrier frequency, azimuth and elevation angle, among others, aside with the ionospheric state and an electromagnetic model of the intended target. The radar synthesis is achieved as a result of the preceding parameters and enables an analysis of its stages. Between these stages we can find, transmission, signal propagation, reception and digital processing of the received signal. Special emphasis is placed on the digital signal processing stage, where techniques such as correlation, coherent integration, adaptive umbral calculations and Doppler detection are implemented, in order to detect the target accurately. The developed contributes to the understanding of an Over-the-horizon Radar, thus providing a quick study tool, which allows easy application of concepts related to improving the performance of this radar, facilitating its implementation in the future.

Palabras claves: Radar OTH – CFAR – PDS – Ionosfera

Keywords: OTH Radar – CFAR – DSP – Ionosphere

1 INTRODUCCIÓN

Los radares Sobre Horizonte (OTH) por onda de cielo trabajan por medio de reflexiones en la ionosfera terrestre para detectar objetivos más allá del horizonte visible. Por lo anterior, un sistema OTH depende en gran medida del estado o comportamiento de la ionósfera [4]. Existen varios modelos del comportamiento de la ionosfera, en este trabajo se utiliza el modelo Internacional de Referencia del Ionosfera (IRI). A su vez, la performance de estos radares depende

de características del objetivo, del estado del terreno en el cual se encuentra este objetivo y de características propias del sistema transmisor y receptor. Todo lo mencionado es contemplado en un modelo matemático desarrollado. En esta propuesta solo se analiza escenarios marítimos. Haciendo uso del modelo desarrollado, y de forma complementaria con el modelo IRI, se logra parametrizar una señal de recepción luego de haber definido un escenario de búsqueda. Partiendo de estos parámetros, se obtiene una serie temporal de la señal en cuestión. A través de un proceso iterativo, se confecciona una matriz

con múltiples señales de recepción. Dentro de estas iteraciones se contempla la interacción de distintas funciones de probabilidad para algunos parámetros como la potencia de ruido, potencia de clutter y valor de la sección transversal de radar del objetivo (RCS). Finalmente se aplican diferentes técnicas de procesamiento digital de señales (PDS) para determinar la presencia o no de un objetivo en esa área.

La confección de la serie temporal como así también el procesamiento digital, se implementó en su mayor parte sobre la plataforma de programación GNU Radio Companion la cual permite una rápida exportación del sistema a una Radio Definida por Software (RDS). Se hizo uso del lenguaje de programación Python para bloques complementarios mientras que para la parametrización de la señal se utilizó el software Matlab 2017a.

El trabajo se encuentra organizado de la siguiente manera, Síntesis de Señal: se definen los pasos a seguir para obtención de la señal de recepción.

Procesamiento Digital: las diferentes técnicas de procesamiento digital utilizadas, para lograr la detección del blanco y Resultados: se presenta un ejemplo de simulación, y finalmente se brinda una Conclusión sobre lo presentado en el trabajo.

2 SISTEMA PROPUESTO

El sistema que se analiza en este trabajo consta de un sistema transmisor y uno receptor. En la realidad, estos sistemas suelen encontrarse en lugares distintos, ya sea a unos pocos metros o miles de ellos [4]. En esta propuesta se considera a estos inmersos en un sistema único que funciona en ambos sentidos.

Se propone un arreglo de antenas tratado como un elemento puntual, tanto para el transmisor como el receptor, tal que no es necesario aplicar técnicas de beam forming y donde también se desprecian las contribuciones de posibles lóbulos secundarios.

El canal de propagación es la ionósfera terrestre. La misma se modela haciendo uso del modelo IRI como así también de un modelo matemático desarrollado. La transmisión de la señal hasta el objetivo solo contempla una única reflexión en la ionósfera.

Los blancos que se utilizan son modelados por un software de simulación electromagnética, considerando dimensiones reales de los mismos.

3 SINTESIS DE SEÑAL

Para obtener la serie temporal de la señal de recepción se atraviesan numerosos subprocesos que en su conjunto conforman la etapa de transmisión y recepción de un Radar OTH. A continuación, se definen de forma general estos subprocesos.

3.1 Definir el área de búsqueda

Se debe determinar las dimensiones del área de búsqueda como así también las características del escenario, tipo y velocidad del objetivo.

3.2 Definir parámetros de transmisión

Se debe caracterizar el sistema transmisor estableciendo parámetros tales como potencia de transmisión, polarización y ganancia, elevación y ancho del lóbulo principal de la antena.

Estos parámetros determinarán, a su vez, el área DIR (Dwell Illumination Region) [4, 5].

3.3 Definir parámetros de recepción

Se debe caracterizar el sistema receptor estableciendo parámetros tales como ganancia, elevación, azimut y ancho del lóbulo principal de la antena.

Estos parámetros determinarán, a su vez, la celda de resolución [4,5]. Esta resolución se relaciona directamente con la cantidad de celdas totales que integran el área DIR.

$$C_T = \frac{A_{DIR}}{C_R} \quad (1)$$

Donde C_T es la cantidad de celdas totales del receptor necesarias para cubrir un área DIR, A_{DIR} es el área DIR y C_R es la celda de resolución.

La Figura 3 muestra la relación entre el área de búsqueda, el DIR y la celda de resolución.

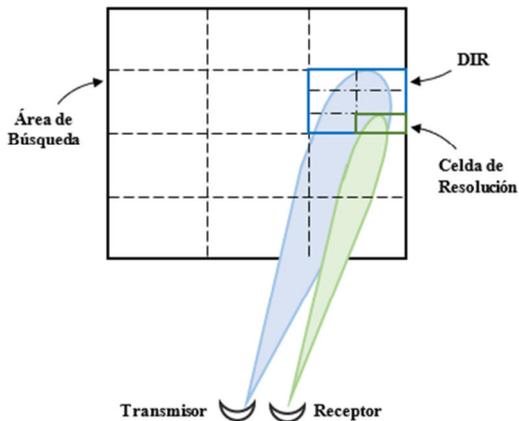


Figura 3: Área de búsqueda, DIR y celda de resolución

3.4 Proceso de transmisión-recepción

Comienza con la ejecución del modelo matemático contemplando lo definido en la Sección 0, 0 y 0. A partir de éste se logra parametrizar el escenario de búsqueda. Algunos de los parámetros obtenidos son: potencia de clutter, potencia de eco, potencia de ruido, RCS, entre otros.

A partir de estos parámetros comienza el proceso de transmisión-recepción el cual se repetirá N veces sobre el escenario definido, donde N es el número de integraciones deseadas para el posterior procesamiento digital de la señal.

De esta forma, al finalizar esta etapa de transmisión-recepción se cuenta con $N \cdot C_T$ series temporales correspondientes a las señales de recepción de las N iteraciones. Todas estas se coleccionarán en una matriz M sobre la cual se aplican las diferentes técnicas de procesamiento encargadas de determinar la presencia o no de un blanco dentro de una celda de resolución

El proceso que logra la síntesis de la señal puede observarse en la Figura 5

En la Figura 4 se presenta a modo ilustrativo un esquema del método de transmisión y recepción utilizado en estos sistemas. Allí se puede observar características parametrizables de la señal tales como el tiempo de pulso (T) y el tiempo de repetición de pulsos (TRP). A su vez, se identifica el tiempo de retorno (τ_R), definido como el tiempo que le toma a la señal en retornar al sistema

respecto al momento en que comenzó la transmisión.

Cabe aclarar que si bien en la Figura 4 los pulsos transmitidos son rectangulares, esto no necesariamente deben ser así pudiendo tomar su lugar códigos binarios o de cualquier otro tipo. Estos influyen directamente sobre la performance del sistema de detección.

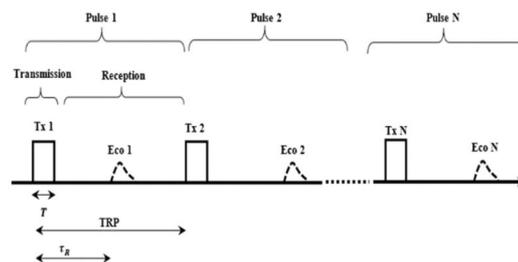


Figura 4: Esquema de transmisión y recepción de un Radar OTH

4 SEÑALES DE INTERES

Diferentes señales se encuentran presentes en las diferentes etapas del proceso transmisión-recepción, entre las más importantes se encuentran la transmitida $S_T(t)$ y la de recepción $S_R(t)$.

$$S_T(t) = A(t) \cdot m(t) \cdot e^{j\omega t + \varphi} \quad (2)$$

En donde $A(t)$ es la potencia/ganancia del transmisor, $m(t)$ contiene el tipo de modulación, ω y φ la frecuencia y fase inicial de la señal transmitida.

Luego de la propagación de ida, la onda electromagnética transmitida impacta sobre una determinada área sobre la superficie del mar y solo una pequeña parte de la energía de la señal impacta sobre el objetivo. Posterior a esto la onda realiza el camino de vuelta hacia el radar. Y finalmente se obtiene la señal de recepción [4].

$$S_R(t) = atte(t) \cdot \sigma(t) \cdot A_R(t) \cdot A(t) \cdot m(t) \cdot e^{j\omega t + \varphi} \cdot e^{j\omega_d t + \theta} \cdot e^{j\omega_B t} \quad (3)$$

En donde $atte(t)$ es la atenuación en el camino de ida y de vuelta, $\sigma(t)$ es la sección transversal del objetivo, $A_R(t)$, es la ganancia del receptor, ω_d es la frecuencia doppler del objetivo, θ es el desfase que producido por la propagación por la ionosfera, ω_B es la frecuencia de Bragg asociada al mar.

5 PROCESAMIENTO DIGITAL

Una vez obtenidas las N señales de recepción dentro de un IIC (Intervalo de Integración Coherente), se ordenan dentro una matriz M_1 que tiene dos dimensiones, rango y pulso (ver Figura 6a). Luego de realizar una búsqueda completa en una DIR se obtendrán un conjunto de matrices M_i (M_1, M_2, \dots, M_L). Para la detección del objetivo se aplicarán a cada una de estas matrices los procesos en la Figura 7. El conjunto de matrices mencionadas integra la matriz M (ver Figura 6b).

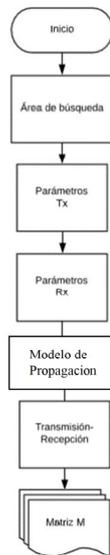


Figura 5: Esquema simplificado del proceso de síntesis de la señal de recepción.

5.1 Filtro adaptado

Luego del conversor analógico/digital se encuentra uno de los bloques fundamentales dentro de la etapa de PDS. El filtro adaptado tiene la característica de tener como función transferencia el mismo código transmitido por el sistema solo que invertido en el tiempo y conjugado. Esta particularidad ubica a este filtro como aquel capaz de maximizar la relación señal-ruido (SNR) [5].

La señal recibida por un Radar OTH resulta estar sumamente atenuada y con una potencia de ruido y de clutter tal que no permite determinar inmediatamente la presencia de un eco [4]. Es por esto que hacer uso de un filtro capaz de maximizar la SNR resulta sumamente necesario.

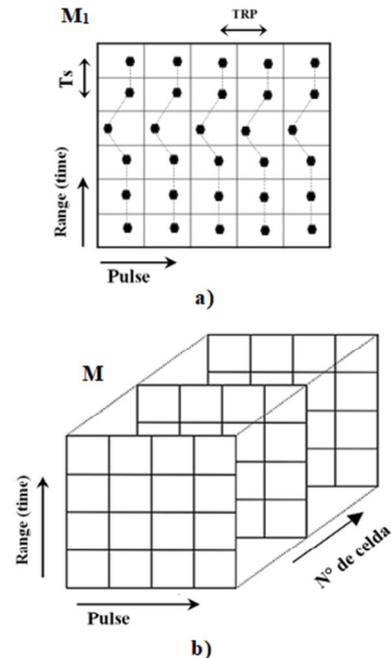


Figura 6: a) Confección matriz M_i a; b) Confección de matriz global M

En la Figura 8 se ilustra el efecto de este filtro sobre la señal de recepción. Como consecuencia del filtrado, en la Figura 8b se aprecia un pico en la señal que no está presente en la Figura 8a. Al filtrar una señal por un filtro FIR se realiza la convolución de esta señal por respuesta al impulso de dicho filtro. Como consecuencia de las características que presenta la función transferencia en el caso particular de un filtro apareado, esta convolución resulta ser también una operación de autocorrelación. Esta herramienta estadística permite hallar patrones conocidos en una señal degradada y/o ruidosa, permitiendo identificar la presencia del pulso transmitido en la señal recibida. El resultado de la autocorrelación provoca la aparición del pico en cuestión, evidenciando la presencia de un eco. Las señales correlacionadas se almacenan en matrices tal como se especificó en la Figura 6

5.2 Procesamiento Doppler

La determinación de la presencia o no de un objetivo en una determinada celda se realiza mediante las imágenes Doppler-Rango, para la obtención de las mismas se aplica un

procesamiento Doppler. Este procesamiento se subdivide en dos subprocesos.

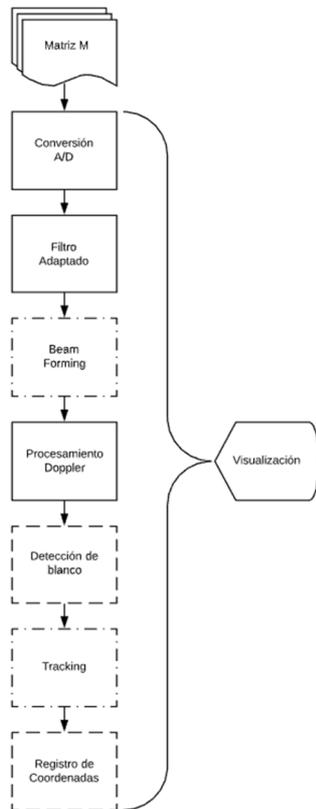


Figura 7: Procesamiento de señal para detección de objetivo. En línea llena lo implementado hasta ahora; En línea de trazos aquello en proceso de implementación y ajuste; En líneas y puntos lo que no se contempla.

5.2.1 Ventana

Como consecuencia del reducido espectro sobre el cual se debe realizar el procesamiento Doppler, es necesario hacer una limpieza de este. Para ello, sobre la matriz M se aplica una Ventana de Kaiser en el dominio del tiempo. Esto permite disminuir las contribuciones de lóbulos laterales que contienen las distintas señales que integran la señal de recepción, tales como ruido, clutter y eco, en el dominio de la frecuencia alcanzando una mejor resolución.

La ventana es aplicada a lo largo de todas las filas de las matrices M_i .

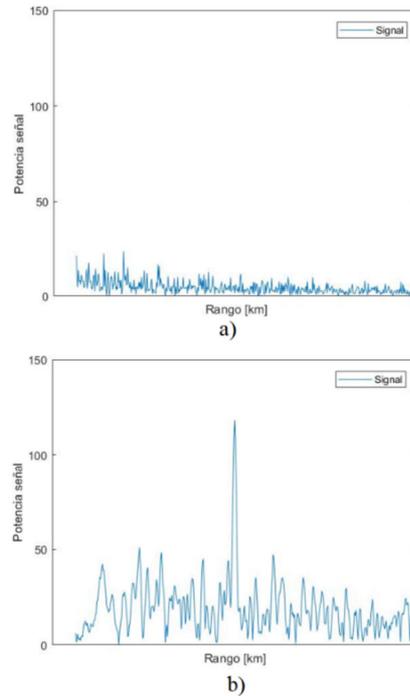


Figura 8: Filtro adaptado: a) Señal previa al filtro; b) Señal posterior al filtro

FFT

Habiendo realizado la limpieza del espectro se individualiza cada matriz M_i y se le realiza una Transformada Rápida de Fourier (FFT) a lo largo de cada una de sus filas. De esta manera se contempla las transiciones existentes entre los N pulsos correspondientes a una misma celda de resolución y se conoce el espectro de frecuencias en dicha celda. (ver Figura 9)

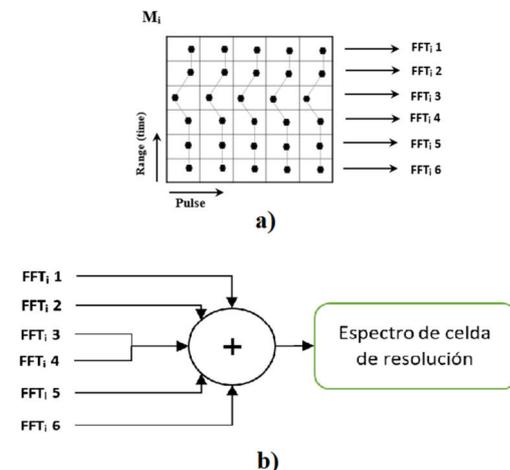


Figura 9: Método de aplicación de FFT

5.3 Cálculo de umbral

Para poder determinar la existencia de un objetivo es necesario calcular un umbral tal que si la señal supera éste se declare la presencia de un blanco.

Para esto se propone un método derivado del Clutter-Map CFAR [5] en el cual se hará un promediado del espectro en frecuencias del escenario de búsqueda. Este promedio luego se utilizará para limpiar el espectro de las siguientes búsquedas.

Este procesamiento logra eliminar toda señal que permanezca relativamente estática durante un número P de ciclos de búsqueda. De esta forma el clutter, cuyo cambio responde a una transición de baja frecuencia, será eliminado casi en su totalidad. La contrapartida de este procesamiento es que cualquier blanco que no se encuentre en movimiento, o que se mueva relativamente lento en relación con el tiempo de IIC, también se eliminará.

6 RESULTADOS

La implementación de los procesos anteriormente descritos, se realizaron en diferentes lenguajes de programación, como ser: Fortran, Matlab y Python. Se hizo uso de la plataforma GNU Radio Companion como interfaz gráfica para la aplicación del modelo computacional. Todo esto se integró en una herramienta informática de fácil comprensión.

La herramienta posee dos interfaces, la primera permite ingresar una serie de datos que definen el escenario de búsqueda y obtener de ella los parámetros que caracterizan dicho escenario. (ver Figura 10). La segunda hace uso de los parámetros resultantes de la interfaz anterior y lleva a cabo las etapas de generación de señal, síntesis de la señal y procesamiento digital (ver Figura 11).

A continuación, se presenta un ejemplo de aplicación de la herramienta desarrollada.

Como primer paso, luego de fijar los parámetros de fecha, hora, posición geográfica del radar y la ubicación estimada del área de búsqueda se determinan los valores mínimos y máximos de frecuencia, los ángulos de elevación y acimut (ver Tabla 3).

Luego de definir los valores de frecuencia y ángulo de la onda de radio, se selecciona un conjunto de valores de los parámetros de entrada de la Tabla 2. y se determinan los diferentes parámetros de salida de dicha tabla.

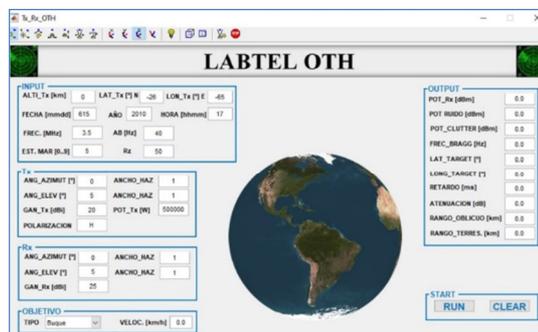


Figura 10: Interface de usuario que determina el escenario de búsqueda. En la parte izquierda se ingresan los datos que definen el escenario de búsqueda. En la derecha están los datos de salida que permiten la síntesis de la señal recibida

Establecidos los parámetros que caracterizan el radio enlace en función del escenario de búsqueda deseado, se procede a la síntesis de la señal recibida a partir de ellos. Ya sintetizadas, las señales se almacenan en la matriz M para que el PDS comience.

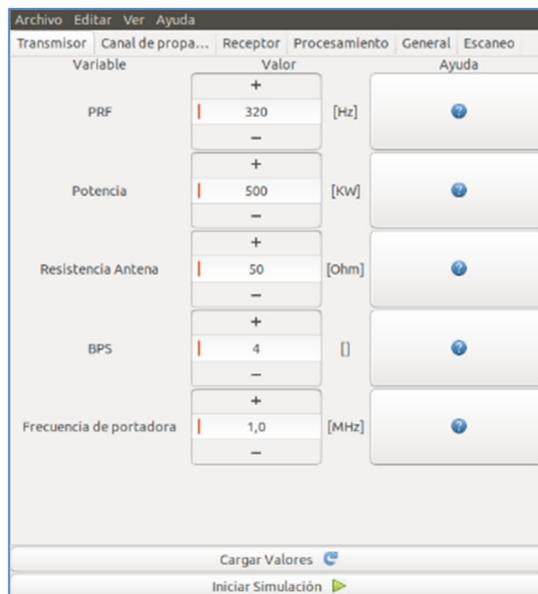


Figura 11: Interface de usuario que realiza las siguientes tareas: generar la señal a transmitir, realizar la síntesis de la señal recibida y la aplicación de diferentes técnicas de procesamiento digital de señales.

En la Figura 12 y Figura 13 se presenta dos espectros de frecuencias distintos. El primero de ellos fue obtenido de un escenario de búsqueda sin presencia de objetivos. El segundo tiene presencia de un objetivo con frecuencia Doppler 0.5 [Hz] aproximadamente en la celda número 20.

En ambas figuras se observa la presencia de dos rectas casi constantes en aproximadamente 0.2[Hz] y -0.2 [Hz] que presentan una gran intensidad. Dichas rectas son debido a la presencia de clutter de mar en la señal de recepción. Este clutter está descrito por el scatter de Bragg [4, 5].

Tabla 3. Entrada: parámetros que definen temporal y espacialmente el radio enlace a establecer, Salida: Valores de extremos de frecuencia y ángulo de elevación para lograr el radio enlace deseado.

Entrada	
Parámetro	Valor
Pos. Geo. Tx	Lat: 48 N Long: 80 E
Pos. Geo. de objetivo	Lat: 45 N Long:101 E
Orientación del objetivo	Azimet: 10°
Fecha, Hora	29/05/2000, 12:00 am
Salida	
Parámetro	Valor
MUF	15 MHz
LUF	3 MHz
Ang. max elevación	5°
Ang. min elevación	1°

Finalmente se procede aplicar las diferentes técnicas y métodos de procesamiento digital.

Tabla 4. Entrada: estos parámetros caracterizan el escenario de búsqueda, Salida: parámetros que caracterizan las el radio enlace.

Entrada	
Parámetro	Valor
Frecuencia	12 MHz
Polarización	Horizontal
Ancho de banda	33 kHz
Ang. Elevación	3 °
Ancho del haz	1 °
Ang. Azimet	25 °
Ancho del haz	3 °
Pot. Transmitida	500 kW
Gan. de antenas Tx/Rx	20 dB
Estado del mar	Tipo: 3 $\sigma = -30 \sigma_0 = -30 \text{dB/km}$
Vel. Objetivo	52 m/s
Tipo de Objetivo	Buque pesquero
Salida	
Parámetro	Valor
RCS del objetivo	29 dBsm
Potencia de ruido	-119 dBm
Potencia Clutter	-232 dBm
Frec Bragg	$\pm 0.36 \text{ Hz}$
Atenuación Total	-210 dB
Pot. Recibida	-263 dBm

Retardo oblicuo	5,8 ms
Rango terrestre	1630 km

En la Figura 14 se observa el espectro de frecuencia promedio calculado a partir de cinco ciclos de búsquedas anteriores. En la

Figura 15 y Figura 16 se ve el resultado de restar este espectro promedio a los escenarios de la Figura 12 y Figura 13 respectivamente.

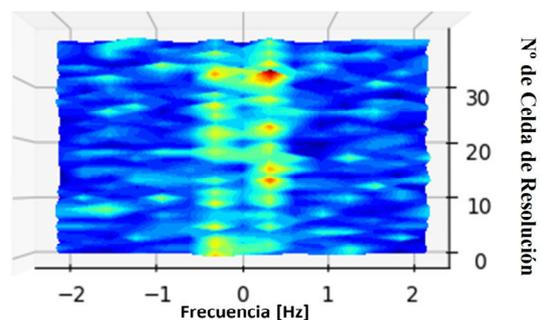


Figura 12. Espectro de frecuencia de 39 celdas de resolución pertenecientes a una celda DIR sin variar azimet y sin presencia de objetivo.

Por último, la

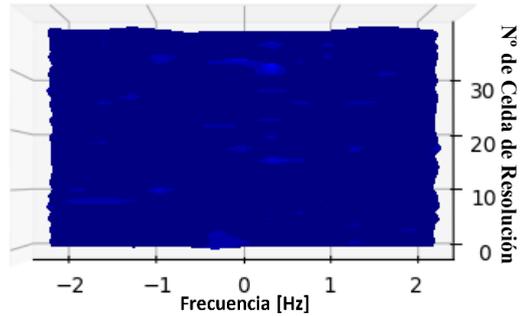


Figura 15: Espectro final luego de hacer la diferencia entre el espectro de frecuencia de la última búsqueda sin presencia de objetivo y el espectro promedio de cinco búsquedas anteriores.

Figura 17 permite visualizar desde una vista lateral el espectro resultante del caso que presenta un objetivo. En esta última figura es posible ver la diferencia de potencia de las distintas componentes de frecuencia y notar como resalta aquella del objetivo que se está desplazando mientras que el clutter y cualquier otra cosa estática presente es eliminada

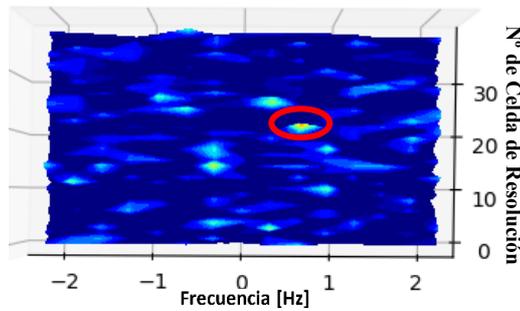


Figura 16: Vista frontal del espectro final luego de hacer la diferencia entre el espectro de frecuencia de la última búsqueda con un blanco presente y el espectro promedio de cinco búsquedas anteriores.

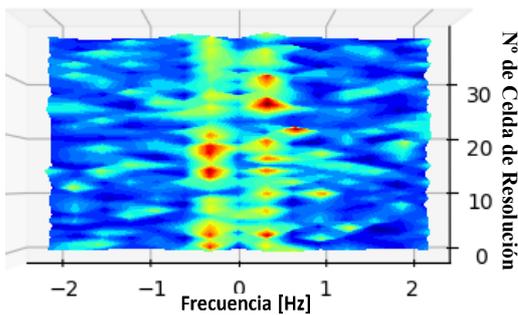


Figura 13: Espectro de frecuencia de 39 celdas de resolución pertenecientes a una celda DIR sin variar azimut con presencia de objetivo.

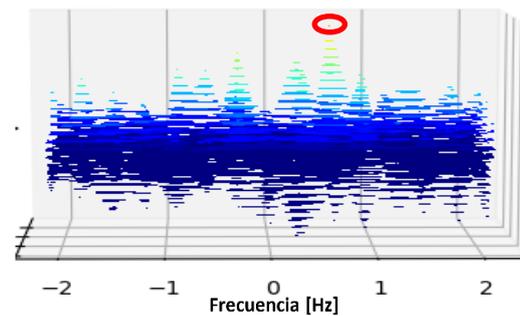


Figura 17: Vista lateral del espectro final luego de hacer la diferencia entre el espectro de frecuencia de la última búsqueda con un blanco presente y el espectro promedio de cinco búsquedas anteriores.

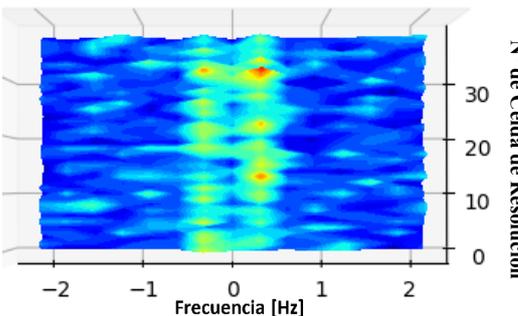


Figura 14: Espectro de frecuencia promedio calculado por el método clutter-map CFAR para cinco búsquedas anteriores.

7 CONCLUSIÓN

Se presenta una herramienta que permite simular un Radar OTH en todas sus etapas: transmisión de una señal, propagación de la señal en el medio, recepción de la señal reflejada y procesamiento de la misma.

Como primer paso la herramienta permite generar la señal a transmitir, luego se determinan los principales parámetros que definen al radio enlace establecido, para un determinado escenario de búsqueda. Posteriormente se logra sintetizar la señal recibida por el sistema receptor de un radar de este tipo. Finalmente se aplican técnicas de procesamiento de señal, con la finalidad de detectar los objetivos.

La herramienta puede ser particularizada para diferentes escenarios. En cada uno de estos escenarios se puede seleccionar varios parámetros de la onda a transmitir, como ser: frecuencia de portadora, ancho de banda, polarización, tipo de modulación, nivel de potencia, frecuencia de repetición de pulso, ancho del pulso, dirección de propagación, entre otros.

Los distintos escenarios de búsqueda varían en función de la selección del tipo de objetivo respecto de su RCS, ubicación geográfica del radar y de la zona de cobertura del mismo, de la ubicación temporal a lo largo de un año, entre otros.

De lo anterior se concluye que la herramienta propuesta posee un amplio rango de posibles escenarios de búsqueda, con lo cual sería factible validar datos o desarrollar nuevos métodos y técnicas de detección de blanco, sin necesidad de una implementación física costosa de un sistema OTH real.

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] DON KOKS, *How to Create and Manipulate Radar Range-Doppler Plots*, Defense Science and Technology Organization, Australia, 2014.
- [2] FABRIZIO, G. A. *High Frequency Over-the-Horizon Radar. Fundamental Principles, Signal Processing, and Practical Applications*, McGraw Hill, Nueva York, Estados Unidos, 2013.
- [3] ZOLESI, B., CANDLER, L. R. *Ionospheric Prediction and Forecasting*, Springer Verlag, Berlin, Alemania, 2014.
- [4] SKOLNIK, M.I. *Radar Handbook*, McGraw-Hill, Estados Unidos, 2008.
- [5] Richards, M.A. *Fundamentals of Radar Signal Processing*, McGraw Hill, Nueva York, Estados Unidos, 2005.

Análisis de las competencias matemáticas de los alumnos ingresantes de la FAyA- UNSE

Chaillou, Lucrecia L.¹ y Corvalán, Valeria¹

(1) *Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. lucrechaillou@gmail.com; valeriacorvalan32@gmail.com*

RESUMEN: Debido a que los ingresantes a las carreras de la Facultad de Agronomía y Agroindustrias de la UNSE inician sus estudios superiores sin contar con las competencias matemáticas mínimas, se deben aplicar diversas estrategias para desarrollarlas. El objetivo de este trabajo fue estudiar en estos estudiantes el nivel de una serie de competencias necesarias para el desarrollo de las asignaturas del área Álgebra. Para ello, se tomó una prueba de diagnóstico escrita, que incluía ejercicios y situaciones problemáticas simples, vinculadas al área, evaluándose seis competencias, referidas a la capacidad de resolver analíticamente y gráficamente situaciones problemáticas y ejercicios sobre temas estudiados en el nivel medio, que se profundizan en las asignaturas mencionadas. Los estudiantes tuvieron un buen nivel de desarrollo de competencias referidas a la capacidad de resolver problemas y operaciones combinadas, fue muy pobre el de calcular raíces de ecuaciones e incógnitas en una proporción e insuficiente el de resolver sistemas de ecuaciones y ejercicios de trigonometría. Se concluye, en forma preliminar, que en lo que respecta a competencias matemáticas, los aportes del Nivel Medio y del Curso de Ingreso no son incorporados por los ingresantes, lo que dificulta los procesos de formación en la universidad.

ABSTRACT: Due to the fact that those entering the careers of the Faculty of Agronomy and Agroindustries of UNSE, begin their higher education without having the minimum mathematic competences, various strategies must be applied to develop them. The objective of this work was to study in these students the level of in a series of skills necessary for the development of the subjects of the Algebra area. For this, a written diagnostic test was taken, which included simple exercises and problematic situations, linked to the area, evaluating six competences, referring to the ability to solve analytically and graphically problematic situations and exercises on subjects studied at the medium level, which were deepened the aforementioned subjects. The students had a good level of skills development related to the ability to solve problems and combined operations, it was very poor to calculate roots of equations and unknowns in a proportion and insufficient to solve systems of equations and trigonometry exercises. It can be concluded, in a preliminary way, that as far as mathematic competences are concerned, the contributions of the middle level and the entrance course contributions are not incorporated by the entrants, which hinders the learning processes in the university.

Palabras claves: Álgebra-competencias-ingeniería-ingresantes

Keywords: Álgebra-skills-engineering-incoming students

1 INTRODUCCIÓN

El ingreso a la Educación Superior supone una serie de retos que los estudiantes deben enfrentar, siendo la exigencia académica uno de esos retos, el que plantea mayores dificultades (Rodríguez Morales, 2017). Actualmente, en el mundo globalizado se viven problemas causados por numerosos factores complejos e

interrelacionados. Para solucionarlos, se necesita una visión multidisciplinar. Por ello, en las últimas décadas se ha desarrollado e implementado el concepto de competencia que comprende factores emocionales, cognitivos, sociales, y de desempeño, que permiten analizar los problemas holísticamente (García Retana, 2014).

Las competencias en la educación involucran a los conocimientos, habilidades, destrezas, y actitudes, requeridos para un correcto desempeño en el rol de alumno (Mastache, 2007). Pueden definirse también, como la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar distintos saberes en un determinado contexto, con el fin de resolver situaciones profesionales (CONFEDI, 2017).

Específicamente, en el Nivel Medio, la formación de los estudiantes debe desarrollar en ellos competencias generales tales como creatividad; interés por aprender; pensamiento crítico; capacidad para resolver situaciones problemáticas, tomar decisiones, adaptarse a los cambios y trabajar en equipo; habilidad comunicacional y pensamiento lógico y formal. Estas competencias deben ser desarrolladas en la escuela secundaria y continuar con su desarrollo y consolidación durante la instancia universitaria (CONFEDI, 2014).

La Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA) de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) se ocupa de la formación profesional, la investigación y la asistencia de los estudiantes de las carreras de grado: Ingeniería Agronómica, Ingeniería en Alimentos, Licenciatura y Profesorado en Química y Licenciatura en Biotecnología y de postgrados: Doctorado en Ciencia y Tecnología de los alimentos, Doctorado en Ciencias Agronómicas, Maestría en producción animal **Maestría en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas; Maestría en riego.**

Debido a que las carreras son diferentes, se define un conjunto de competencias generales que son deseables en un estudiante que ingresa a estas carreras. Las competencias de la Ingeniería se subdividen en genéricas y específicas. Las primeras incluyen competencias tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales y las segundas competencias propias de la carrera o especialidad (CONFEDI, 2014).

En el Curso de Ingreso que se dicta, tanto en la modalidad adelantado (desde agosto a octubre del año anterior al ingreso) y como en la regular (durante febrero-marzo del año de ingreso), se imparten cursos de nivelación de conocimientos de Matemática y de Físico-química. De esta manera, se intenta desarrollar y profundizar una serie de competencias que son fundamentales para el cursado de las asignaturas de ciclo básico

de todas las carreras. De acuerdo con lo expresado por García Retana (2014), estos cursos involucran contenidos que son desarrollados de manera vertical, estimulando competencias académicas, beneficiando a los estudiantes que prefieren el desarrollo lineal-secuencial.

Para caracterizar a los estudiantes y obtener información valiosa para las autoridades de gestión de la Universidad, se utilizan pruebas de diagnóstico que permiten determinar las habilidades cognitivas de los alumnos (Gitomer, Steinber y Mislavy, 2009).

Con respecto a los aspectos relacionados con Matemática, la forma de leer e interpretar las preguntas del área requieren de procesos de traducción, interpretación y solución; mientras que los conocimientos y habilidades que son de especial interés para las ingenierías, incluyen: pensamiento racional, analítico y funcional (Martínez Reyes et al., 2017)

El objetivo de este trabajo fue evaluar las competencias matemáticas básicas de los alumnos ingresantes a la FAyA de la UNSE, luego de aprobar el curso de ingreso, identificando las áreas de conocimiento en las que los estudiantes tienen mayores deficiencias, para desarrollar, en consecuencia, acciones que las fortalezcan, específicamente en el área del Álgebra y se eviten deserciones tempranas.

2 METODOLOGÍA-MATERIALES

Se utilizó como población de estudio a los alumnos que aprobaron el Curso de Ingreso 2016 y que cursaron Álgebra y Geometría Analítica y Matemática I, asignaturas del primer año de las carreras de Ingeniería en Alimentos y Licenciatura en Química y en Biotecnología FAyA- UNSE.

La metodología empleada fue exploratoria-evaluativa, basada en el análisis cuanti-cualitativo de los datos surgidos a partir del monitoreo de las competencias en Matemática, vinculadas al desarrollo de habilidades para la resolución de problemas e interpretación de consignas, así como también el nivel de aprendizaje conceptual. Se utilizó, específicamente, una prueba de diagnóstico, que se tomó el primer día de clases a 68 estudiantes de las asignaturas mencionadas más arriba. La misma incluyó seis ejercicios prácticos de las siguientes áreas temáticas: Geometría Plana: Ángulos y Polígonos y de Álgebra: Sistemas de ecuaciones lineales;

Trigonometría; Operaciones combinadas de números reales; Proporcionalidad y Polinomios. Para el análisis de los resultados de la prueba se tuvo en cuenta el Documento sobre Competencias requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios, que en el ítem de Competencias específicas: “Resolver problemas sencillos en Matemática, Física o Química aplicando modelos matemáticos” enumera una serie de indicadores de logro (CONFEDI, 2014), de los cuales se seleccionaron algunos y se incluyeron otros que

se consideraron pertinentes para Álgebra y Geometría Analítica y Matemática I. En la Tabla 1 se indican las competencias (C1; C2; C3; C4; C5; y C6) y los indicadores del aprendizaje logrado que se estudiaron.

La evaluación del nivel de logro de las competencias propuestas para cada actividad se realizó utilizando la Tabla 2, en la que se indican las categorías con el aspecto a evaluar de cada una y el puntaje asignado a cada nivel de resultado.

Tabla 1. Competencias e indicadores de logro evaluados en la prueba de diagnóstico

Competencia	Indicadores de logro
Resolver situaciones problemáticas (C1)	Identificar datos e incógnitas; analizar e interpretar las soluciones aritméticas encontradas y comunicar adecuadamente los resultados
Resolver operaciones combinadas (C2)	Aplicar propiedades de los conjuntos numéricos; usar la regla de signos, para resolución de operaciones combinadas y utilizar propiedades de potenciación y radicación
Determinar las raíces de ecuaciones polinómicas de segundo grado (C3)	Calcular las raíces de una ecuación polinómica de segundo grado; analizar su naturaleza e interpretar el resultado obtenido
Encontrar el elemento desconocido en una proporción (C4)	Identificar medios y extremos en una proporción y aplicar la propiedad fundamental de las proporciones
Comprender analítica y gráficamente problemas que puedan traducirse a sistemas de dos ecuaciones con dos incógnitas (C5)	Plantear el problema; aplicar diferentes métodos para la resolución analítica de un sistema de ecuaciones lineales e interpretar gráficamente los resultados obtenidos.
Aplicar relaciones trigonométricas sencillas (C6)	Calcular distancias y ángulos en situaciones reales.

Tabla 2. Valoración del nivel de logro de las competencias estudiada

Categorías	Puntaje			
	10,0 Excelente	7,0-9,9 Bueno	4,0-6,9 Suficiente	0-3,9 Insuficiente
Conceptos matemáticos (grado de entendimiento del concepto matemático para resolver la actividad)	Completo	Sustancial	Aceptable	Escaso
Diagramas y dibujos (grado de claridad)	Muy bueno	Bueno	Aceptable.	Muy limitado
Estrategias para resolver la actividad	Eficiente y efectiva	Efectiva	Adecuada	Errónea
Orden y organización de la respuesta	Muy bueno	Bueno	Organizada pero difícil de leer	Descuidada y desorganizada

3 RESULTADOS

Los valores mínimos y máximos, así como también, la media y la desviación estándar, de las calificaciones obtenidas por los estudiantes, en cada competencia, se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Calificaciones en las competencias estudiadas

Competencia	Mínimo	Máximo	Media \pm SD
C1	3	10	7,2 \pm 2,3
C2	0	10	7,9 \pm 2,5
C3	0	10	4,0 \pm 2,7
C4	0	10	4,8 \pm 3,1
C5	0	10	3,8 \pm 3,5
C6	0	10	1,6 \pm 2,7

En general, se observa que los alumnos ingresantes, a pesar de haber asistido y aprobado el Curso de Ingreso poseen un gran desconocimiento de los núcleos temáticos abordados. Entre otros,

no pudieron resolver correctamente: operaciones algebraicas simples, operaciones con números racionales, potenciación y radicación de números reales; fueron evidentes sus dificultades en la interpretación y resolución de ecuaciones de segundo grado y de sistemas elementales de ecuaciones lineales y, además, presentaron problemas en la interpretación y resolución de ejercicios de Trigonometría (la mayoría de los alumnos manifestaron que este tema no se desarrolla en el Nivel Medio). Y dentro de las aptitudes esperadas en estudiantes de Ingeniería, establecidas en el documento Competencias en Ingeniería (CONFEDI, 2014), fue pobre la interpretación de ejercicios y situaciones problemáticas propuestas, la identificación los datos y las incógnitas de los mismos; la representación de una situación problemática real en términos matemáticos; la formulación de sus propios problemas y el uso del razonamiento para

analizar situaciones cotidianas; el cálculo en forma mental, escrita y la estimación de la coherencia y precisión de los resultados obtenidos; el uso de distintos conjuntos numéricos y operaciones con sus propiedades para tomar, transformar e intercambiar información y la resolución de problemas relacionados con la vida diaria y otras asignaturas vinculadas a las carreras universitarias; el desarrollo de estrategias para calcular magnitudes desconocidas a partir de otras conocidas, el empleo de los instrumentos de medida disponibles, la aplicación las fórmulas apropiadas y desarrollar las técnicas y destrezas adecuadas para solucionar un ejercicio o situación problemática; y la elaboración e interpretación de tablas y gráficos. Son evidentes las dificultades de los estudiantes para la interpretación de textos y el pasaje del lenguaje coloquial al lenguaje simbólico. Además, poseen habilidades matemáticas poco desarrolladas lo que impacta en el rendimiento en los exámenes de ingreso y posteriormente, en la retención de la matrícula de los primeros años.

En la Fig.1 se presenta el nivel de logro de las competencias analizadas.

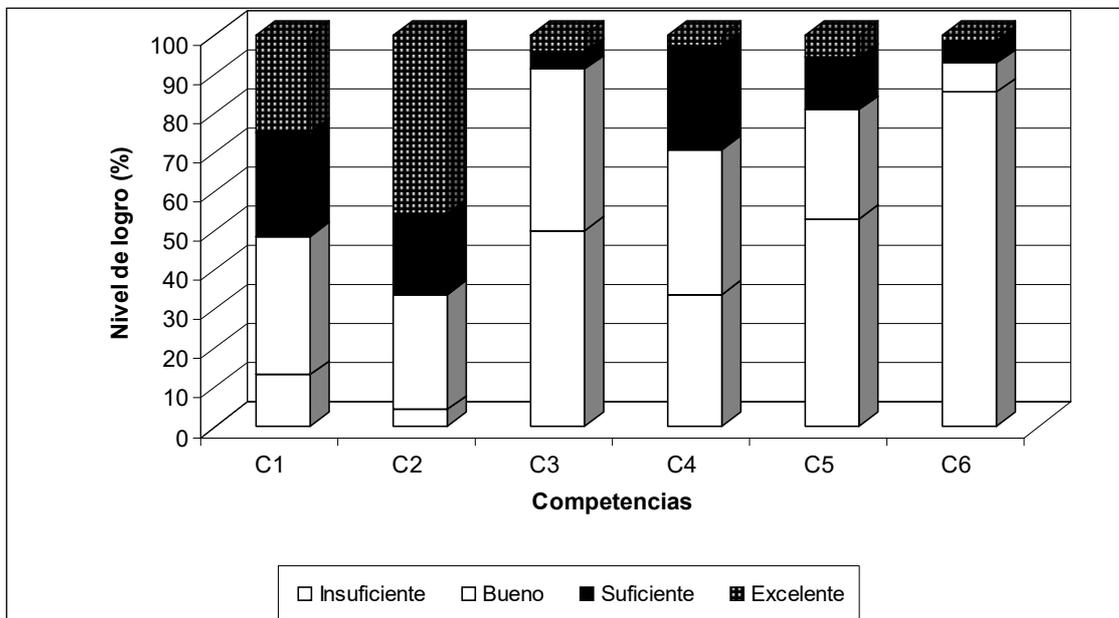


Figura 1. Nivel de logro de las competencias mínimas requeridas para el cursado de Álgebra

Se puede observar en la Fig. 1, que los estudiantes tuvieron un buen nivel de desarrollo de las competencias referidas a la capacidad de resolver situaciones problemáticas y operaciones combinadas, fue muy pobre el nivel de logro de la habilidad de encontrar raíces de ecuaciones cuadráticas e incógnitas en una proporción (una media de calificaciones entre 4 y 4,8) y el nivel fue insuficiente en lo que respecta a las competencias para resolver analítica y gráficamente sistemas de dos ecuaciones con dos incógnitas y ejercicios de relaciones trigonométricas. Con respecto a esto, existió un elevado número de alumnos que tuvieron problemas en la interpretación y resolución de problemas de trigonometría, coincidiendo este resultado con los obtenidos en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, en donde, sólo el 13% aprobó la prueba, y las mayores dificultades estuvieron en representar la situación a través de un esquema (Boucíguez et al., 2012). Al mismo tiempo, los estudiantes evaluados mostraron dificultades en la interpretación y resolución de sistemas elementales de ecuaciones lineales, como se muestra en la Fig.1, esto coincide con los resultados de un estudio del perfil de los ingresantes a la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística de la Universidad Nacional de Rosario, de manera que mostraron la capacidad un 52% de los alumnos de Licenciatura en Economía y 44% en las carreras de Contador Público y Licenciatura en Administración de Empresas (Furno et al., 1999).

4 CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos, puede concluirse que la mayoría de los alumnos ingresantes, no han desarrollado suficientemente competencias en Matemática, necesarias para las asignaturas del área que se desarrollan en Primer Año de las carreras de la FAyA. Específicamente, no pueden resolver analítica y gráficamente sistemas de dos ecuaciones con dos incógnitas y ejercicios de relaciones trigonométricas, además es escasa su habilidad para encontrar raíces de ecuaciones cuadráticas e incógnitas en una proporción. Esto revela, no solamente la necesidad de mejorar la articulación entre el nivel Medio y Universitario, sino también, la de reforzar, durante el Curso de Ingreso, los conceptos referidos a polinomios, sistemas de

ecuaciones y trigonometría. Sería conveniente que en dicho curso, se aumente la carga horaria de Matemática y que se implementen clases de apoyo adicionales. Además, debido a que existe un porcentaje considerable de alumnos que no poseen las capacidades estudiadas o las presentan de manera pobre, y tienen dificultades para entender consignas simples, se tendría que intensificar el apoyo a estos estudiantes e implementar un taller de lecto-comprensión y escritura de textos. De esta manera se lograría nivelar eficientemente las capacidades necesarias para el cursado de asignaturas del área, evitando deserciones tempranas y el desgranamiento que se observa en segundo y tercer año.

Por otra parte, es importante remarcar, que desde este año se lleva adelante el Programa Nexos en la UNSE en conjunto con el Ministerio de Educación de la Provincia de Sgo. del Estero, el cual tiene como objetivos: facilitar la inserción de los alumnos en los estudios superiores; promover la continuidad en la universidad y fortalecer el vínculo con el mundo del trabajo y el sector productivo. Ese programa propone la articulación educativa en dos aspectos: la de las universidades con la educación secundaria, y todas las articulaciones del nivel superior. El primero, el cual nos compete, tiene como objetivo promover la continuidad de los estudios de los alumnos de nivel medio y facilitar su inserción al nivel universitario. Para ello, el programa propone estimular las vocaciones tempranas y ayudar a elegir la carrera universitaria, con la finalidad de disminuir la deserción, para alcanzar esto, actualmente, se está trabajando en la definición de competencias para el ingreso (competencias básicas; transversales y específicas) que hay que articular con el nivel secundario.

5 REFERENCIAS

- Boucíguez, M.B., L. Irassar, M.C Modarelli, M. Rosa, M.D. Nolasco and M.I. Berrino, Análisis de competencias matemáticas en ingresantes a ingeniería, *Actas del II Congreso Argentino de Ingeniería. (CADI)* http://www.cadi.org.ar/cadi2012/images/trabajos/CAEDI/a46_analisis_de_competencias_matematicas_en_ingresantes_a_ingeniera.pdf, 2012, accedido el 26/08/2016.
- CONFEDI, Consejo Federal de decanos de Ingeniería, Comisión de Estándares. *Marco Conceptual y definición de estándares de*

- acreditación de las carreras de ingeniería*, Argentina, 2017.
- CONFEDI, Consejo Federal de decanos de Ingeniería, *Competencias en Ingeniería*, 2014, https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/Cuadernillo-de-Competencias-del-CONFEDI.pdf, accedido el 23/08/2018
- Furno, G.; Koegel, L. and R. Sagristá, Estudio del perfil de los ingresantes a la facultad de ciencias económicas y estadística de la Universidad Nacional de Rosario en los años 1997 y 1998, *Cuartas Jornadas "Investigaciones en la Facultad" de Ciencias Económicas y Estadística*, 12, 12-17, 1999.
- García Retana, J.A., Ingeniería, Matemáticas y competencias, *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 14, 1-29, 2014, <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/view/13383/18341>, accedido el 23/08/2018.
- Gitomer, D.H., L.S. Steinber and R.J. Mislevy, Diagnostic assessment and troubleshooting skill in an intelligent tutoring system, in *Cognitively Diagnostic Assessment*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, USA, 2009.
- Martínez Reyes M., A Soberanes-Martín and J.M. Sánchez Soto, Análisis correlacional de competencias matemáticas de pruebas estandarizadas y pre-requisitos matemáticos en estudiantes de nuevo ingreso a Ingeniería en Computación. *Revista Iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo*, 8, 1-29, 2017.
- Mastache, A., *Formar personas competentes. Desarrollo de competencias tecnológicas y psicosociales*, *Novedades Educativas*, Colección: EDUCACION Y TRABAJO, Buenos Aires, Argentina, 2007.
- Rodríguez Morales, P., Creación, Desarrollo y Resultados de la Aplicación de Pruebas de Evaluación basadas en Estándares para Diagnosticar Competencias en Matemática y Lectura al Ingreso a la Universidad, *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 10, 89-10, 2017.

Talleres de Capacitación: La FI-UNSa y la formación por competencias

Quintana, M. Virginia^{1,*}; Echazú Lamas, Silvina E.²; Musso, Graciela M.³ y Casado, Héctor R.⁴

(1) *INIQUI-CONICET, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta*

**autor de contacto: quintanamvirginia@gmail.com*

(2) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.*

sechazu@hotmail.com

(3) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.*

gachymusso@gmail.com

(4) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.*

hcasado@gmail.com

RESUMEN: A partir de la aprobación de la “Propuesta de Estándares de Segunda Generación para las Carreras de Ingeniería de Argentina” por parte del CONFEDI (2018), también conocido como el “Libro Rojo”, las grandes discusiones deben centrarse en cómo adecuar e implementar los Planes de Estudio de las Carreras de Ingeniería al nuevo escenario. Este nuevo escenario requiere, entre otros aspectos, elaborar un plan que permita disponer del marco adecuado para que las decisiones se orienten a hacer los ajustes necesarios para alcanzar estos estándares y mejorar la formación de ingenieros bajo un nuevo modelo, el de la Formación por Competencias y el Aprendizaje Centrado en el Estudiante. Este modelo, debería implementarse a nivel institucional (o de carrera), como a nivel de espacio curricular (o asignatura) para lograr una mejora genuina y continua en los procesos de aprendizaje y enseñanza. Por ello, en este trabajo se presenta las primeras acciones realizadas por la dirección de la carrera de Ingeniería Civil, conjuntamente con los docentes, para la puesta en marcha del modelo y con vistas a los procesos futuras de acreditación.

ABSTRACT: The approval of the "The Second Generation Standards Proposals for Engineering Courses in Argentina" by CONFEDI (2018), also known as the "Red Book", led to discussions focused on how to adapt and implement the Engineering Curriculum in the new scenario. Among other aspects, this new scenario requires a plan that provides an adequate framework so that the decisions taken are oriented to make the necessary adjustments to reach such standards and to improve the engineers' training under the new model: Competence-based Training and Student Centered Learning. This model must be implemented both at the institutional and subject levels in order to achieve genuine and continuous improvement in the learning and teaching processes. This paper presents the first actions taken by the Civil Engineering Course management—along with the teachers— for this model implementation and in view of future accreditation processes.

Palabras claves: FI-UNSa - Formación por Competencias - Aprendizaje Centrado en el Estudiante - Talleres

Keywords: FI-UNSa - Competence-Based Training - Student Centered Learning - Training

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los nuevos paradigmas, como la sociedad del conocimiento, la globalización, las redes y la economía actual conforman un escenario particular que requiere nuevas formas de intercambio y comunicación. El mundo cambió y sigue cambiando, y la sociedad de hoy exige más de la Universidad; no solo requiere capacitación profesional (el "conocimiento"), sino también la provisión de habilidades profesionales para sus graduados (el "know how"). El antiguo modelo de capacitación profesional basado en la enseñanza centrada en el profesor, como un esquema simple de transferencia de conocimiento del cual el estudiante sabrá cómo separar, articular y aplicar efectivamente, ha estado perdiendo espacio en la realidad actual. La visión actual de la sociedad propone ver al graduado universitario como un ser competente, capaz de ejercer su profesión en la realidad que lo rodea.

Desde los comienzos de la historia de las carreras de ingeniería en nuestro país, allá por el año 1870, la evolución mundial de la formación de ingenieros, hizo que se fueran abriendo nuevas carreras de ingeniería en diferentes universidades de Argentina lo que multiplicó las terminales y titulaciones. En el año 1995 existían 58 ramas de ingeniería distribuidas en todas las universidades públicas o privadas del país. Esta dispersión de títulos condujo a la necesidad de encarar un Proyecto de Homogeneización Curricular, con el propósito de mejorar la oferta educativa de grado en lo correspondiente a las Ciencias de la Ingeniería (Kowalski et. al, 2018a). Desde el año 1996 se pueden identificar varios hitos importantes en la historia reciente de la ingeniería, entre los que se cuentan el Libro Azul de CONFEDI (CONFEDI, 1996), el Manual de Acreditación o Libro Verde (CONFEDI, 2000), la Resolución ME N° 1232/01, PROMEI, Propuesta de Competencias Genéricas (CONFEDI, 2006) Propuesta de Competencias de Ingreso (CONFEDI, 2014), Marco conceptual de Nuevos Estándares (CONFEDI 2017), entre otros. A partir de los procesos de acreditación iniciados en el año 2001 en conjunto con las acciones de CONFEDI, cristalizadas en los Libros Azul, Verde y ahora Rojo, se ha avanzado mucho en los últimos veinte años en la búsqueda de una mejora en las enseñanzas de las ingenierías, sobre todo

en la concreción de un lenguaje más homogéneo sobre diversas conceptualizaciones que han servido de norte para cada institución y cada actor del sistema.

En la actualidad, hay consenso en cuanto que el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos, sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo. En este contexto, CONFEDI, siempre a la vanguardia de las innovaciones en educación en ingeniería, concluye en la importancia de contar con una referencia en cuanto a las competencias que se deberían desarrollar en los graduados de ingeniería en Argentina. Así comienza el trabajo para alcanzar el acuerdo sobre Competencias Genéricas. Se conformó una comisión y se trabajó durante casi dos años hasta llegar a Bahía Blanca, en octubre de 2006, donde se suscribió por votación unánime del plenario de decanos, el documento que sintetiza las Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Este acuerdo orienta a las facultades de ingeniería en la definición de sus procesos de enseñanza-aprendizaje tendientes al desarrollo de competencias en sus alumnos. El Libro Verde de CONFEDI toma como base el documento del Perfil del Ingeniero Iberoamericano y aprobado por la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) en la Asamblea General realizada en noviembre de 2015 en Ushuaia (Argentina), CONFEDI 2016. Sin embargo, es a partir de la aprobación de la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería por CONFEDI (conocida como el Libro Rojo) en junio de 2018 (CONFEDI, 2018), que las discusiones deben enfocarse en el cómo adecuar e implementar los Planes de Estudio de las carreras de ingeniería al nuevo escenario (Kowalski et. al, 2018b).

1.2 El ingeniero iberoamericano

El ASIBEI (CONFEDI y Giordano Lerena, 2016) define que: *“El ingeniero iberoamericano debe ser un ingeniero global con compromiso y pertinencia local, con sólidas bases científicas,*

técnicas, tecnológicas, culturales, y con arraigados valores y principios, consciente de la importancia y significado de sus nexos con la historia y el desarrollo regional, fiel a sus compromisos sociales y ambientales, atento a la identificación de los problemas y oportunidades del entorno para actuar de manera responsable y competente en cualquier escenario nacional e internacional.” Entre las características que deben procurarse en el ingeniero iberoamericano se destacan:

- La capacidad de autoaprendizaje y el compromiso con una formación continua, en especial con la aplicación e implementación de los avances tecnológicos.
- La habilidad de analizar, modelar, experimentar y resolver problemas de diseño, de soluciones abiertas y de enfoque multidisciplinario.
- El liderazgo y la competencia de comunicación oral y escrita, incluso en una segunda lengua, y la integración en grupos interdisciplinarios de trabajo.
- La comprensión de la interacción entre ingeniería, desarrollo y sociedad, considerando áreas transversales como administración, finanzas y economía.
- La fundamentación ética y el respeto por los valores, la cultura y el arte.
- La capacidad de utilizar eficientemente el creciente desarrollo de las telecomunicaciones y las herramientas informáticas.

Esto lleva a otro análisis, la profundidad e intensidad de las temáticas a tratar y el nivel de logro de las competencias definidas para un graduado de ingeniería, con la condición de que deberíamos lograrlo en cinco años reales para un estudiante de tiempo completo.

2 ACCIONES REALIZADAS POR LA FI-UNSA

El nuevo escenario, conlleva a que las reflexiones, decisiones políticas y actividades que cada institución realice, para comenzar a gestar el cambio en sus carreras, debe mantenerse en dos planos paralelos: uno referido a los cambios específicos que buscan una mejora en la enseñanza de la ingeniería y se deben reflejar en las aulas o espacios curriculares, y otro, referido a los aspectos formales necesarios para poder luego encuadrarse en los procesos de acreditación (si

son requeridos). Entonces, las Escuelas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (FI-UNSA), en el marco de estos cambios y bajo la premisa del Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE), decidió participar desde el año 2017, a través de algunos de sus docentes, en diferentes actividades de capacitaciones. Entre estas, las jornadas organizadas por el CONFEDI y la SPU en las diferentes regiones, un taller de capacitación dictado por Mg. Uriel Cukierman (ver Foto 1) y en el Programa de Posgrado “Experto en Formación por Competencias para Carreras de Ingeniería” y en sus versiones reducidas, de la Universidad Nacional de Misiones y dirigido por el Mg. Victor Kowalski. En las jornadas organizadas por la SPU y CONFEDI se presentaron diferentes actividades de manera de revisar las acciones y medidas realizadas por las diferentes unidades académicas analizando fortalezas y debilidades, como también intercambiando experiencias durante dos encuentros realizados en los meses de junio y setiembre del año 2018. Con los conceptos vertidos se encomendó a los docentes participantes la sociabilización y motivación en cada unidad académica. Por su parte, el posgrado propone que los participantes sean capaces de “Evaluar asignaturas y diseños curriculares de carreras de ingeniería para su acreditación, de acuerdo al enfoque metodológico de la Formación por Competencias, dentro del marco de las reglamentaciones vigentes, particularmente en lo relativo a la dimensión Gestión Académica y otras relacionadas con ella”. Se orienta a formar actores del Sistema de Formación de Ingenieros no exclusivamente para la valuación, sino también para su participación activa en diversos espacios donde deben tomarse decisiones respecto a la acreditación de las carreras de ingeniería por competencias (Kowalski et. al, 2018b).



Foto 1: Docentes de la Facultad de Ingeniería con Mg. U. Cukierman

3 TALLERES EN LA FI-UNSA

A partir de las acciones mencionadas, y por iniciativa de los docentes participantes de las diferentes capacitaciones, se gestó el primer taller de capacitación para docentes de la carrera de Ingeniería Civil. El mismo recibió el aval y el respaldo de las autoridades de la facultad y el apoyo del director de carrera. Luego, se realizó el taller de las carreras de Ingeniería Química, Industrial y Electromecánica.

Cabe destacar que los docentes de la Facultad vienen trabajando en los procesos de acreditaciones anteriores, y aportando información desde sus cátedras, pero en este nuevo cambio de modelo se requiere de la participación y el compromiso para afrontar satisfactoriamente la nueva demanda en la formación de Ingenieros.

En lo que sigue, se describirá la temática, la metodología y las actividades desarrolladas en los Talleres de Capacitación sobre Formación por Competencias organizados durante el periodo 2018-2019. Finalmente, y con el propósito de colaborar con otras instituciones que se encuentren transitando el mismo proceso, se abordarán recomendaciones y conclusiones obtenidas de la realización de los talleres mencionados.

3.1 Taller I: Introducción y conceptos básicos sobre la Formación por Competencias y Aprendizaje Centrado en el Estudiante en las carreras de Ingeniería. Descripción de las competencias genéricas: Relevamiento preliminar y Matriz de tributación de la carrera. Fechas: 01/10/2018 y 14/12/2018.

La organización del taller para la Escuela de Ingeniería Civil estuvo a cargo del director Ing. Héctor Casado, como coordinadoras las Dras. Ma. Virginia Quintana y Silvina Echazú Lamas y el equipo colaborador para las actividades el Dr. Ricardo Quinteros y la Ing. Graciela Musso. (Ver Foto 2)



Foto 2: Equipo de coordinación Escuela Ing. Civil

A su vez, se conformó otro equipo de trabajo para desarrollar el mismo taller en la Escuela de Ingeniería Química. Este estuvo integrado por las Dras. Delicia Acosta, Julieta Martínez, Mercedes Villegas, Ings. Leticia Vivas, Silvia Zamora, Norma Ramírez y Bárbara Villanueva, Claudia Borré (Ver Foto 3).



Foto 3 Equipo de coordinación Escuela Ing Química

En ambos talleres, se brindó una guía de actividades, con material bibliográfico impreso de lectura y reflexión. En la misma se incluyó:

- Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería (CONFEDI, 2017)
- Acuerdo de competencia genéricas (CONFEDI y Giordano Lerena, 2016)
- Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en La República Argentina “Libro Rojo de CONFEDI” (Pág. 1-6 anexo VII)
- La guía de trabajo.

Se definió, como objetivo introducir y colaborar con los docentes en la orientación para la confección de los programas de las asignaturas hacia la formación por competencias.

Para poder encuadrar la nueva perspectiva del Aprendizaje Centrado en el Alumno (ACE) y la Formación en Competencias (FC), se requirió dar

los antecedentes del marco legal y normativo del proceso, y aspectos introductorios de conceptos y metodología para que los docentes vayan incorporando los nuevos paradigmas en las cátedras. Es por, ello que se elaboró el siguiente temario:

- 1) Introducción y conceptos básicos sobre la FC en las carreras de Ingeniería
- 2) Nuevos estándares para la acreditación de carreras de Ingeniería
- 3) Competencias Genéricas
- 4) Actividades Grupales

El taller contó con la participación del entonces Decano de la Facultad, Ing. Pedro Romagnoli, que junto al Director de Escuela y el Vice Director, Ing. Emmel Castro dieron el marco legal y normativo del proceso y los dos primeros temas propuestos en el temario (ver Foto 4).



Foto 4: Ings. Romagnoli y Casado (ex decano y actual decano de FI- UN Sa)

La Dra. Echazú tuvo a cargo dar los aspectos generales sobre las competencias genéricas y los aspectos compartidos en los encuentros organizados por la SPU.

La Dra. Quintana dio los lineamientos para realizar la actividad grupal teniendo como base parte de las Actividades planteadas en el Módulo 1 del Posgrado Experto en Formación por Competencias para Carreras de Ingeniería.

En las actividades grupales se trabajó sobre las 10 Competencias Genéricas de Egreso propuestas por CONFEDI con el objeto de establecer una relación entre el aporte que hace, o podría hacer, cada asignatura a estas competencias.

Los grupos se organizaron de acuerdo a los Contenidos Curriculares Básicos que proveen las Res ME 1232/01 y 1054/02, siendo los cuatro Bloques Curriculares los que se mencionan a continuación:

- Ciencias Básicas (CB)
- Tecnologías Básicas (TB)
- Tecnologías Aplicadas (TA)
- Complementarias (CC)

denominaciones que provienen tal cual desde el Libro Azul de CONFEDI (1996), y que además se han repetido en el Libro Verde de CONFEDI (2000).

Por otra parte, en el Documento de Oro Verde (CONFEDI, 2017), hay un cambio de denominación para el primer y último bloque curricular:

- Ciencias Básicas de la Ingeniería
- Tecnologías Básicas
- Tecnologías Aplicadas
- Ciencias y Tecnologías Complementarias

Durante el desarrollo de la actividad, cada docente analizó las fortalezas y debilidades de sus asignaturas con respecto a las competencias genéricas, apoyadas por las capacidades asociadas a cada una de ellas de acuerdo a la propuesta de ASIBEI (CONFEDI y Giordano Lerena, 2016), emitiendo una valoración del tipo cualitativa: Alto(A), Medio(M), Bajo(B) al aporte.

Se trató de acordar un criterio unificado para estimar la valoración, pero la complejidad del asunto no permitió lograrlo. Uno de los inconvenientes radicó en que, para muchos de los docentes asistentes, esta fue la primera vez que se enfrentaron con los conceptos de competencias. Por ello, plantearon sus dudas y críticas, además que, en la ponderación del aporte, había que tener presente que las asignaturas debían certificar el nivel de logro alcanzado, mediante evaluaciones confeccionadas adecuadamente para tal fin. Esto generó dudas, y discrepancia de criterios, no solo entre los asistentes, sino también inclusive en el propio equipo de trabajo. Esto derivó luego en consulta con expertos reconocidos del área.

Para finalizar el taller, se presentó la matriz de tributación inicial a partir del relevamiento de las competencias genéricas efectuado. En ella se observó la dispersión en los criterios mencionada, no obstante, su elaboración permitió generar el primer diagnóstico de las carreras. En todo momento se percibió interés en participar e internalizar los nuevos paradigmas.

Retomando la discrepancia de criterios, y luego de efectuar las consultas correspondientes, el equipo considera que esto podría subsanarse aplicando el concepto de Resultados de Aprendizajes (RA) (ANECA, 2014) a través del uso de las taxonomías de verbos (Anderson *et al.*, 2001).

3.2 *Taller II: Tecnologías Educativas. Nuevas tecnologías en las aulas: Camtasia: una herramienta para la edición y creación de videos tutoriales. Fecha 03 y 04/12/2018.*

La brecha generacional entre docentes y alumnos requiere de otros canales de comunicación y las nuevas tecnologías permiten el acercamiento entre ellos. Los jóvenes nacen con la tecnología incorporada, es por ellos que se puede dar una aplicación de las mismas en el contexto áulico permitiendo a los alumnos organizar el proceso de aprendizaje en forma independiente. En función de esto se organizó el taller a cargo del Mag. Ernesto Sánchez perteneciente al Centro de Investigación y Desarrollo en Informática Aplicada (CIDIA) de la UNSa.

Las actividades desarrolladas en este taller son las que se detallan a continuación:

- 1) Introducción a la tecnología educativa dentro de la Educación Basada en Competencias (EBC) en las carreras de Ingeniería, su importancia y los distintos tipos de recursos disponibles. Exposición a cargo de las Dras. Silvana Echazú y Virginia Quintana.
- 2) Introducción al uso del software Camtasia, como recurso para potenciar el proceso de enseñanza-aprendizaje, a cargo del Mg. Ernesto Sanchez.
- 3) Creación de un video tutorial (asociado a una temática particular de cada asignatura) haciendo uso de los recursos multimedia disponibles, mediante la utilización del software Camtasia.
- 4) Puesta en común y presentación de los videos tutoriales desarrollado por cada uno de los docentes participantes.

En esta actividad, participaron 34 docentes de distintas asignaturas de la carrera de Ingeniería Civil (Ver Foto 5). La puesta en común, permitió a cada docente mostrar sus habilidades y creatividad para el armado de sus videos, asociados al contenido disciplinar de su asignatura, demostrando que el Camtasia es una herramienta muy versátil, fácilmente adaptable y de uso no muy complejo. La actividad enriqueció en general a todos los participantes.



Foto 5: Puesta en común de los videos

3.3 *III: Diferencia entre los conceptos de Competencia, Resultados de Aprendizaje y Objetivos. Fecha: 18 y 19/03/2019*

CONFEDI (2017) define lo que son los Resultados de Aprendizaje como:

“Describe lo que se espera que sepan los estudiantes y sean capaces de hacer al final de un cierto período de aprendizaje (Ciclo, módulo, unidad, etc.) o cuando se gradúan. Se relaciona con las habilidades, conocimientos y conductas que los estudiantes adquieren a medida que avanzan en su carrera” (CONFEDI, 2017).

Los Resultados de Aprendizaje son un camino que permite que el docente de carreras de ingeniería se pueda apropiar rápidamente del proceso sin sentirse amenazado por las eventuales debilidades que pueda tener en su formación pedagógica. Pone en valor la formación no formal que ha adquirido a lo largo de su experiencia en la docencia, e inclusive se motiva más para aceptar un desafío que es inédito en la formación de ingenieros, representado por la Formación por Competencias.

Un ingeniero competente será capaz de resolver los problemas de la ingeniería, al servicio de la sociedad, a partir de los recursos que dispone, y buscando aquellos que le faltan. Por ello no solamente importa lo específico de cada disciplina, sino la formación de competencias genéricas (Kowalski et al, 2018c).

Por otra parte, la adecuada redacción de RA refleja lo que debe ser capaz de hacer el alumno con los contenidos de las asignaturas. Por otra parte, el aprendizaje claramente redactado, además de aportar claridad y transparencia en el sistema de educación superior, se transforma en el norte de los procesos que ocurren en el aula, y por ello se puede garantizar una mejor coherencia entre formación, evaluación y resultados.

A partir de estos nuevos conceptos se generó este taller, cuyas actividades estuvieron a cargo del

Mg. Víctor Kowalski (Director del Posgrado “Experto en Formación por Competencias para Carreras de Ingeniería” de la Universidad Nacional de Misiones) y la Ing. Mercedes Erck (Profesora del posgrado mencionado) junto a la colaboración de las Dras. Quintana y Echazú.

Los temas abordados fueron los siguientes:

- 1) Diferencia entre los conceptos de Competencia, Resultados de Aprendizaje y Objetivos, y su aplicación en el Programa de la asignatura en la cual se desempeña cada docente.
- 2) Redacción de los Resultados de Aprendizaje (RA), para su aplicación en la planificación de la asignatura en la cual se desempeña cada docente, aplicando diferentes taxonomías de objetivos educacionales.
- 3) Mediación Pedagógica para la Formación de Competencias: Diferentes modalidades de enseñanza y métodos docentes para aplicar la mediación pedagógica más adecuada en la asignatura en la cual desempeñan el docente, considerando los Resultados de Aprendizaje que deben alcanzar los alumnos, y considerando los diferentes contenidos cognitivos, procedimentales y actitudinales.

Todo lo anterior, en el contexto de la disciplina al cual pertenece la asignatura y del Plan de Estudios de la carrera.

Desarrollados los conceptos teóricos, se abordaron en forma grupal la redacción de Resultados de Aprendizajes por parte de los asistentes. Luego se realizó una puesta en común, tomando tres redacciones de RA de asignaturas de distintas áreas de la carrera a manera de ejemplos y para discusión.

El equipo docente elaboro material didáctico y bibliográfico para cada participante del taller.

Es importante destacar la presencia y la participación activa de los docentes, el 95% de los responsables de todas las asignaturas de la carrera de Ingeniería Civil estuvieron presentes, y también docentes de la facultad que cursan el posgrado de la UNAM (Ver Foto 6)



Foto 6: Docentes de la Facultad de Ingeniería con Mg. V. Kowalski

3.4 Charla Taller: Profesores 4.0 -Lideres Educativos. Fecha: 25/07/2019

Dentro de los nuevos estándares (CONFEDI, 2018) se hace referencia al perfil y a la actuación del docente, considerándolo como actor clave del proceso, ya que en gran medida el éxito del modelo depende de llevar al aula los nuevos paradigmas y tendencias.

Perrenoud establece una serie de competencias para alcanzar los modos deseables de un profesor para enseñar, algunas de ellas son las siguientes:

1. Organizar y animar situaciones de aprendizaje
2. Gestionar la progresión de los aprendizajes
3. Implicar a los alumnos en sus aprendizajes y su trabajo
4. Trabajar en equipo
5. Participar en la gestión de la escuela
6. Utilizar las nuevas tecnologías
7. Afrontar los deberes y los dilemas éticos de la profesión
8. Organizar la propia formación continua

Sobre la base de estas competencias se encuentran las condiciones establecidas por CONFEDI (2016) para los nuevos profesores de ingeniería o Profesores 4.0:

- Ser un profesional de la docencia.
- Ser capaz de integrar la práctica con la docencia y la investigación.
- Ser un referente social y ético de sus estudiantes.
- Orientar el aprendizaje empleando sólidos principios y estrategias de enseñanza.
- Promover iniciativas y redes de investigación sobre la enseñanza de la ingeniería.
- Ser respetuoso de los derechos humanos, del medio ambiente y los recursos públicos.
- Ser de amplia cultura, y trascender las limitaciones disciplinares.
- Tener el conocimiento del contexto del programa y no solo de la asignatura.
- Formar integralmente, no solo para las exigencias del mundo laboral.
- Tener espíritu de búsqueda y estimular la innovación.
- Implementar estrategias efectivas de enseñanza contextualizada, en las que se articule lo teórico con la práctica de la ingeniería.
- Lograr interactuar permanentemente con la empresa, la industria y agentes externos, tanto nacionales como internacionales.

Respondiendo a estas premisas, se organizó esta charla taller, cuyas actividades estuvieron a cargo del Ms. Ing. Aldo Cesar Echazú Lamas, Gerente Región AMBA NORTE, Dir. Field Service de Telecom Argentina SA, junto a la colaboración de las Dras. Quintana y Echazú.

Los temas abordados fueron los siguientes:

- 1) Modelos empresariales y Modelos educativos: Comparación y Paradigmas.
- 2) Introducción y conceptos sobre el nuevo rol docente: Profesor 4.0
- 3) Líderes y Profesores: Roles en los distintos modelos

La charla se basó en una analogía entre los procesos de cambios y transformaciones de una empresa de servicio de telecomunicaciones con los procesos de cambio en las aulas de las carreras de Ingeniería. Además, se presentó un paralelismo entre las condiciones de los nuevos Líderes o “Lider Coach” y los Profesores 4.0.



Foto 7: Docentes de la Facultad de Ingeniería con Mg. A. Echazú Lamas

Las comparaciones de los roles generaron un fuerte impacto positivo en el grupo de asistentes. Cabe destacar la presencia y participación activa de 80 (ochenta) docentes de la Facultad de Ingeniería (Ver Foto 7).

4 CONCLUSIONES

El apoyo de las autoridades en este tipo de actividades genera un fuerte compromiso de parte de los docentes. La tarea de divulgación y sociabilización, por parte de los equipos de coordinación, permitieron que los docentes de la Facultad de Ingeniería se sientan partícipes del cambio, no solo desde la concepción política sino desde la participación activa, acompañando la necesidad de un nuevo rumbo: el Aprendizaje Centrado en el Alumno, contando con las herramientas necesarias y suficientes para lograr el objetivo.

REFERENCIAS

- Anderson, L., D. Krathwohl, P. Airasian, K. Cruikshank, R. Mayer, P. Pintrich, J. Rath and M. Wittrock. *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing, A: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Abridged Edition. New York: Longman, 2001.
- ANECA. *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje [e-Book]*. Versión 1.0. Madrid, 2014.
http://portal.uned.es/pls/portal/docs/page/uned_main/launiversidad/vicerrectorados/calidad_e_internacionalizacion/innovacion_docente/iued/materiales%20didacticos/web_madi_manual_docentia_uned_aprobado_aneca_09_04_20_0.pdf /1.10.19
- CONFEDI. *Unificación Curricular de la Enseñanza de las Ingenierías en la República Argentina: Modernización de la Enseñanza de las Ingenierías – Proyecto ICI-CONFEDI (LibroAzul)*. Buenos Aires: CONFEDI,1996.
- CONFEDI. *Propuesta para la Acreditación de Grado de Ingeniería en la República Argentina: Manual de Acreditación para carreras de Ingeniería en la República Argentina (Libro Verde)*. Buenos Aires: CONFEDI,2000.
- CONFEDI. *Primer Acuerdo sobre Competencias Genéricas: 2do. Taller sobre Desarrollo de Competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina – Experiencia Piloto en las terminales de Ing. Civil, Electrónica, Industrial, Mecánica y Química*. La Plata, 17 de mayo 2006 – UNLP. 2do. Informe, 2006.
- CONFEDI. *Declaración de Valparaiso sobre competencias genéricas de egreso del Ingeniero Iberoamericano*. La Plata, FASTA Ediciones, 2014.
- CONFEDI and R. Giordano Lerena. *Competencias y Perfil del Ingeniero Iberoamericano, Formación de Profesores y Desarrollo Tecnológico e Innovación (Documentos Plan Estratégico ASIBEI)*. Bogotá: ASIBEI,2016.
- CONFEDI. *Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería*. Oro Verde: CONFEDI, 2017
- CONFEDI. *Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República*

- Argentina: Libro Rojo de CONFEDI*. Rosario: CONFEDI, 2018.
- Kowalski V.A., I. M. Erck and H. D. Enríquez. *Un Problema Profesional más para resolver. Dentro de los "muros"?. Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias (I)*, Segundo Documento, UNAM, 2018a.
- Kowalski V.A., I. M. Erck and H. D. Enríquez. *Cosas que pasan Alrededor de las universidades, y otras yerbas. Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias*. Primer Documento. UNAM, 2018b.
- Kowalski V.A., D. E. Morano, I. M. Erck and H. D. Enríquez. *Resultados de Aprendizaje. Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias*. Sexto Documento. UNAM, 2018.
- Resolución Ministerio de Educación N° 1232/01. Inclusión en la nómina del artículo 43 de la Ley N° 24.521 y Aprobación de Contenidos curriculares básicos, Carga horaria mínima, Criterios de intensidad de la formación práctica, Estándares de Acreditación y Actividades profesionales reservadas, para los títulos de Ingeniero: Aeronáutico, en Alimentos, Ambiental, Civil, Electricista, Electromecánico, Electrónico, en Materiales, Mecánico, en Minas, Nuclear, en Petróleo y Químico. Sancionada el 20 de diciembre de 2001. Publicada el 28 de diciembre de 2001: Boletín Oficial N° 29.805. Buenos Aires, 2001.

Índice de autores

Abboud, Jorge A.	226	Danna, Javier A.	102
Abdala Gabriela C.	131	Dantur, Ana I.	110
Alcázar, Nilda	329	Díaz, Walter	164
Almenar, Martín	123	Echazú Lamas, Silvina E.	366
Alurralde, Florencia M.	10	Espejo, Luis	38
Alvarez, Alejandro R.	71	Etse, Guillermo J.	102
Álvarez, Rocío	96	Fanchini, Mirta S.	247
Amaduro, Inés	16	Farfán Torres, Mónica	277
Argüello, Mónica Adriana	22	Ferrao, Hilda N.	194
Arias, Mirta	29	Ferrari, Ricardo R.	71, 110
Auvieux, Nicolás G.	319	Figuroa Gallo, Lucila M.	253
Badami, Pablo A.	171	Flores, Raúl F.	118
Baigori, Mario D.	277	Foresi, Pedro	220
Barclay, Jeremías	239	Franco, Leonardo	194
Barraza, Julio D.	171	Fraño, Alicia	285
Barrionuevo, María J.	79	Frediani, Matías	123
Bassett, Natalia	38	Fuentes, Franco J.	131
Bennasar, María R.	45, 226	Galarza, Ofelia D.	136, 142
Berejnoi, Carlos	335	García, Víctor O.	149, 220
Biasoni, Enrique M.	89, 183	Gea, Gabriel	247
Bistoni, Silvia N.	149	Gerez Albornoz, Marcos Eduardo	156
Borré, Claudia M.	53	Giunta, Sandra Adriana	329
Brandán, Rodrigo	189	Gómez Khairallah, Aníbal O.	183, 312
Bravo, Silvia	62, 200	Gómez Marigliano, Ana C.	79, 164
Brusa Soledad	305	González, Evangelina A.	171
Busab, Silvia	29	Guevara, Albano, M.	136, 142
Buzzi, Roxana	71	Guzmán, María Fernanda	319
Caicedo Diego	305	Hawkes, Virginia E.	226
Campero, Eliana V.	79	Herrera, Ana C.	277
Carelli, Javier A.	85, 343	Herrera, Carlos G.	22, 96
Carrizo Noelia	305	Herrera, Walter E.	206
Casado, Héctor R.	366	Hurtado Ferraté Sara M.	171
Castro, María I.	268	Hurtado, Julia M.	10, 53
Catán, Alejandra	285	Ignacio N.	53
Cattaneo, Carlos A.	89, 183, 312	Ingaramo, Alejandra	299
Cesca, Mario	299	Irahola Ferreira, Jaime A.	176, 182, 263
Chaillou, Lucrecia L.	231, 360	Iriarte, Adolfo A.	149, 220
Chaves, Anahí A.	263	Jiménez, Ana María	16
Cisterna Fernández, María Inés	96	Jimenez, Lina	29
Collivadino, Carolina	247	Jiménez, Paula V.	189
Company, Susana María	16	Jorrat, Sergio	71
Copa, Beatriz E.	335	José, Gustavo A.	319
Corbalán, Rubén	268	Juárez, Gustavo E.	194
Corral, Sandra M.	110	Larcher, Ledda I.	89, 183
Corvalán, Valeria	360	Lau, María B.	226
Cruz, Mariana Fernanda	329	Lazarte, Silvia V.	142

Ledesma Venecia, Silvana	200	Rossi, Analía.....	38
Ledesma, Ramón.....	285	Rotger, Viviana I.	253
Lema, Elvira L.	136, 142	Rugani Ana.....	149
Lescano, Mariela.....	239	Ruiz Collivadino.....	53
Lizárraga, Enrique M.	206	Ruíz, Agustín P.....	189
Lobo, Ada P.	213	Saavedra, Raul M.....	277
López, Estela M.	118	Saavedra, Zenón	351
Luccioni, Bibiana	123	Saba, Rolando.....	299
Luccioni, Griselda M.	85	Sammán, Norma	38
Luque, Victor.	220	Sánchez de Pinto, María I.	277
Maidana, María A.	226	Sánchez María M.....	305
Manzano. Eduardo R.....	268	Sánchez, Juan.....	247
Martel, José Eduardo.....	319	Saracho, Marta A.	213
Martín, Mariela	29	Segura, Luis A.	213
Martínez Gonzalo.....	305	Silva, María C.....	285
Medina, Analía V.	231	Sosa Mabel	290
Medina, Juan C.....	189	Tálamo, Esteban	305
Meloni, Diego A.....	131, 285	Targa, Gabriela	285
Menéndez, Franco D.	194	Tártalo, Lina P.	319
Molina Susana B	136	Togo, Pablo S.	312
Moreno, Oscar Eduardo	96	Torres Auad, Lía F.....	319
Moreno, Osvaldo.....	206	Torres, José L.	268
Murga, Guadalupe.....	239	Toselli, María E.	131
Musso, Graciela M.	247, 366	Umlandt, Maximiliano.....	189
Nahas, Analía	29	Valdeón, Daniel H.	118
Nazareno, Mónica A.	131, 231	Vallino, Agostina.....	79
Olivera, Juan M.....	253	Varela Nora Ruth.....	305
Páez, Gabriel S.	110	Vásquez Vivas, Ana B.....	171
Palavecino, Ana C.....	277	Velasquez Guzman, Enzo Francisco	329
Palma, Edgar O.	268	Velázquez Isabel.....	290
Pan, Estela	189	Vera van Gelderen, Eduardo.....	299
Pérez, Jorge O.	194	Vidal, Julia T.	183
Pesa, Marta.....	200	Vidoni, Claudia M.	335
Plaza, Lilian N.....	118	Vilches Fátima.....	305
Prados, María B.....	239	Villacorta, Roxana del V.	343
Puca, Vanesa S.....	263	Villalva Gustavo A.	89
Quintana, M. Virginia	366	Vrech, Sonia M.....	102, 156
Rigali, Silvina L.	268	Zimmerman, Diego.....	351
Rodriguez, Carlos.....	220	Zutara, Flavia.....	247



INVESTIGACION EN FACULTADES DE INGENIERIA DEL NOA

Revista N° 5. Año 2019.
ISSN: 1853-6662