

Revista de Ciencia y Tecnología

INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA, SALUD, BIOLOGÍA Y
GENÉTICA, EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

AÑO 22 / Nº 34 / 2020

ÍNDICE

- 8 Contenido de humedad en fardos de papel y cartón a través de la potencia de recepción en el rango de las microondas / Roberto E. Aedo, Ricardo Bustos, Erik Baradit, Mauricio Díaz, Miguel Yañez
- 13 Predicción de fracasos en implantes dentales mediante la integración de múltiples clasificadores / Nancy B. Ganz, Alicia E. Ares, Horacio D. Kuna
- 24 Rendimiento y calidad organoléptica de nuevos cultivares de té (*Camellia sinensis*) en progenies biconales en argentina / S. D. Prat Kricun, L. D. Belingheri, H. Kuzdra
- 29 La industria del litio en la Puna Salteña: impacto en la calidad de vida / Martin Thames Cantolla, Silvana K. Valdez, María de los A. Tinte Montalbetti
- 37 Escaneo tridimensional de objetos a través de materiales transparentes / Isabella de Souza Sierra, Gabriel Chemin Rosenmann, José Aguiomar Foggiatto, Marcio Fontana Catapan, María Lucía Leite Ribeiro Okimoto
- 45 Modelo para la estimación de la deserción estudiantil Awajún y Wampis empleando minería de datos / Lenin Quiñones Huatangari, Diomer M. Jara, Nicanor Alvarado, Manuel E. Milla¹, Oscar A. Gamarra
- 51 Caracterización de las propiedades físicas y vibratorias de los raquis de racimos de mbocayá / Zenil Ricardo Cunha Rodrigues de Oliveira, Fábio Lúcio Santos, Domingos Sarvio Magalhães Valente, Francisco de Assis de Carvalho Pinto, Mateus Resende Rodrigues
- 61 Degradación de residuos líquidos obtenidos en ensayos de dureza del agua mediante el proceso foto-Fenton / Anderson J. Angarita Villegas
- 67 Clasificación Automática de Limón Sutil Peruano (*Citrus Aurantifolia*) Usando Máquinas de Vectores de Soporte / Freddy Alcarazo-Ibáñez, Victor Tuesta-Monteza, Heber Iván Mejía-Cabrera, Juan Carlos Callejas, Raciél Yera
- 77 Registros semióticos de representación en el tratamiento del crecimiento y concavidad de una función / Graciela C. Lombardo, Velma M. Benítez, Lucas J. Domínguez, René M. Skrypczuk, Liliana R. Pagnoni
- 85 Estado de inmunización contra el virus de Hepatitis B en laboratorio Hospitalario de Posadas, Misiones / Susana Castillo Rascón, Melisa Blanco, Catalina Studer, Cristina Aguirre, Andrea Sánchez, Mariana Villalba, Graciela Medina
- 89 Disfunción Tiroidea y factores de riesgo cardiovascular en adultos de la ciudad de Obligado-Paraguay / Lilian Kolbe Dickel, Williams R. Pedrozo, Rocío M. Ares, Graciela A. Bonneau
- 96 Resistencia a fosfomicina, tigeciclina y colistina en enterobacterias provenientes de ambientes acuáticos en Chaco, Argentina / José Alexander Balcaza, Ingrid Kurz, Cristela Itatí Macin, María Silena Mosquera, Alejandro Sandi, Diego López, Salvador Rolando Leyes, Liliana Silvina Lösch, Luis Antonio

MerinoGiraldez Alvarez, Fernanda Braz De Jesus, Ana P. Lacerda Costa, Letícia E. Ferraz Bastos,
Daniel A. Moura De Souza, Douglas Gonçalves da Silva

- 101 Evaluación de la susceptibilidad antifúngica de hongos dermatofitos aislados de muestras clínicas /
Beda E. Mereles Rodríguez, Jacqueline N. Fiedler, Azucena Bruquetas, Miriam E. Chade
- 107 Impacto económico y social de la ciencia y la tecnología en el desarrollo / Carlos Alberto Hernández
Medina, Alexander Báez Hernández, Magdalys Alibet Carrasco Fuentes
- 115 Instrucciones a los autores
- 118 Instructions to authors
- 121 Instruções aos autores
- 124 Confirmación de Autoría y Derechos de Publicación. / Confirmation of Authorship and Publication
Regulations. / Confirmação de Autoria e Direitos de Publicação

• **SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO. FCEQyN-UNaM**

Secretario: Dr. Cristian Alberto Ferri

• **REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

COMITÉ EDITORIAL

Editor principal: Dra. Alicia E. Ares. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Misiones. Argentina.

Editor adjunto: Dr. Miguel E. Schmalko. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Misiones. Argentina.

CONSEJO DE EDICIÓN

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Argentina

Dr. Dardo A. Martí.
Dra. Laura A. Ramallo.
Dra. Marina Quiroga.
Dra. Laura L. Villalba.
Dr. Pedro D. Zapata.
Dr. Alberto S. Fenocchio.
Dra. Ana María Zoppi.
Dra. Martha Von Specht (Invitada).
Dra. María Cristina Area (Invitada).
Mgter. Claudia Martínez (Invitada).
Ing. Alice Rambo (Invitada).
Dra. Claudia Méndez (Invitada).
Mgter. María Celina Vedoya (Invitada).
Dra. Silvina Ramos (Invitada).
Lic. Nancy B. Ganz (Invitada).
Dra. Alejandra Román (Invitada).
Dr. Horacio Kuna (invitado).
Mgter. Natalia León (Invitada).
Dra. Graciela Bonneau (Invitada).

Instituciones de la Argentina

Mgter. Nilda Josefa Corral. Facultad de Humanidades. UNNE. Resistencia. Chaco.
Dra. Silvia Di Genaro. Universidad Nacional de San Luis. San Luis. Argentina.
Dr. Roque Hours. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
Dr. Rodolfo Mascheroni. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos. La Plata. Argentina.
Dr. Jorge E. Monzón. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. UNNE. Corrientes. Argentina.
Dra. Silvia Resnik. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
Dr. José G. Seijo. Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agrimensura. UNNE, Corrientes. Argentina.

Revista de Ciencia y Tecnología on line: www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt. Hecho el depósito de la Ley 11723. Impreso en Argentina. ISSN de la revista impresa: 0329-8922. ISSN de la revista electrónica: 1851-7587.

Esta Revista es un servicio de la SECIP. Está prohibida su venta a terceros como también la reproducción total o parcial con fines comerciales. Los trabajos presentados han sido aceptados para su publicación por el Consejo de Dirección y el Consejo de Edición. La Revista no se hace responsable de las opiniones contenidas en los artículos, siendo de responsabilidad exclusiva de los autores de los mismos. La edición de la Revista cuenta con el apoyo económico de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales y de la Fundación Fac. Cs. Ex. Qcas. y Naturales.

Toda correspondencia relacionada a la Revista debe ser dirigida a: Revista de Ciencia y Tecnología. Félix de Azara 1552, 3300, Posadas, Misiones, Rep. Argentina. Teléfono: 54-376-4422186, Fax: 54-376-4425414, E-mail: recyt@fceqyn.unam.edu.ar.
Revista de periodicidad semestral.

Instituciones del Exterior

Dra. María Sol Brassesco Annichini. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP, Brasil.
Dr. Rafael A. Auras. Michigan State University, Michigan, Estados Unidos.
Dra. Marusia Stefanova. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV).
Dr. Andre Luiz Ferraz. Departamento Biotecnología, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Brasil.
Mgter. Mirtha Lucía Abraham Nazif. Univ. Academia de Humanismo Cristiano. Providencia, Santiago de Chile.
Dra. Pilar López Ruiz. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid. España.
Dr. José Ignacio Paláez Sánchez. Universidad de Málaga. España.

EQUIPO EDITORIAL

Armado de interior y tapa: D.G. Javier B. Giménez.
Revisión de texto: Psp. Marina E. Rojas.
Revisión de texto en inglés: Lic. María C. Benassi, Prof. María E. Sobrero, Lic. Silvia Flores, Lic. Martha S. Godoy, Prof. María L. Stefañuk, Lic. María F. Picasso, Mgter. Mariana Boari.
Revisión de texto en portugués: Prof. Cristina S. Pastori.
Colaboradores técnicos: Lic. Nancy B. Ganz, Marina Rojas, ASC. Víctor R. Narvaez.

COMITÉ DE REVISIÓN EXTERNO INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA, SALUD, BIOLOGÍA Y GENÉTICA, EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Dr. Miguel Ángel Ramírez Martínez. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.
Dr. Pedro Luis Delvasto Angarita. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales. Universidad Industrial de Santander. Colombia.
Dr. Luis Carlos Zucatto. Campus Palmeira das Missões de la Universidade Federal de Santa Maria. Brasil.
Dra. Mariana Inés Ferrario. Universidad Nacional de Buenos Aires. Argentina.
Dr. Hipolito Pajot. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina.
Dr. Luis Antonio Merino. Facultad de Medicina. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina
Dra. Laura C. Leiva de Vila. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional de Nordeste. Argentina.
Dr. Juan Pablo Rodríguez. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional de Nordeste. Argentina.
Esp. Miryan Susana López. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional de Nordeste. Argentina.
Mgter. Williams René Pedrozo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional de Nordeste. Argentina.
Dr. David La Red Martínez. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional de Nordeste. Argentina.
Mgter. Edith Noemi Gorostegui. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional de Nordeste. Argentina.
Ing. Noelia Pinto. Facultad Regional Resistencia. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.
Ing. Gabriela Tomaselli. Facultad Regional Resistencia. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.
Ing. Héctor Ruidías. Universidad Gastón Dachary. Argentina.
Dr. Guillermo Garcia-Effron. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral. Argentina.
Dra. Lorena Garitta. Instituto Superior Experimental de Tecnología Alimentaria (ISETA). Argentina.

Mgter. Mariano Ramiro Pianovi. Instituto Misionero de Estudios Superiores, Argentina.

Dra. Sandra Molina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA (Cerro Azul). Argentina.

Dr. Jorge E. Thomas. Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA).
Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

Dr. Sergio Castro García. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

**COMITÉ DE REVISIÓN INTERNO INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA, SALUD,
BIOLOGÍA Y GENÉTICA, EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**

Dr. Javier Ernesto Kolodziej. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dr. Juan Antonio Dip. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Mgter. Horacio Simes. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dr. Santiago Alexi Holowaty. Instituto de Materiales de Misiones (IMAM-CONICET). Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dra. Silvina Ramos. Instituto de Materiales de Misiones (IMAM-CONICET). Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dr. Santiago Holowaty. Instituto de Materiales de Misiones (IMAM-CONICET). Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dra. Sandra Grenon. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dra. María Isabel Fonseca. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Mgter. Sergio Alejandro Surkan. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Mgter. Cecilia Puchalski. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dra. Martha von Specht. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Lic. Martín Rey. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Mgter. Williams René Pedrozo. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Lic. Patricia Vila Torres. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Revista de Ciencia y Tecnología

INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA, SALUD, BIOLOGÍA Y GENÉTICA, EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

AÑO 22 / Nº 34 / 2020

PRESENTACIÓN

El Consejo Editorial de la Revista de Ciencia y Tecnología presenta en esta oportunidad el segundo número del año 2020, el Nº 34 de la Revista de Ciencia y Tecnología (Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones) – Argentine Journal of Science and Technology.

El mismo está disponible en la página web <http://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/>.

Este número corresponde a las áreas temáticas: Ingeniería, Tecnología e Informática, Salud y Educación Científica y Tecnológica.

Las Instituciones en las que se desarrollaron los trabajos que se publican en este número son las siguientes:

- Instituto de Ciencia de Datos. Universidad Nacional de Jaén. Perú.
- Universidad Señor de Sipán. Perú.
- Universidade Federal de Viçosa. Brasil.
- Universidade Federal de Lavras. Brasil.
- Universidade Federal do Paraná, Brasil.
- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.
- Facultad de Ciencia. Universidad del Bío-Bío. Chile.
- Facultad de Ingeniería. Universidad Católica de la Santísima Concepción. Chile.
- Centro Universitario Municipal Camajuaní. Cuba.
- Universidad de Ciego de Ávila. Cuba.
- Universidad Central de Ecuador. Ecuador.
- Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI-CONICET). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. Argentina.
- Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. Argentina.
- Facultad de Medicina. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-EEA Cerro Azul). Argentina.
- Laboratorio de Alta Complejidad de Misiones (LACMI). Parque de la Salud Provincia de Misiones. Argentina.
- Ministerio de Salud Pública provincia de Misiones. Argentina.
- Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.
- Instituto de Materiales de Misiones (IMAM-CONICET). Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.
- Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación en Informática. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.
- Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Agradecemos especialmente a los Editores invitados para este número: la Dra. Martha Von Specht (Invitada), la Dra. María Cristina Area (Invitada), la Mgter. Claudia Martínez (Invitada), la Ing. Alice Rambo (Invitada), la Dra. Claudia Méndez (Invitada), la Mgter. María Celina Vedoya (Invitada), la Dra. Silvina Ramos (Invitada), la Lic.

Nancy B. Ganz (Invitada), la Dra. Alejandra Román (Invitada), el Dr. Horacio Kuna (Invitado), la Mgter. Natalia León (Invitada) y la Dra. Graciela Bonneau (Invitada).

Asimismo, agradecemos la tarea realizada por el Equipo Editorial (Psp. Marina Elizabeth Rojas, Lic. Nancy Ganz, D.G. Javier Giménez, Lic. María C. Benassi, Prof. María E. Sobrero, Lic. Silvia Flores, Lic. Martha S. Godoy, Prof. María L. Stefañuk, Lic. María F. Picasso. Prof. Cristina S. Pastori, Mgter. Mariana Boari y ASC. Víctor Narváez).

Atentamente,

Dra. Alicia Esther Ares

Editora Principal
Revista de Ciencia y Tecnología (RECYT)
Argentine Journal of Science and Technology
Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales
Universidad Nacional de Misiones
recyt@fceqyn.unam.edu.ar
www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt
TE:+54 376-4422186 Interno 156

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 8–12

Contenido de humedad en fardos de papel y cartón a través de la potencia de recepción en el rango de las microondas

Moisture content in paper and cardboard bales through the reception power in the microwave range

Roberto E. Aedo^{1,*}, Ricardo Bustos², Erik Baradit¹, Mauricio Diaz², Miguel Yañez¹

1- Departamento de Física, Facultad de Ciencia, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

2- Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.

*E-mail: raedogar@ubiobio.cl

Recibido: 22/11/2019; Aprobado: 05/06/2020

Resumen

El presente tiene por finalidad medir el contenido de humedad en fardos de papel y cartón aplicando técnica de microonda en el espacio libre definido por la trayectoria de la onda electromagnética, particularmente en este trabajo es antena transmisora, aire, muestra, aire y antena receptora. Se realizaron a escala de laboratorio mediciones en diferentes probetas que simulan las características de los fardos a distintos contenidos de humedad. La cuantificación de la interacción entre el material y las microondas se logra a través de mediciones de potencia en recepción en un rango de frecuencia de los 3,84-12,5 GHz para luego establecer la frecuencia óptima de medición. La información obtenida experimentalmente se somete a una fase de análisis de las distribuciones medias de las variables estudiadas, en busca de una o varias curvas de calibración que permitan estimar el contenido de humedad en cada fardo. Los resultados obtenidos evidencian una relación entre la potencia de recepción a diferentes contenidos de humedad, por otra parte, la variabilidad de las muestras y el ambiente del laboratorio influye en las mediciones.

Palabras clave: Contenido de humedad; microondas; espacio libre; fardos de papel y cartón, potencia en recepción.

Abstract

The purpose of this paper is to measure the moisture content in bales of paper and cardboard through a microwave technique in the free space defined by the path of the electromagnetic wave, which in this particular work consists on the transmitting antenna, air, sample, air and receiving antenna. Measurements were made at a laboratory scale using different test tubes that simulated bales' characteristics with various moisture content. The interaction between the material and the microwaves is quantified by measuring the reception power within a frequency range of 3,84-12,5 GHz, and then establishing the optimal measurement frequency. In order to identify one or more calibration curves for estimating the moisture content in each bale, analysis focused on the mean distribution of the variables of interest. Results show a relationship between the reception power at different humidity contents, and that the measurements are sensible to the variability of the samples and the laboratory environment.

Keywords: Moisture content; microwaves; free space; paper and cardboard bale; reception power.

Introducción

La humedad se relaciona directamente con la cantidad de agua contenida en un material lo que afecta directamente el valor comercial en fardos de papel y cartón reciclados. Así, resulta necesario estimar el contenido de humedad en el proceso de compra-venta. Para la determinación cuantitativa del contenido de la cantidad de agua en un material usando técnicas electromagnéticas hay principalmente tres métodos: dominio de frecuencia, dominio del tiempo y resonancia magnética nuclear [1], [2].

La relación entre el contenido de humedad y las propiedades dieléctricas se describe a través de una variable física conocida por permeabilidad compleja ϵ^* . Experimentalmente este contenido del material se logra estimar a través interacción con ondas electromagnéticas cuantificada en cambios de amplitud, fase, polarización de la señal aplicada. En particular, el uso de microondas para medir el contenido de humedad ha sido investigado en diferentes áreas industriales tales como agricultura, madera, papel, textil y otras [2], [5-8].

Las interacciones de las microondas con las moléculas

de agua se relacionan a través del fenómeno de relajación dieléctrica, el cual ha sido investigado con gran detalle a través de diferentes técnicas experimentales, así como por simulaciones en el área de la dinámica molecular [3], [9]. El estudio de los espectros dieléctricos es ampliamente utilizado en el análisis físico y químico de materiales, tales como soluciones acuosas, compuestos poliméricos, materiales porosos y otros [10-15]. Existen también investigaciones de las propiedades dieléctricas en tejidos orgánicos en áreas de la medicina [13], industria farmacéutica [14], tecnología de alimentos [15] y ciencia de los materiales [16]. Vale notar, que el estudio de estas propiedades tiene una desventaja debido a la gran inversión que se requiere en equipos. Debido a esto último, para su aplicación en la industria es necesario realizar estudios preliminares con el fin de acotar la frecuencia de operación y así conseguir abaratar los costos.

En general en una gran cantidad de procesos es importante conocer el contenido de agua de un material. Una de las formas de estimar el contenido de humedad es a partir de las variaciones que presenta la permitividad dieléctrica bajo la acción de microondas. Algunos trabajos [17-19] han profundizado la descripción física y química del agua en función de la permitividad dieléctrica.

Los datos se obtienen directamente usando desde el analizador de espectros, se procesan y acondicionan para su posterior análisis. Los resultados obtenidos se muestran en gráficos que establecen la relación entre las variables medidas y los cambios en el contenido de humedad. Se determinan los rangos de medición de potencia y como varia esta cuando cambia el contenido de humedad en las muestras de estudio. Los resultados evidencian mayor precisión a altos contenidos de humedad.

Antecedentes Teóricos

Las microondas cubren un espectro de frecuencias que van desde 300[MHz] a 30[GHz]. Estas, como las ondas de luz, son reflejadas por objetos metálicos, absorbidos por materiales dieléctricos y se propagan por el vidrio. La absorción de energía de las microondas por el agua se debe principalmente a la interacción iónica que se puede cuantificar a través de la permitividad eléctrica compleja [20]:

$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon'(\omega) + \varepsilon''(\omega) \quad (1)$$

donde la parte real de la permitividad compleja se conoce como constante dieléctrica) y refleja la habilidad del material para almacenar energía cuando está sometido a un campo eléctrico. La parte imaginaria de la permitividad se llama factor de pérdidas y está relacionado con el fenómeno de disipación de energía. Considerando una onda electromagnética senoidal propagándose en un medio con pérdidas [8], [20] en la dirección de un eje arbitraria Z,

con ($\sigma \neq 0$) que satisface la ecuación (2):

$$\nabla^2 E(z) - \gamma^2 E(z) = 0 \quad (2)$$

donde es la constante de propagación, una solución general para campo eléctrico (z) se muestra en la ecuación (3) por:

$$E(z) = E_0 e^{-\gamma z} \quad (3)$$

con la amplitud del campo eléctrico incidente en la probeta. Al descomponer la constante de propagación para las características del medio se tiene:

$$\gamma = \alpha + j\beta \quad (4)$$

donde α es constante de atenuación y β es la constante de fase las que se relacionan con la permitividad compleja. La constante de atenuación empieza a ser significativa cuando el factor de pérdidas es comparable con la constante dieléctrica [20], [21]. El modelo de Debye se utiliza para modelar la permitividad dieléctrica del agua hasta los 70 GHz [20-23], el cual se expresa por:

$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{1 + \omega^2 \tau^2} - j \frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_\infty) \omega \tau}{1 + \omega^2 \tau^2} \quad (5)$$

donde es la permitividad relativa estática, la permitividad relativa a altas frecuencias, ω la frecuencia angular y τ el tiempo de relajación del material. El modelo de Debye, ecuación (5), establece que en el rango de las microondas el factor de pérdidas es comparable con el valor de la permitividad dieléctrica siendo cuantificado a través la potencia medida a través de las muestras [21], la que puede ser expresada por:

$$P = P_0 e^{-2\alpha z} \quad (6)$$

donde es la potencia de entrada a la muestra relacionada con el cuadrado de la intensidad del campo eléctrico incidente. La ecuación (6) muestra un decaimiento exponencial proporcional a la constante de atenuación que a su vez aumenta directamente con el factor de pérdidas que cambia a mayor contenido de humedad. Por este motivo las mediciones a través de las muestras presentaran diferentes valores a contenido de humedad distintos.

Materiales y métodos

La técnica de medición de espacio libre consiste en la radiación de microondas a partir de una fuente interactuando con el medio de propagación (aire-muestras-aire), para posteriormente ser capturada por un sistema de detección. La distancia de las probetas respecto a la

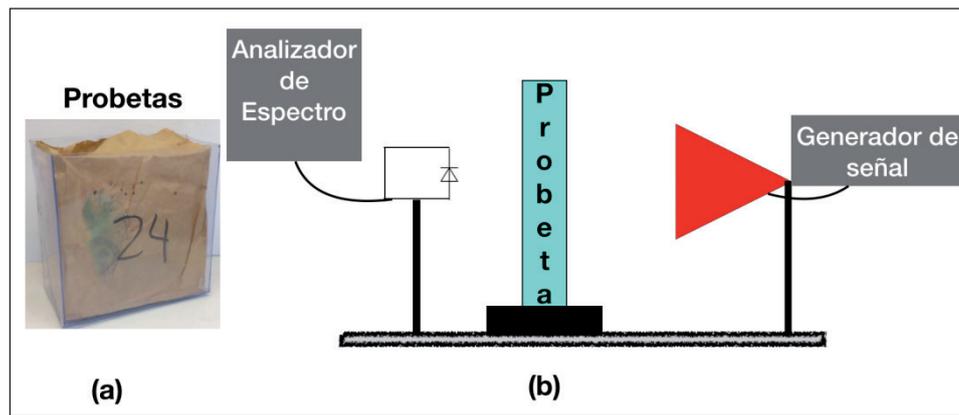


Figura 1: (a) Dispositivo bajo pruebas; (b) Esquema de sistema de medición.

antena transmisora satisface la condición de campo lejano en este caso superior a 8 cm. Para realizar las mediciones se confeccionaron muestras de dimensiones alto, ancho y espesor 15x15x9 [cm] que emulan un fardo de papel y cartón reciclados, distribuidos aleatoriamente y contenidos por una cubierta de mica transparente a las microondas, ver Fig1 (a). Como fuente de radiación se utiliza un sistema formado por un generador de señales HMC-T2100 más antenas ETS-Lindgren tipo horn en 3 diferentes rangos de frecuencia 3,85-5,85 [GHz], 5,85-8,2 [GHz] y 8,2-12,5 [GHz] con potencia de salida de 0[dBm]. El detector es un diodo detector de microondas 1N23CR cuyo rango de frecuencia es de la banda S-X, el esquema de medición se representa en la figura 1(b).

El contenido de humedad de las muestras se establece en base húmeda y se utiliza el método de gravimétrico para determinar el valor de cada una de las probetas.

$$\%H = \left(\frac{M_H - M_S}{M_H} \right) \cdot 100 = \frac{M_{H_2O}}{M_H} \quad (7)$$

Donde es la masa de agua más la masa seca. Las muestras se saturan con agua logrando un máximo de 60% de contenido de humedad. El sistema se calibra para determinar los rangos de potencias mínimo y máximo realizando mediciones de espacio libre y una muestra de las mismas dimensiones, pero llena de agua. Para tener en cuenta los cambios en el ambiente y condiciones se realizan mediciones previas del espacio libre y en una probeta con agua antes de iniciar el proceso de medición.

Resultados

Como resultado preliminar se mide la potencia en dBm en el rango de frecuencias desde los 3,85 – 12,4 [GHz] para establecer los límites de operación. Para esto se realizan mediciones de la potencia en recepción considerando tres medios de propagación, espacio libre que fija límite superior, una muestra de agua que fija límite inferior medible

y a través del promedio antes de saturar con agua, cuyo resultado se presenta en la figura 2.

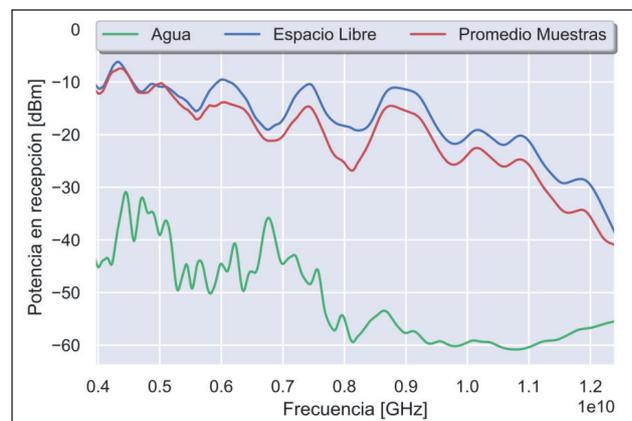


Figura 2: Límites de operación de potencia en recepción

De esta manera de la figura 2 se identifican los límites de medición entre los -9[dBm] y -60[dBm] para diferentes frecuencias en el rango de los 3.85-12.0 GHz. La diferencia en decibeles (dB) entre los límites se presenta en la figura 3.

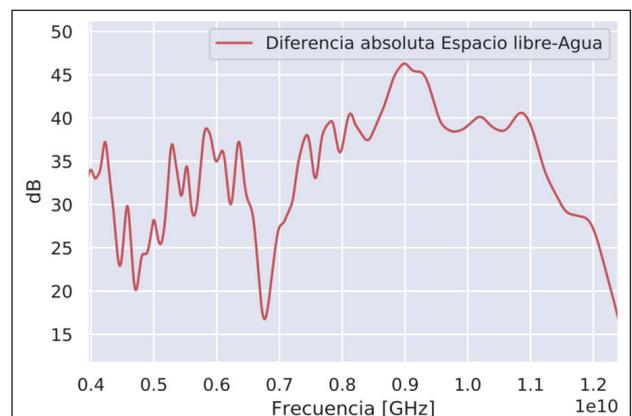


Figura 3: Diferencia en dB.

La máxima diferencia entre los límites de espacio libre y una muestra de agua se encuentra cercana en los 9 [GHz] y es de aproximadamente 30 [dB]. Con este resultado se

fija la frecuencia de medición 9[GHz].

Los resultados obtenidos para las diferentes muestras de estudio del comportamiento entre las variables contenido de humedad y potencia en recepción se presentan en figura 4.

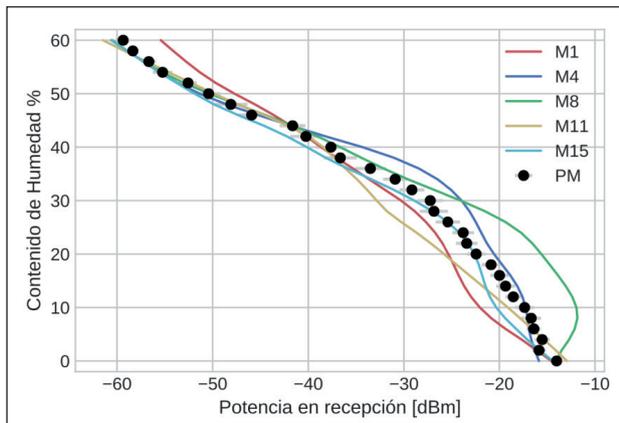


Figura 4: Contenido de humedad v/s potencia en recepción

De la figura 4 se infiere que para valores menores al 30% de contenido de humedad la variabilidad de los resultados es mayor respecto al valor promedio de las muestras. En cambio, para valores altos de contenido de humedad el comportamiento es más cercano al promedio.

Al promedio de los datos obtenidos se les aplico un modelo de regresión curvilínea obteniéndose figuras 5, lo que permite obtener una curva de calibración del contenido de humedad.

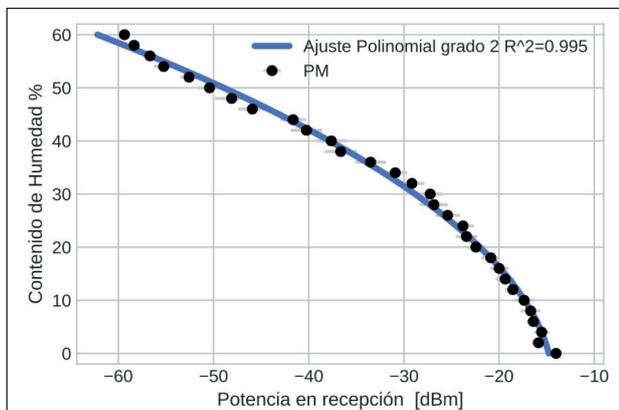


Figura 5: Contenido de humedad vs potencia media con un ajuste polinomial.

El polinomio característico se presenta en la ecuación (8).

$$CH(x) = - 0.0106x^2 - 0.1485x - 14.75 \tag{8}$$

La potencia medida en recepción explica sobre un 99.5% (obtenido por el R^2) la variabilidad del contenido de humedad, en referencia al promedio.

Con el objetivo de disminuir la influencia del medio ambiente en el laboratorio como humedad ambiente, presión y temperatura, se realizó una calibración diaria

estableciendo los límites de operación, valores que presentan leves variaciones dependiendo de las condiciones de laboratorio al inicio de cada medición de las muestras de estudio. Con esta información se construye una tabla de datos que representa la variación de la potencia de recepción frente a los límites superior e inferior ver figura 6.

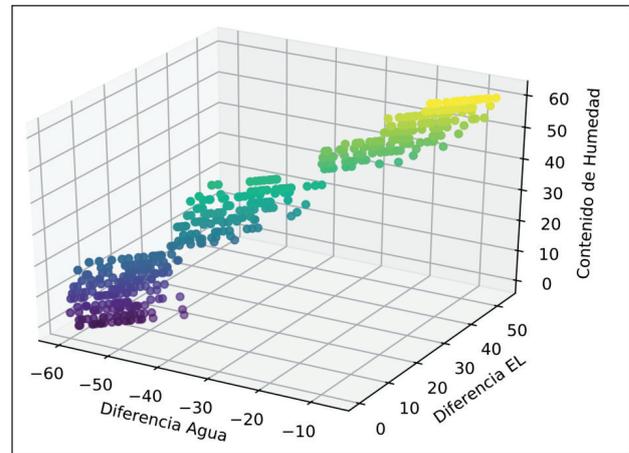


Figura 6: Dispersión versus contenido de humedad

Esta última representación gráfica establece que a bajos valores de contenido de humedad se observa una mayor dispersión entre las variables involucradas lo que es coherente con el resultado mostrado en la figura 5, donde a mayor variabilidad de los valores de potencia medidos a bajos contenidos de humedad.

Conclusiones

De los resultados obtenidos a partir de las mediciones de la potencia en recepción se puede aseverar que la frecuencia óptima de operación es cercana a los 9 [GHz] debido a que en esta se presenta la mayor diferencia entre los límites medibles. Con el análisis de los promedios de potencia se evidencia que a altos contenidos de humedad se tiene alta relación a través de curva de calibración para la potencia en recepción versus el contenido de humedad, de la cual se concluye que el rango medible por el sistema experimental propuesto se encuentra entre los 20-60 %, con una precisión en las estimaciones de 1.1 [dbm]. Para muestras con valores del contenido de humedad bajo el 20% el sistema de medición propuesto presenta una alta dispersión por lo que en un trabajo futuro se realizaran las mediciones en una cámara anecoica para aislar el ambiente en proceso de medición.

Agradecimiento

Al laboratorio de investigación de técnicas no Destructivas de la Universidad del Bío-Bío y al laboratorio de astro-ingeniería y microondas de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Referencias

1. **Martines, E.; Lira, L.** *Análisis y aplicación de las expresiones del contenido de humedad en sólidos*. Simposio de Metrología. Centro Nacional de Metrología. Querétaro, México. 2010. [SEP]
2. **Kraszewski, A.** *Microwave Aquametry: An Effective Tool for Nondestructive Moisture Sensing*. Subsurface Sensing Technologies and Applications, Vol. 2, Nro. 4, ISBN:1566-0184-01-1000-0347-0, Georgia. 2001.
3. **Hasted, J.B.** *Aqueous dielectrics*. Chapman and Hall, London. 1973. [SEP]
4. **Kraszewski, A.** *Microwave instrumentation for moisture content measurement*. Journal of microwave Power. 1973.
5. **Nyfors, E.G; Vainikainen, P.** *Industrial Microwave Sensors*. Artech House: pp 201-230. 1989.
6. **Okamura, S; Tomita, F.** *Microwave moisture sensing system in drying process for green tea production*. Proc. IEEE Instrum. and Meas. Technology Conference IMTC/94: 1253-1256, ISBN:0-7803-1880-3, 2002. [SEP]
7. **Feldman, Y; Puzenko, A; Ryabov, Ya.** *Dielectric relaxation phenomena in complex materials*. In: Kalmykov YP, Coffey WT, Rice SA (eds) *Advances in chemical physics*, vol 133A. Wiley, New York, pp 125. 2006.
8. **Baradit, E; Aguilera, C; Ibañez, G; Cuevas, A; Yañez, M.** *Measurement of moisture content in cardboard bales by microwave*. In: *Journal of Nondestructive Evaluation*, Springer Science+Business Media LLC, part of Springer Nature. 2018.
9. **Trabelsi, S; Stuart, N.** *Microwave Sensing of Quality Attributes of Agricultural and Food Product*. IEEE instrumentation & measurement magazine, vol 19, IEEE. DOI: 10.1109/MIM.2016.7384959. 2016.
10. **Gutina, A; Antropova, T; Rysiakiewicz-Pasek, E; Virnik, K; Feldman, Yu.** *Dielectric relaxation in porous glasses*. *Microporous and Mesoporous Materials* Vol. 58, issue 3, pp 237-254. 2003.
11. **Hasted, J. B.; Husain, S. K; Frescura, F. A; Birch, J. R.** *The temperature variation of the near millimeter wavelength optical constants of water*. *Infrared Physics*, vol 27, issues 1, pp 11-15. 1987.
12. **Kaatze, U.** *Techniques for measuring the microwave dielectric properties of materials*. Vol 47, number 2, Gottingen-Germany, Metrology. 2010.
13. **Kremer, F; Schonhals, A.** *Broadband dielectric spectroscopy*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2003.
14. **Campbell, A; Land D.** *Dielectric properties of female human breast tissue measured in vitro at 3.2GHz*. *Physics in Medicine and Biology*, Vol 37, issues 1, pp 193-210. 1992.
15. **Smith, G; Duffy, A; Shen, J; Olliff, C.** *Dielectric relaxation spectroscopy and some applications in the pharmaceutical sciences*. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol 84, pp 1029-1044. 1995.
16. **Kent, M.** *Microwave measurements of product variables*. In *Instrumentations and sensors for the food industry*. Edited by: Erika Kress-Rogers and Christopher J.B. Brimelow, second edition, CRC Press, USA, pp. 233-279. 2001.
17. **Goy, B; Martin, P; Leban, J.M.** *The measurement of wood density by microwave sensor*. *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, Vol 50, pp 163-166. 1992.
18. **Franks, F.** *Water, a comprehensive treatise*. Vol. 1-7. ISBN: 978-1-4684-8020-7, Springer, Boston, MA. 1979.
19. **Chaplin, M.** *Water Structure and Science*. <http://www.lsbu.ac.uk/water/>. 2007.
20. **Chen, L; Ong, C; Neo, P.** *Microwave Electronic Measurement and Materials and Characterization*. John Wiley & Sons Ltd, the Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England. 2004.
21. **Komarov, V; Wang, S; Tang, J.** *Permittivity and Measurements*. *Encyclopedia of RF and Microwave Engineering*, Edited by Kai Chang ISBN 0-471-27053-9, John Wiley & Sons, Inc. 2005.
22. **Hasted, J.B; Edmonds, P.H.** *Microwave absorption in damp bricks: Bull. RILEM*, p.15. 1962.
23. **Kaatze, U.** *Complex permittivity of water as a function of frequency and temperature*. *Journal of Chemical Engineering Data*, Vol 34, issues 4, pp 371-374. 1989.
24. **Zaghloul, H; Buckmaster, H. A.** *The complex permittivity of water at 9.356 GHz from 10 to 40°C*. *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol 18, pp 2109-2118. 1985.

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 13–23

Predicción de fracasos en implantes dentales mediante la integración de múltiples clasificadores

Predicting dental implant failures by integrating multiple classifiers

Nancy B. Ganz^{1, *}, Alicia E. Ares¹, Horacio D. Kuna²

1- Instituto de Materiales de Misiones (IMAM), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales (FCEQyN), Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Félix de Azara 1552, N3300LQH, Posadas, Misiones, Argentina.

2- Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación en Informática (IIDII), Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales (FCEQyN), Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Félix de Azara 1552, N3300LQH, Posadas, Misiones, Argentina.

*E-mail: nancy.bea.ganz@gmail.com

Recibido: 10/12/2019; Aprobado: 29/05/2020

Resumen

El campo de la Ciencia de Datos ha tenido muchos avances respecto a la aplicación y desarrollo de técnicas en el sector de la salud. Estos avances se ven reflejados en la predicción de enfermedades, clasificación de imágenes, identificación y reducción de riesgos, así como muchos otros. Este trabajo tiene por objetivo investigar el beneficio de la utilización de múltiples algoritmos de clasificación, para la predicción de fracasos en Implantes Dentales de la provincia de Misiones, Argentina y proponer un procedimiento validado por expertos humanos. El modelo abarca la integración de varios tipos de clasificadores. La experimentación es realizada con cuatro conjuntos de datos, un conjunto de Implantes Dentales confeccionado para el estudio de caso, un conjunto generado artificialmente y otros dos conjuntos obtenidos de distintos repositorios de datos. Los resultados arrojados del enfoque propuesto sobre el conjunto de datos de Implantes Dentales, es validado con el desempeño en la clasificación por expertos humanos. Nuestro enfoque logra un porcentaje de acierto del 93% de casos correctamente identificados, mientras que los expertos humanos consiguen un 87% de precisión. En base a esto podemos alegar, que los sistemas de múltiple clasificadores son un buen enfoque para predecir fracasos en implantes dentales.

Palabras clave: Combinación de clasificadores, clasificación, aprendizaje automático, implantes dentales, predicción de fracasos.

Abstract

The field of data science has made many advances in the application and development of techniques in several aspects of the health sector, such as in disease prediction, image classification, risk identification and risk reduction. Based on this, the objectives of this work were to investigate the benefit of using multiple classification algorithms to predict dental implant failures in patients from Misiones province, Argentina, and to propose a procedure validated by human experts. The model used the integration of several types of classifiers. The experimentation was performed with four data sets: a data set of dental implants made for the case study, an artificially generated data set, and two other data sets obtained from different data repositories. The results of the approach proposed were validated by the performance in classification made by human experts. Our approach achieved a success rate of 93% of correctly identified cases, whereas human experts achieved 87% accuracy. Based on this, we can argue that multi-classifier systems are a good approach to predict dental implant failures.

Keywords: Combination of classifiers, classification, machine learning, dental implants, prediction of failures.

Introduction

In decision-making, the combination of classification models can be fundamental, because such a combination aims to obtain an appropriate solution for a particular problem. Individually, classification methods are based on different estimation concepts or procedures. Thus,

by combining them in some way, it is possible to bring together the best properties of each of them and to combine the decisions obtained with the same or different base classifiers [1]. Combination methods are those in which, given a set of already trained classifiers, the results are combined in different ways to return a more precise value than that of the individual classifiers [2]. This integration is

often more accurate, because training data may not provide enough information to choose a better classifier and, in this situation, the combination is the best option. Therefore, the combination may be equivalent to very complex decision trees [3].

Based on this, the aim of the present study was to evaluate the application of multiple classifiers for the prediction of cases of dental implant failure. The data set used was based on clinical histories of patients who had undergone surgical processes of dental implant placement in the province of Misiones, Argentina. The model proposed used the following classifiers: Random Forest (RF) [4], C-Support Vector (SVC) [5], K-Nearest Neighbors (KNN) [6], Multinomial Naive Bayes (MNB) [7] and Multi-layer Perceptron (MLP) [8]. The proposed integration of these classifiers aimed to combine the results of their predictions to determine the degree of class membership and to achieve greater accuracy than that achieved by each of the classifiers individually for the target class label (dental implant failure).

The contributions of this work include the proposed of an automatic learning model for the prediction of failure in dental implants, which is a little known field. Likewise, we demonstrated that multiple classifier systems can also be applied to the case study, as they allow achieving better classification performance than that performed by the human experts.

This section has presented the motivations of our work. The rest of the paper is structured as follows: Section 2 presents related work on the application of multiple classifier systems, section 3 describes in detail the integrated approach of multiple classifiers and an overview of each of the individual classifiers, section 4 presents the experimental results obtained, and section 5 summarizes the main conclusions drawn from this work and outlines future lines of research.

Related work

Several studies have evaluated the combination or integration of classifiers to improve the percentage of success or even not to bias the decision on the results of a single classifier [9]. Miao *et al.* [10], for example, proposed a procedure to improve the accuracy in the identification of genes by integrating the Support Vector Machines (SVM), RF, and Extreme Learning Machines (ELM) classifiers, by applying ReliefF [11] to select the most relevant characteristics of the data set. After training and prediction with the three classifiers, the authors combined the results through the majority voting method [9]. The integration of the predictions allowed them to obtain greater accuracy than with the individual classifiers. Similarly, Catal and Nengir [12] presented a model for the classification of feelings by combining the Naive Bayes, SVM and Bagging classifiers. For the integration of predictions, the authors

used the majority voting method and demonstrated that multiple classifier systems improve accuracy. Another work of similar characteristics is that of Pandey and Taruna [13], who proposed an integrated classifier using a J48 Decision Tree, K-Nearest Neighbor and Aggregating One-Dependence Estimators (AODE), on a data set of academic performance of engineering students. In this model, each individual classifier generates its predictive value and these are integrated through the probability product, where the final class label is represented by the maximum of a subsequent probability. Yan *et al.* [14] also proposed the integration of the Naive Bayes, Decision Tree (ID3) and Maximum Entropy classifiers with the majority voting method for semantic dependency analysis in Chinese. In this model, each of the three classifiers is trained with the same training data. The approach proposed achieved 86% accuracy in experimentation, which, according to the authors, is promising for semantic dependency analysis in Chinese. Ruano-Ordás *et al.* [15] the amount of acquired knowledge about the design and synthesis of pharmaceutical agents and bioactive molecules (drugs proposed a model to automatically determine the biological activity of molecules based on 2048 chemical substructures (coded using binary values) and 84 physicochemical properties (coded using discrete and continuous values). The authors performed the process in three stages: grouping of characteristics, construction and optimization of hyper parameters of each classifier, and classification. They also used SVM with Radial Basis Function (RBF) kernel, AdaBag and rpart, and combined the individual results of each classification into a single result by using the majority voting method. In addition, Oliveira *et al.* [16] addressed the problem of pedestrian detection using the MLP and SVM classifiers. To combine the outputs of the classifiers, these authors used two types of fusion methods: the majority voting method and the diffuse integral. The authors demonstrated that the integration allows improving the percentage of success in the classification. Nweke *et al.* [17] ambient assisted living, activity of daily living (ADL presented a survey of the use of multiple classifier systems in the recognition of human activity and health monitoring. These authors also sought to reduce uncertainty and ambiguity by merging the results generated by different classification models. To this end, they addressed different design and fusion approaches with multiple classifiers, such as SVM, Decision Tree (ID3, J48, C4.5), K-Nearest Neighbor, Artificial Neural Network, Naive Bayes, and RF.

Based on all the above, here we propose an automatic learning procedure using multiple classifiers for a little known field, as is the case of dental implants, and validated it with the performance in classification by human experts.

The following section contains a detailed description of our proposal.

Materials and methods

This section presents the approach proposed, which consists of an automatic learning process (Fig. 1) to obtain the degree of belonging of the class attribute of the dental implant data set.

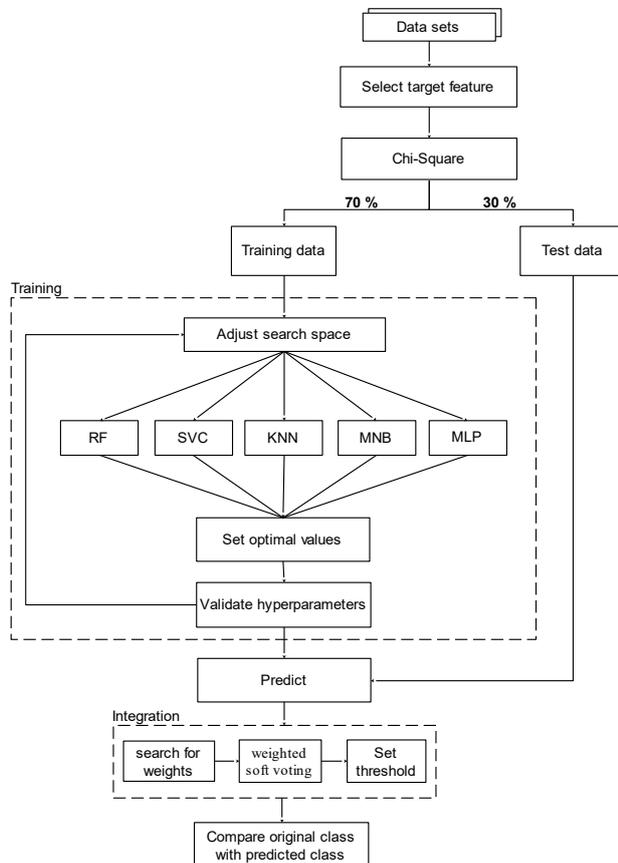


Fig. 1: Proposed approach. This representation summarizes the steps of the mechanism proposed in this work for the integration of the predictions of the following classifiers: Random Forest (RF), C-Support Vector (SVC), K-Nearest Neighbors (KNN), Multinomial Naive Bayes (MNB) and Multi-layer Perceptron (MLP).

Methods of feature selection

A significant step in automatic learning is the selection of features, as it eliminates irrelevant and redundant features, achieving reduced dimensionality and calculation requirements, as well as improving the performance of classifiers. Its purpose is to find an optimal subset of features that will provide good predictive results [11], [18], [19]. In general, feature selection methods can be divided into two categories: Filter and Wrapper. Filter methods use an approximate scale to rate a subset of characteristics and are considerably fast. Examples of filter methods include: Mutual Information [20], Correlation, Consistency, Gain Ratio [21], Information Gain [22], Symmetrical uncertainty [23], and Chi-Square [24]. Wrapper methods [25] first use an optimization algorithm in which several features are added or removed to form different subsets. These are slower than Filter methods. Examples of this type of method include: Sequential Forward Selection, Sequential

Backward Selection, Bidirectional Search, and Relevance in Context [26].

In the present study, we used Chi-Square (χ^2), which is a widely used method to select characteristics [27]–[31]. This method evaluates the value of a characteristic by calculating the statistical value of χ^2 with respect to the class (equation (1)). It is given by:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (1)$$

where O_{ij} is the observed frequency and E_{ij} is the expected (theoretical) frequency. The higher the value of χ^2 , the greater the evidence of correlation between the two characteristics.

The cut-off criterion was the use of a level of significance, which in general is equal to 0.01, 0.05 or 0.10, but it can be any value between 0 and 1 [30], [32]. For this work, we proposed a significance level of $p \leq 0.05$ for all data sets.

Classification methods

An important step in this work was the search for the best individual classifiers for our case study. After researching the existing methods and taking into account the combination approach and the types of classifiers of the papers mentioned in the Related Work section, we propose the use of the following five classifiers: Random Forest (RF) [4], C-Support Vector (SVC) [5], K-Nearest Neighbors (KNN) [6], Multinomial Naive Bayes (MNB) [7] and Multi-layer Perceptron (MLP) [8]. In exploratory evaluations, these classifiers obtained the best performance in comparison with other explored combinations, which included different methods such as: Rpart, Ada, Gradient Boosting Machine (GBM) [3] and different Naive Bayes classifiers [7].

Random Forest, which was introduced by Leo Breiman [4], is an increasingly popular learning algorithm based on decision trees, which enables fast training, excellent performance and great flexibility to handle all types of data [33], [34]. Among the main rules used to divide binary data is the Gini index (equation (2)):

$$\mu = \sum_{a=1}^A p_a(1 - p_a) \quad (2)$$

where A is the target class and p_a the proportion of the class sample. This index measures the impurity of the node and is the most used [33]–[37]. A small value of μ indicates that the node contains predominantly single-class observations, i.e., it is a purity node with good separation between classes [36].

C-Support Vector is a type of support vector machine, which can incorporate different kernels [5]. It can be used for classification or regression [38], [39], and its operation consists in constructing a set of hyper-planes in a high dimensional space. The separation is measured as the distance between the hyper-planes and is called the functional margin. The larger the margin, the smaller the generalization error of the classifier. Examples of some kernels [40] (equation (3)) include:

linear: (x, x')
 polynomial: $(\gamma (x, x') + r)^d$
 and
 RBF: $\exp(-\gamma \|x, x'\|^2)$ (3) where $\gamma > 0$

K Nearest Neighbors is a type of learning based on instances or non-generalized learning [41]. This method searches, in a set D , the k neighbors q closest to the object p to be classified in D , and assigns the class label according to most of its neighbors (equation (4)), with $\text{dist}(p, q) \leq \text{dist}(p, o)$, that is:

$$\text{KNN}_k(p) = \{q \mid \forall q \in D, \text{dist}(p, q) \leq \text{dist}(p, o)\} \quad (4)$$

where $\text{dist}(p, o)$ is the distance between p and the k -th object o . To actually contribute to the adjustment, both the optimal choice of the k -value and the distance to be used for the nearest neighbors are highly dependent on the data [6].

Naive Bayes is based on the principle of the Bayes theorem, which assumes that the input characteristics are independent of each other, called conditional independence (equation (5)). It is given by:

$$f_i(X) = \prod_{j=1}^N P(x_j | c_i) P(c_i) \quad (5)$$

where $x_j = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ is the characteristic vector and c_i , with $i = 1, 2, \dots, N$, indicates possible class labels. The training phase consists in estimating the conditional probabilities $P(x_j | c_i)$ and the previous probabilities $P(c_i)$ [7]. In this work, we applied a variant called Multinomial Naive Bayes (MNB), which supports categorical data and is mainly used for the classification of documents and texts [42]–[46] due to its simplicity, efficiency and effectiveness.

Multi-layer Perceptron is widely used due to its ability to use both linear and nonlinear applications [47]–[52]. It consists of an input layer, one or more hidden layers and an output layer. The number of neurons in the input layer corresponds to the number of characteristics, whereas the number of neurons in the output layer corresponds to the number of outputs. The connection between the neurons in the different layers is calculated using weights (equation (6)). Its training purpose is to find suitable values for the

weights of the links between the neurons. The general output function and the error function are given by:

$$y_i = f\left(\sum_{i=1}^N w_{ji} x_i\right) \quad (6)$$

$$E = \frac{1}{2} \sum_i (d_i - y_i)^2$$

where x_i are the input data, w_{ji} refers to the weight values, $f(\cdot)$ is the activation function, y_i is the network i -th output, and d_i is the expected i -th output [8].

Integration of the classifiers

To determine the final class label, we applied a weighted soft voting method [53], [54]. This rule allowed achieving the best predictive results for the case study. The integration of the predictions consisted in multiplying, for each tuple, the probability value of the target and non-target class, obtained by each classifier by the weight assigned to it. The weight was determined by means of a grid search using a test parameter w with values between 0 and 1. This search was subjected to a cross-validation of 10 iterations, in which the accuracy [55], [56] of each classifier for the class in question was measured, and the value of w that achieved the best accuracy was selected [15]–[17].

Once the weights were determined, the weighted soft voting method was applied [53], [54]. This method collects the predicted class probabilities for each classifier, multiplies them by the weight assigned to each classifier, and then averages them. The final class label is derived from the class label with the highest average probability (equation (7)), given by:

$$\hat{y} = \arg \max_i \sum_{j=1}^m w_j p_{ij} \quad (7)$$

where p_{ij} is the probability predicted by the j -th classifier and w_j is the weight assigned to the j -th classifier. This approach is only recommended if the classifiers are well calibrated.

In the present work, instead of using the maximum average, we applied a threshold [3], [16], because, in exploratory evaluations, it allowed us to achieve better results in the classification. This threshold was determined by a grid search using a test parameter μ with values between 0.1 and 0.5, with 0.1 increments in each test. The value of μ selected was the one that allowed obtaining the best classification result for all the data sets used.

Generation of artificial data

An artificial data set generated with the SMOTE algorithm was used for validation [57]. This algorithm generates new artificial tuples to balance the data sample

based on the nearest neighbor rule, in which, to classify a new instance, the distance between each attribute of the new instance and the rest of the instances of the data set is calculated (equation (8)) and associated with the class of the nearest instance. Therefore, given $x_i, \bar{x} \in N_{min}$, this algorithm can be described as:

$$x_{syn} = x_i + (\bar{x} - x_i) \cdot \text{rand}(0,1) \quad (8)$$

Here, x_i is the minority class sample to be oversampled, \bar{x} is another minority sample that is generally selected from N_{min} near x_i , the expression \cdot represents the multiplication by element, and $\text{rand}(0,1)$ indicates a random number in the interval $(0,1)$.

This method, which is widely used to balance data sets [58]–[62], has the advantage of not losing information and of being able to repeat samples with noise. The method should be provided with the following inputs: Number of minority class samples T ; Amount of SMOTE $N\%$; and Number of nearest neighbors k , and should provide the following output: $(N/100) * T$ synthetic minority class samples [57].

Structure of the data set

The approach proposed was used to experiment with four data sets: case study set (i.e. a data set of actual dental implant cases), and three validation sets: a data set artificially generated with the Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) [57] based on actual dental implant cases, and two other data sets obtained from the kaggle and OpenML (Heart Disease, Breast Cancer) repositories. Table 1 presents the summarized characteristics of these sets.

To perform a classification task, after selecting the most important characteristics of a data set, it is necessary to divide the data. A common strategy is to take all labeled data and divide them into training and evaluation subsets, usually with a proportion of 70 to 80% for training and 20 to 30% for evaluation or testing [29], [30], [34], [36], [42], [63]. This division will depend to a large extent on the total number of samples and the model to be trained [16], [64]–[67]. In our case, the data were randomly divided to preserve the distribution of both classes: 70% for training and 30% for evaluation [35], [45], [47], [49], [50], [68]–[70], ensuring that all cases were represented in both sets.

Table 1: Characteristics of the data sets used for the experimental evaluation. From left to right: names of the data sets, number of samples, number of attributes per tuple, number of characteristics selected by the Chi-Square method () and size of the training and test sets.

Data set	Sample	Feature		Training	Test
Dental Implants ¹	1165	33	17	815	350
Artificial ²	1748	33	21	1223	525
Heart Disease ³	303	13	10	212	91
Breast Cancer ⁴	277	10	5	193	84

¹**Dental Implants:** this data set consisted of 1165 tuples of clinical histories of patients from Misiones Province, Argentina, undergoing surgical processes of placement of dental implants. It was made up of 32 categorical characteristics and an unbalanced binary class attribute (1009 cases labeled as success and 156 as failure).

²**Artificial:** this data set consisted of an artificial set generated with the SMOTE algorithm, where, to obtain the artificial cases of the minority class, the input consisted of: $T = 156$ tuples; $SMOTE N\% = 250\%$; and $k = 5$, and, to generate the artificial cases of the majority class, the input consisted of: $T = 1009$ cases; $SMOTE N\% = 250\%$; and $k = 5$. For the latter, instead of taking the subset of tuples with the lowest index, the algorithm was modified so that it took the subset of the highest index, which corresponds to the cases of the success class. The procedure to generate the cases was the same as for the minority class. Finally, the cases generated for both classes were extracted and a new artificial data set was created with a distribution similar to that of the *Dental Implants* data set.

Table 2 presents the characteristics of the *Dental Implants* and *Artificial* data sets in more detail.

³**Heart Disease:** this data set consisted of a total of 303 tuples with 12 categorical attributes and one binary class attribute. Each tuple represented the data obtained from a patient. The objective characteristic refers to the presence or absence of heart disease. It consisted of 138 cases with absence of the disease and 165 with presence of the disease. This set was extracted from the kaggle repository [71].

⁴**Breast Cancer:** this data set contains breast cancer registries obtained at the Institute of Oncology of the University Medical Center in Ljubljana, Yugoslavia. It consists of 277 tuples with 9 categorical characteristics and a binary class attribute. The class attribute reflects cases of recurrence and non-recurrence to the disease. This set was extracted from the Open Machine Learning (OpenML) repository [72].

Table 2: Dimensions of the *Dental Implants* and *Artificial* data sets.

Dimensions	Description	Features
Patient Data	Features related to the antecedents and medical conditions of the patients at the time of the intervention.	Age range, gender, profession, social security, antecedent, smoking habit, alcoholism, periodontitis, toothless, med intake, and allergy.
Implant Data	Features related to the implant used by the implant specialist.	Surface treatment, design, length, diameter, connection, and origin.
Data of the Surgical Phase	Features related to the surgical intervention and improvement of the patient's bone bed.	Season, patient zone, register, dental piece, load protocol, exodontia, bone expansion, maxillary sinus elev, regeneration of hard tissues, regeneration of soft tissues, additional procedure, placement time, bone type, prosthetic indication, and surgical complication.
Data of the Post-operative Follow-up	Particularities of the outcome of the implant placement process, i.e. whether the tissue/implant osseointegration process was successful or not.	Post-op follow-up.

Training

To obtain a robust model and optimize the results of the classifiers, a grid search was carried out to adjust the hyper parameters [35], [39], [40], [43], [50] the quantitative effects of heat acclimation (HA). This search was performed with the training data from each of the data sets. For this process, we specified:

1. A search space: we defined value ranges for the hyper parameters and adjusted them according to the performance measurement.
2. An optimization or adjustment algorithm: we used the GridSearchCV method [73], which is the most expensive in terms of performance, but allows covering all the search space defined.
3. An evaluation method: we used cross-validation of 10 iterations as a resampling strategy.

A measure of performance: we used the equilibrium accuracy metrics, which is given by the true positives plus the true negatives divided by the totality of samples from the data set [74].

Table 3 shows the hyper parameters that were sought to be adjusted for each classifier on each data set and the search spaces defined for each parameter. The implementation uses the Python programming language with the Scikit-learn library [75].

Table 3: Hyper parameters and search ranges defined for the RF, SVC, KNN, MNB and MLP classifiers.

Classifiers	Hyper parameters	Search space
RF	n_estimators	range (1, 150)
	criterion	gini, entropy
	bootstrap	True, False
SVC	kernel	linear, rbf, poly
	C	range (1, 10)
	gamma	range (1, 10)
	degree	range (1, 10)
KNN	n_neighbors	range (1, 100)
	weights	uniform, distance
	p	manhattan, euclidean
MNB	alpha	[0, 0.1, 0.2, 0.3, ..., 0.9, 1]
	fit_prior	True, False
	class_prior	[0.5,0.5], [0.4,0.6], [0.6,0.4]
MLP	hidden_layer_sizes	range (1, 10)
	activation	logistic, tanh, relu
	alpha	[0.0001, 0.05]
	solver	lbfgs, sgd, adam
	learning_rate	constant, invscaling

Evaluation parameters

The parameters used to evaluate and compare the performance of the individual classifiers with the approach proposed were: true positive (TP), true negative (TN), false positive (FP), false negative (FN), sensitivity, specificity, accuracy and error [55], [56]. TP is the percentage of correctly classified observations of the target class; TN

is the percentage of correctly classified observations of the non-target class; FP is the percentage of erroneously classified observations of the non-target class; FN is the percentage of erroneously classified observations of the target class; sensitivity (equation (9)) is the ability of the model to correctly classify the target samples; specificity (equation (10)) is the fraction of non-target samples classified as non-target samples by the model; accuracy (equation (11)) is the total proportion of instances correctly classified for both classes; and error (equation (12)) allows the total proportion of instances incorrectly classified for both classes to be measured.

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (9)$$

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN + FP} \quad (10)$$

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (11)$$

$$\text{Error} = \frac{FP + FN}{TP + TN + FP + FN} \quad (12)$$

Human level classification performance

Human-level performance allows estimating an optimal error rate and corroborating the operation of the classification system. To evaluate the performance of the proposed approach on the *Dental Implants* data set, a comparison was made with human expert opinion. The evaluation was subject to classification by two experts in the area (selected from the Provincial Registry of Professionals who practice Maxillofacial Buco Surgery, Implantology, Periodontics and Tissue Manipulation), each of whom was provided with a random sample distinct from the 10% prevalence of cases. The cases were presented without the label so that the experts could classify them according to their experience, and in this way be able to contrast with the values found by our classification approach.

Experimental results

This section presents the results of applying the proposed approach to the four data sets.

As described in the section on materials and methods, the predictions were integrated through the weighted soft voting method. Using the threshold value that allowed obtaining the best classification accuracy to be obtained in each data set.

Table 4 shows the optimal values found in training for each of the classifiers with the training data for each data set. Table 5 presents the success percentages obtained by each classifier individually and the result of the proposed approach to the test data from the data sets used.

Table 4: Hyper parameters and optimal values found for the RF, SVC, KNN, MNB and MLP classifiers on the *Dental Implants, Artificial, Heart Disease* and *Breast Cancer* data sets.

Classifiers	Hyper parameters	Optimal values			
		Dental Implants	Artificial	Heart Disease	Breast Cancer
RF	n_estimators	8	2	7	7
	criterion	entropy	entropy	gini	gini
	bootstrap	True	False	True	True
SVC	kernel	rbf	rbf	rbf	liner
	C	1	1	1	1
	gamma	1	1	1	1
	degree	0	0	0	0
KNN	n_neighbors	20	40	2	50
	weights	distance	distance	uniform	uniform
	p	euclidean	euclidean	manhattan	manhattan
MNB	alpha	1	0.7	0	0.2
	fit_prior	True	True	True	True
	class_prior	[0.6,0.4]	[0.6,0.4]	[0.6,0.4]	[0.6,0.4]
MLP	hidden_layer_sizes	10	10	10	10
	activation	logistic	logistic	relu	logistic
	alpha	0.05	0.05	0.0001	0.0001
	solver	lbfgs	lbfgs	lbfgs	lbfgs
	learning_rate	constant	constant	constant	constant

Table 5: Efficiency in the success of the RF, SVC, KNN, MNB, and MLP classifiers and the proposed approach (Integrated) to the *Dental Implants, Artificial, Heart Disease* and *Breast Cancer* data sets.

Data sets	Classifiers	Target class	Non-target class
		Sensitivity	Specificity
Dental Implants	RF	59%	98%
	SVC	64%	99%
	KNN	64%	99%
	MNB	72%	79%
	MLP	66%	97%
	Integrated	75%	96%
Artificial	RF	81%	97%
	SVC	81%	99%
	KNN	81%	99%
	MNB	60%	81%
	MLP	82%	97%
	Integrated	89%	97%
Heart Disease	RF	81%	71%
	SVC	70%	79%
	KNN	70%	76%
	MNB	77%	74%
	MLP	72%	68%
	Integrated	94%	58%
Breast Cancer	RF	36%	78%
	SVC	36%	83%
	KNN	20%	97%
	MNB	52%	76%
	MLP	32%	80%
	Integrated	60%	64%

Table 5 shows that the SVC and KNN classifiers achieved the best performance over the non-target class

for all data sets compared to the other classifiers, even exceeding the approach proposed in all cases. For the target class, it can be seen that the integration of the predictions of the five classifiers allowed achieving the highest success rate. For this class, it is also observed that the performance of the individual classifiers was varied. While the performance of the integration of the predictions was not the best option for the non-target class, it does not mean that it was the worst compared to the individual predictions. The integration of the probabilities for the target class was the best option, since it allowed obtaining the highest percentage of success.

The following graph (Fig. 2) presents the percentage of the accuracy metric achieved for each classifier and the proposed approach to the four data sets used.

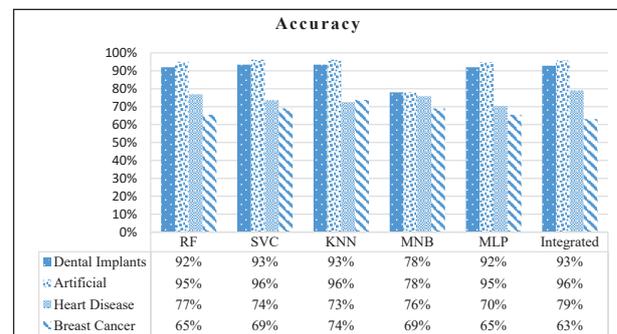


Fig. 2: Accuracy of the RF, SVC, KNN, MNB, and MLP classifiers and the proposed approach (Integrated) on the *Dental Implants, Artificial, Heart Disease* and *Breast Cancer* data sets.

Figure 2 shows that the SVC and KNN classifiers and the proposed approach showed the best performance on the *Dental Implants* and *Artificial* data sets. Also, the proposed approach achieved the best accuracy on the *Heart Disease* data set. The results on the *Breast Cancer* data set were not as good as with our model, although it was consistent in comparison with the results obtained with the other classifiers.

Finally, the results achieved with the proposed approach on the *Dental Implants* data set were compared with the accuracy achieved in classification by human experts (Fig. 3). Our model achieved 93% overall accuracy, with 7% error, whereas, on average, the classification made by the experts achieved a total accuracy of 87%, with an average error of 13% (Table 6).

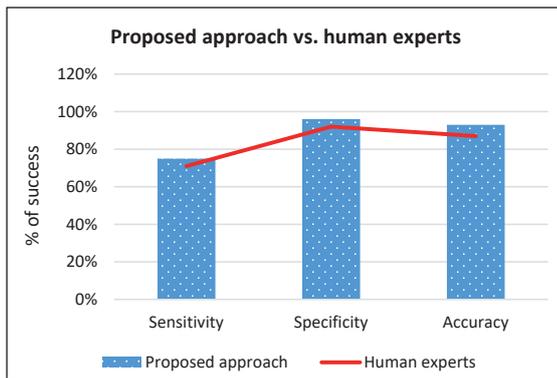


Fig. 3: Values of the Sensitivity, Specificity and Accuracy metrics achieved by the proposed approach compared to the classification made by the human experts.

Table 6: Comparison of the evaluation parameters achieved by the proposed approach and the classification of the experts on the Dental Implants data set.

Model	Sensitivity	Specificity	Accuracy	Error
Proposed approach	75%	96%	93%	7%
Human experts	71%	92%	87%	13%

Discussion

The purpose of this work was to apply multiple classifiers to increase the successful classification of the failures of a data set of clinical records of patients who had undergone surgical processes of placement of dental implants in the Province of Misiones, Argentina. We demonstrated that, in this field, it is better to integrate the predictions of the classifiers, so as not to bias the decision on a single outcome. Likewise, using integrated predictions allows knowing different points of view or results for the same case, since the use of more than one classifier allows assuring a more precise label or classification assignment.

The proposed approach was also validated with an artificial data set generated for the case study and two other test data sets. By experimenting on the original dental implant data set, the proposed approach achieved the best success rate of the target class, compared to the performance of individual classifiers and the classification by the human experts.

The experts in oral pathologies and complex rehabilitation in oral implantology consulted agreed and remarked that, in this field of study, it is less delicate to label a case as a failure than to label it as a success when it was an eventual failure. As a result, each classifier achieved up to 72% success of the target class, whereas the human expert achieved up to 71% success, whereas the proposed approach allowed reaching 75% of cases correctly identified as failures.

The SVC and KNN classifiers achieved the best performance over the non-target class for all the data sets compared to the other classifiers, even exceeding the proposed approach. For the target class, the proposed

approach allowed achieving the highest success rate and lowest error rate for all cases.

Conclusions and future work

This work allowed studying the application of multiple classifiers to a little known field. We proposed an automatic learning model to improve the performance of prediction of failure in dental implants. According to the experimental results, the multiple classifiers approach can also be applied to the prediction of dental implant failures. Based on the results of the classification by the human experts, we can say that our approach allowed achieving a superior classification performance. Therefore, we have succeeded in proposing a knowledge extraction procedure validated by human experts in a little known field.

Finally, as future work, we propose validating the proposed approach with other data sets in the area of health or medicine. In addition, we propose including or extending the classifiers used, to assess the possibility of adjusting the success rate of both classes. Finally, we also propose extending the survey of cases of clinical histories of dental implants to other parts of the country as well as to other countries.

Acknowledgements

We are grateful to the National Council for Scientific and Technical Research of Argentina (CONICET) for funding through a doctoral scholarship, granted by Resolution D N° 4869, and to the implant specialists who collaborated in the construction of the dental implant database of this research.

References

1. Y. Lu, "Knowledge integration in a multiple classifier system," *Appl. Intell.*, vol. 6, no. 2, pp. 75–86, 1996.
2. L. I. Kuncheva, "Combining Pattern Classifiers: Methods and Algorithms," in *Combining Pattern Classifiers*, 2nd ed., John Wiley & Sons, 2014, pp. 290–325.
3. M. Mohandes, M. Deriche, and S. O. Aliyu, "Classifiers Combination Techniques: A Comprehensive Review," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 19626–19639, 2018.
4. L. Breiman, "Random Forest," *Mach. Learn.*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32, 2001.
5. C. Chang and C. Lin, "LIBSVM: A Library for Support Vector Machines," *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 1–39, 2011.
6. N. S. Altman, "An Introduction to Kernel and Nearest-Neighbor Nonparametric Regression," *Am. Stat.*, vol. 46, no. 3, pp. 175–185, 1992.
7. J. D. Manning, P. Raghavan, and H. Schütze, "Text Classification and Naive Bayes," in *Introduction to Information Retrieval*, Cambridge University Press, 2009, pp.

- 253–287.
8. B. Irie and Sei Miyake, “Capabilities of Three-layered Perceptrons,” IEEE International Conf. Neural Networks, pp. 641–648, 1988.
 9. J. Fierrez, A. Morales, R. Vera-Rodriguez, and D. Camacho, “Multiple classifiers in biometrics. part 1: Fundamentals and review,” *Inf. Fusion*, vol. 44, no. December 2017, pp. 57–64, 2018.
 10. Y. Miao, H. Jiang, H. Liu, and Y. dong Yao, “An Alzheimers disease related genes identification method based on multiple classifier integration,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 150, pp. 107–115, 2017.
 11. G. Chandrashekar and F. Sahin, “A survey on feature selection methods,” *Comput. Electr. Eng.*, vol. 40, no. 1, pp. 16–28, 2014.
 12. C. Catal and M. Nangir, “A sentiment classification model based on multiple classifiers,” *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 50, pp. 135–141, 2017.
 13. M. Pandey and S. Taruna, “Towards the integration of multiple classifier pertaining to the Student’s performance prediction,” *Perspect. Sci.*, vol. 8, pp. 364–366, 2016.
 14. J. Yan, D. B. Bracewell, F. Ren, and S. Kuroiwa, “Integration of Multiple Classifiers for Chinese Semantic Dependency Analysis,” *Electron. Notes Theor. Comput. Sci.*, vol. 225, no. C, pp. 457–468, 2009.
 15. D. Ruano-Ordás, I. Yevseyeva, V. B. Fernandes, J. R. Méndez, and M. T. M. Emmerich, “Improving the drug discovery process by using multiple classifier systems,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 121, pp. 292–303, 2019.
 16. L. Oliveira, U. Nunes, and P. Peixoto, “On Exploration of Classifier Ensemble Synergism in Pedestrian Detection,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 11, no. 1, pp. 16–27, 2010.
 17. H. F. Nweke, Y. W. Teh, G. Mujtaba, and M. A. Al-garadi, “Data fusion and multiple classifier systems for human activity detection and health monitoring: Review and open research directions,” *Inf. Fusion*, vol. 46, no. June 2018, pp. 147–170, 2019.
 18. U. M. Khaire and R. Dhanalakshmi, “Stability of feature selection algorithm: A review,” *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, 2019.
 19. R. Zhang, F. Nie, X. Li, and X. Wei, “Feature selection with multi-view data: A survey,” *Inf. Fusion*, vol. 50, no. May 2018, pp. 158–167, 2019.
 20. M. Bannasar, Y. Hicks, and R. Setchi, “Feature selection using Joint Mutual Information Maximisation,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 42, no. 22, pp. 8520–8532, 2015.
 21. J. R. Quinlan, “Induction of Decision Trees,” *Mach. Learn.*, vol. 1, no. 1, pp. 81–106, 1986.
 22. C. E. Shannon, “A Mathematical Theory of Communication,” *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 27, no. 3, pp. 379–423, 1948.
 23. S. S. Shreem, S. Abdullah, and M. Z. A. Nazri, “Hybrid feature selection algorithm using symmetrical uncertainty and a harmony search algorithm,” *Int. J. Syst. Sci.*, vol. 47, no. 6, pp. 1312–1329, 2016.
 24. K. Pearson, “On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling,” *London, Edinburgh, Dublin Philos. Mag. J. Sci.*, vol. 50, no. 302, pp. 157–175, 1900.
 25. R. Kohavi and G. H. John, “Wrappers for feature subset selection,” *Artif. Intell.*, vol. 97, no. 1–2, pp. 273–324, 1997.
 26. I. Guyon and A. Elisseeff, “An Introduction to Variable and Feature Selection,” *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 3, pp. 1157–1182, 2003.
 27. Y. Yang and J. O. Pedersen, “A Comparative Study on Feature Selection in Text Categorization,” *Proc. 14th Int. Conf. Mach. Learn.*, pp. 412–420, 1997.
 28. X. Jin, A. Xu, R. Bie, and P. Guo, “Machine learning techniques and chi-square feature selection for cancer classification using SAGE gene expression profiles,” *Data Min. Biomed. Appl.*, vol. 3916, pp. 106–115, 2006.
 29. M. Moran and G. Gordon, “Curious Feature Selection,” *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 485, pp. 42–54, 2019.
 30. I. Sumaiya Thaseen and C. Aswani Kumar, “Intrusion detection model using fusion of chi-square feature selection and multi class SVM,” *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 29, no. 4, pp. 462–472, 2017.
 31. H. Alshalabi, S. Tiun, N. Omar, and M. Albared, “Experiments on the Use of Feature Selection and Machine Learning Methods in Automatic Malay Text Categorization,” *Procedia Technol.*, vol. 11, pp. 748–754, 2013.
 32. J. Mielniczuk and P. Teisseyre, “Stopping rules for mutual information-based feature selection,” *Neurocomputing*, vol. 358, pp. 255–274, 2019.
 33. G. Biau and E. Scornet, “A random forest guided tour,” *Test*, vol. 25, no. 2, pp. 197–227, 2016.
 34. A. Verikas, A. Gelzinis, and M. Bacauskiene, “Mining data with random forests: A survey and results of new tests,” *Pattern Recognit.*, vol. 44, no. 2, pp. 330–349, 2011.
 35. D. Chong, N. Zhu, W. Luo, and X. Pan, “Human thermal risk prediction in indoor hyperthermal environments based on random forest,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 49, no. April, p. 101595, 2019.
 36. D. S. Cao, J. H. Huang, Y. Z. Liang, Q. S. Xu, and L. X. Zhang, “Tree-based ensemble methods and their applications in analytical chemistry,” *Trends Anal. Chem.*, vol. 40, no. 2, pp. 158–167, 2012.
 37. F. B. de Santana, W. Borges Neto, and R. J. Poppi, “Random forest as one-class classifier and infrared spectroscopy for food adulteration detection,” *Food Chem.*, vol. 293, no. July 2018, pp. 323–332, 2019.
 38. J. Liu and E. Zio, “Integration of feature vector selection and support vector machine for classification of imbalanced data,” *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 75, pp. 702–711, 2019.
 39. J. Chorowski, J. Wang, and J. M. Zurada, “Review and per-

- formance comparison of SVM- and ELM-based classifiers," *Neurocomputing*, vol. 128, pp. 507–516, 2014.
40. J. Novakovic and A. Veljovic, "C-support vector classification: Selection of kernel and parameters in medical diagnosis," *IEEE 9th Int. Symp. Intell. Syst. Informatics*, pp. 465–470, 2011.
 41. M. Cover T and E. Hart P, "Nearest Neighbor Pattern Classification," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 13, no. 1, pp. 21–27, 1967.
 42. G. Singh, B. Kumar, L. Gaur, and A. Tyagi, "Comparison between Multinomial and Bernoulli Naïve Bayes for Text Classification," 2019 Int. Conf. Autom. Comput. Technol. Manag., pp. 593–596, 2019.
 43. S. Xu, "Bayesian Naïve Bayes classifiers to text classification," *J. Inf. Sci.*, vol. 44, no. 1, pp. 48–59, 2018.
 44. M. Abbas, K. Ali Memon, A. Aleem Jamali, S. Memon, and A. Ahmed, "Multinomial Naïve Bayes Classification Model for Sentiment Analysis," *IJCSNS Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur.*, vol. 19, no. 3, pp. 62–67, 2019.
 45. G. Isabelle, W. Maharani, and I. Asror, "Analysis on Opinion Mining Using Combining Lexicon-Based Method and Multinomial Naïve Bayes," 2018 Int. Conf. Ind. Enterp. Syst. Eng. (ICoIESE 2018), vol. 2, no. IcoIESE 2018, pp. 214–219, 2019.
 46. Y. Pan, H. Gao, H. Lin, Z. Liu, L. Tang, and S. Li, "Identification of bacteriophage virion proteins using multinomial Naïve bayes with g-gap feature tree," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 19, no. 6, 2018.
 47. K. Bhattacharjee and M. Pant, "Hybrid Particle Swarm Optimization-Genetic Algorithm trained Multi-Layer Perceptron for Classification of Human Glioma from Molecular Brain Neoplasia Data," *Cogn. Syst. Res.*, vol. 58, pp. 173–194, 2019.
 48. T. Zarei and R. Behyad, "Predicting the water production of a solar seawater greenhouse desalination unit using multi-layer perceptron model," *Sol. Energy*, vol. 177, no. October 2018, pp. 595–603, 2019.
 49. S. Naeem, S. Shahhosseini, and A. Ghaemi, "Simulation of CO2 capture using sodium hydroxide solid sorbent in a fluidized bed reactor by a multi-layer perceptron neural network," *J. Nat. Gas Sci. Eng.*, vol. 31, pp. 305–312, 2016.
 50. B. T. Pham, M. D. Nguyen, K. T. T. Bui, I. Prakash, K. Chapi, and D. T. Bui, "A novel artificial intelligence approach based on Multi-layer Perceptron Neural Network and Biogeography-based Optimization for predicting coefficient of consolidation of soil," *Catena*, vol. 173, no. September 2018, pp. 302–311, 2019.
 51. Y. S. Kong, S. Abdullah, D. Schramm, M. Z. Omar, and S. M. Haris, "Optimization of spring fatigue life prediction model for vehicle ride using hybrid multi-layer perceptron artificial neural networks," *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 122, pp. 597–621, 2019.
 52. J. Chaki, N. Dey, L. Moraru, and F. Shi, "Fragmented plant leaf recognition: Bag-of-features, fuzzy-color and edge-texture histogram descriptors with multi-layer perceptron," *Optik (Stuttg.)*, vol. 181, no. December 2018, pp. 639–650, 2019.
 53. X. Fan and H. Shin, "Road vanishing point detection using weber adaptive local filter and salient-block-wise weighted soft voting," *IET Comput. Vis.*, vol. 10, no. 6, pp. 503–512, 2016.
 54. L. N. Eeti and K. M. Buddhiraju, "A modified class-specific weighted soft voting for bagging ensemble," *Int. Geosci. Remote Sens. Symp.*, vol. November, pp. 2622–2625, 2016.
 55. R. Susmaga, "Confusion Matrix Visualization," in *Intelligent Information Processing and Web Mining*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, pp. 107–116.
 56. H. He and E. A. Garcia, "Learning from imbalanced data," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 21, no. 9, pp. 1263–1284, 2009.
 57. N. V. Chawla, K. W. Bowyer, L. O. Hall, and W. P. Kegelmeyer, "SMOTE: Synthetic Minority Over-sampling Technique," *J. Artif. Intell. Res.*, vol. 16, pp. 321–357, 2002.
 58. G. Douzas, F. Bacao, and F. Last, "Improving imbalanced learning through a heuristic oversampling method based on k-means and SMOTE," *Inf. Sci. (Ny.)*, vol. 465, pp. 1–20, 2018.
 59. D. Elreedy and A. F. Atiya, "A Comprehensive Analysis of Synthetic Minority Oversampling TEchnique (SMOTE) for Handling Class Imbalance," *Inf. Sci. (Ny.)*, vol. 505, pp. 32–64, 2019.
 60. S. Susan and A. Kumar, "SSO Maj -SMOTE-SSO Min : Three-step intelligent pruning of majority and minority samples for learning from imbalanced datasets," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 78, pp. 141–149, 2019.
 61. M. Gao, X. Hong, S. Chen, and C. J. Harris, "A combined SMOTE and PSO based RBF classifier for two-class imbalanced problems," *Neurocomputing*, vol. 74, no. 17, pp. 3456–3466, 2011.
 62. J. Sun, H. Li, H. Fujita, B. Fu, and W. Ai, "Class-imbalanced dynamic financial distress prediction based on AdaBoost-SVM ensemble combined with SMOTE and time weighting," *Inf. Fusion*, vol. 54, no. July 2019, pp. 128–144, 2019.
 63. B. Richhariya and M. Tanveer, "EEG signal classification using universum support vector machine," *Expert Syst. Appl.*, vol. 106, pp. 169–182, 2018.
 64. M. M. Rahman, B. C. Desai, and P. Bhattacharya, "Medical image retrieval with probabilistic multi-class support vector machine classifiers and adaptive similarity fusion," *Comput. Med. Imaging Graph.*, vol. 32, no. 2, pp. 95–108, 2008.
 65. H. Heo, H. Park, N. Kim, and J. Lee, "Prediction of credit delinquents using locally transductive multi-layer perceptron," *Neurocomputing*, vol. 73, no. 1–3, pp. 169–175, 2009.
 66. X. Fan, L. Wang, and S. Li, "Predicting chaotic coal prices

- using a multi-layer perceptron network model," *Resour. Policy*, vol. 50, pp. 86–92, 2016.
67. Y. Quan, Y. Xu, Y. Sun, and Y. Huang, "Supervised dictionary learning with multiple classifier integration," *Pattern Recognit.*, vol. 55, pp. 247–260, 2016.
 68. V. Gholami, K. W. Chau, F. Fadaee, J. Torkaman, and A. Ghaffari, "Modeling of groundwater level fluctuations using dendrochronology in alluvial aquifers," *J. Hydrol.*, vol. 529, no. March 2019, pp. 1060–1069, 2015.
 69. W. Chen et al., "Landslide susceptibility modelling using GIS-based machine learning techniques for Chongren County, Jiangxi Province, China," *Sci. Total Environ.*, vol. 626, pp. 1121–1135, 2018.
 70. W. Chen et al., "GIS-based groundwater potential analysis using novel ensemble weights-of-evidence with logistic regression and functional tree models," *Sci. Total Environ.*, vol. 634, pp. 853–867, 2018.
 71. Hungarian Institute of Cardiology, Budapest, S. University Hospital, Zurich, S. University Hospital, Basel, and V.A. Medical Center, "Heart Disease," kaggle, 2019. [Online]. Available: https://www.kaggle.com/ronitf/heart-disease-uci/version/1#_=_. [Accessed: 15-Nov-2019].
 72. University Medical Centre and Y. Institute of Oncology, Ljubljana, "Breast Cancer," OpenML, 2014. [Online]. Available: <https://www.openml.org/d/13>. [Accessed: 15-Nov-2019].
 73. scikit-learn, "Tuning the hyper-parameters of an estimator," 2019. [Online]. Available: https://scikit-learn.org/stable/modules/grid_search.html#grid-search. [Accessed: 15-Nov-2019].
 74. M. Sokolova and G. Lapalme, "A systematic analysis of performance measures for classification tasks," *Inf. Process. Manag.*, vol. 45, no. 4, pp. 427–437, 2009.
 75. scikit-learn, "scikit-learn: Machine Learning in Python," 2019. [Online]. Available: <https://scikit-learn.org/stable/>. [Accessed: 04-Jul-2019].

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 24–28

Rendimiento y calidad organoléptica de nuevos cultivares de té (*Camellia sinensis*) en progenies biclonales en Argentina

Yield and sensory quality of new tea (*Camellia sinensis*) cultivars in biclonal progenies in Argentina

S. D. Prat Kricun^{1,*}, (†) L. D. Belingheri¹, H. Kuzdra¹

1- EEA Cerro Azul INTA, Misiones, Argentina.

* E-mail: spkricun@gmail.com

Recibido: 29/05/2020; Aprobado: 03/09/2020

Resumen

En el estudio se efectuó la evaluación final del rendimiento y calidad de 28 nuevos cultivares obtenidos a partir de la selección en progenies biclonales de los cultivares más difundidos en la región. Se instalaron 4 experiencias en las localidades de Cerro Azul y Gobernador Virasoro en los años 2008 y 2009, con un diseño de bloques al azar con 8 y 3 repeticiones, respectivamente. La evaluación de rendimiento se efectuó en el período 2011/12 a 2013/14, con cosecha mecanizada y recolección con intervalos de 12 a 14 días. Las muestras para calidad sensorial se elaboraron como té negro en microsecadero y se evaluó su calidad de acuerdo a la norma ISO 3103. Los rendimientos promedios de los cultivares TG21103, TG21202 y SG24302 en la localidad de Cerro Azul fueron significativamente superiores al cultivar control (CH14) y similar al control en Gobernador Virasoro, en el período 2010/11 y 2012/13; en tanto el cultivar TG8109, fue significativamente superior al control en ambos sitios para el período 2010/11 y 2013/14. El resto de los cultivares en evaluación resultaron similares o inferiores al control en ambos sitios. Respecto a la calidad sensorial, se mantuvo dentro de las exigencias de los mercados internacionales, con excelente color y adecuada astringencia.

Palabras clave: té, progenies biclonales, cultivares, rendimiento, calidad organoléptica.

Abstract

This study was carried out to evaluate the yield and sensory quality of 28 new cultivars obtained from the selection in biclonal progenies of the best-known cultivars in the region. Four experiences were set up in the towns of Cerro Azul and Gobernador Virasoro in 2008 and 2009, with a randomized block design and 8 and 3 repetitions, respectively. The evaluation of performance was implemented during the period 2011/12 to 2013/14, with mechanized harvesting and period collections with intervals of 12 to 14 days. The samples for sensory quality were elaborated as black tea in miniature tea factories and the quality was evaluated using the standard ISO 3103. The average yields of the cultivars TG21103, TG21202 and SG24302 in Cerro Azul were significantly superior to the control cultivar CH14 and similar to the one in Gobernador Virasoro in the period 2010/11 and 2012/13; while the cultivar TG8109 was significantly superior to the control cultivar in both sites for the period 2010/11 and 2013/14. The yields of the rest of the cultivars were similar or lower to the control cultivar in both sites. Regarding the sensory quality, it remained within the requirements of the international markets, with excellent color and adequate astringency.

Keywords: tea, biclonal progenies, cultivar, yield, organoleptic quality

Introducción

La región tealera argentina está comprendida entre los 54° y 56° W, 26° y 28° S, constituyéndose en la más austral del mundo, con aproximadamente 45.000 ha en su momento de máxima expansión (1976-77) de las cuales el 93% se encontraban en la provincia de Misiones y el resto en la provincia de Corrientes, AR. El clima es subtropical húmedo, isohídrico, las precipitaciones van de los 1800

a 2200 mm anuales. Con estas condiciones el cultivo desarrolla su período de zafra entre los meses de octubre a mayo. Durante el período otoño-invernal, por disminución de las temperaturas medias y la heliofanía diaria, inicia un período de receso fisiológico que se aprovecha para la realización de las podas anuales, periódicas y de formación. El cultivo se realiza a altitudes de 150 a 550 m, en suelos de los órdenes alfisoles y ultisoles con buena aptitud productiva, que si bien en general responden a sus necesidades,

presentan limitaciones nutricionales posteriores, que deben ser corregidas por medio de la fertilización en función a su estado nutricional y nivel de extracción.

En 1962/63 la entonces Estación Experimental Agropecuaria Misiones INTA(1) inicio el programa de mejoramiento genético de té, a partir de la selección en plantaciones en producción en la región y colecciones existentes en dicha unidad. La técnica de propagación vegetativa, estandarizada en años previos, proporcionó la herramienta para el desarrollo de cultivares clonales mejorados por rendimiento y calidad (2, 3, 4). Estos fueron evaluados a nivel local y regional, proporcionando a la industria tealera local cultivares perfectamente adaptados a las condiciones de un clima isohídrico (5), con un periodo de reposo otoño/invernal totalmente diferente a la zona de origen de la especie con un clima monzónico sin reposo invernal.

Con los cultivares CH14, CH112, CH318, CH410 y CH732 de amplia difusión regional por sus características fenotípicas superiores en cuanto a rendimiento, calidad de taza, tolerancia a frío, sequía y plagas clave se efectuó un proceso de hibridación y selección en sus progenies biconales (6) ; cuyos pasos principales se especifican en la Figura 1. Este proceso se desarrolló entre los años 1992 a 2004 (1), culminando con la instalación de los respectivos ensayos regionales entre los años 2008 y 2009, con el objetivo de determinar su rendimiento y calidad. Las características de esta red y sus resultados se exponen a continuación.

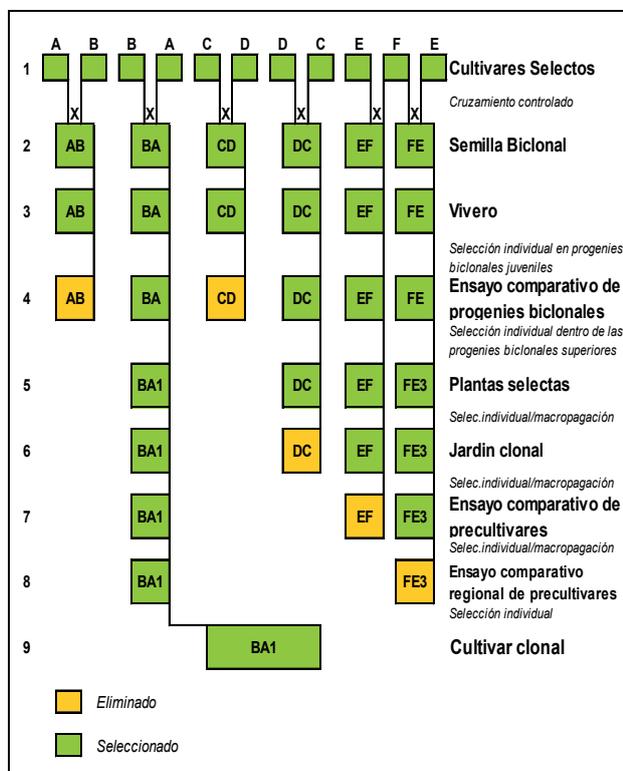


Figura 1: Etapas del proceso de Selección Clonal en progenies biconales

Materiales y Metodos

En la tabla 1 se presentan las características ambientales y edáficas de las localidades incluidas en la experiencia.

Tabla 1: Localidades y características ambientales

	Localidad	Cerro Azul (Misiones)	Gdor. Virasoro (Corrientes)
Ambiente	Región productora	Monte	Campo
	Latitud	27° 39' 05" S	28° 41' 21" S
	Longitud	55° 27' 23" O	56° 02' 43" O
	Altitud (m)	277	131
Clima	Precipitaciones medias anuales (mm)	1999	1628
	Temperaturas medias anuales (°C)	20,9	20,4
	Temperaturas máximas absolutas (°C)	41,4	42,2
	Temperaturas mínimas absolutas (°C)	-3,9	-4,0
	Humedad relativa (%)	74	74
	Suelo	(0-20cm profundidad)	
	pH	5,5	5,2
	Materia orgánica (%)	2,73	4,0
	Relación C/N	5,8	11,6
	Uso previo	Yerbal	campo ganadero

La plantaciones en Cerro Azul (Mnes.), se efectuaron el 28-30/04/08 y 6-8/05/08 y con un distanciamiento de 2 x 0,60m y una densidad de 8333 pl ha⁻¹. En Gobernador Virasoro (Ctes.) fueron el 1-4/07/08 y 13-16/07/09, con un distanciamiento de 1,7 x 1,3 x 1m en líneas dobles y una densidad de 6660 pl ha⁻¹.

Se emplearon los siguientes cultivares CH14 (Control), TG3101, TG3103, TG3201, TG3208, TG3215, TG3315, TG6102, TG6108, TG6309, TG8107, TG8109, TG8206, TG8301, TG8302, TG11204, TG11210, TG11305, TG12101, TG12102, TG12110, TG12312, TG21103, TG21202, TG21214, TG21301, TG21302, TG24105 y TG24302. Las reposiciones se efectuaron durante el otoño-invierno de 2009 y 2010. Las podas de formación se efectuaron al 2° de implantación, con inicio de la cosecha regular en el año 2011 en Gobernador Virasoro (Ctes.) y 2012 en Cerro Azul (Mnes.), continuando hasta el año 2014 y 2013, respectivamente (7). La cosecha fue mecanizada con intervalos entre recolecciones de 12 a 14 días. La fertilización fue anual y completa con 300 kg ha⁻¹ de la mezcla N28-P05-K14.

Se empleó un diseño de bloques al azar con 8 repeticiones en Cerro Azul y 3 repeticiones en Gobernador Virasoro. Las parcelas estaban constituidas por 10 plantas

en Cerro Azul y 202 plantas en Gobernador Virasoro.

Los rendimientos se analizaron por variancia ($P < 0,05$) y se compararon las diferencias entre cultivares en cada localidad y el promedio regional. Se compararon las medias entre cultivares utilizando la prueba de LSD ($P < 0,05$).

Se correlacionaron los rendimientos promedio entre las localidades; y su grado de significancia se evaluó por la prueba de hipótesis nula ($P < 0,05$).

La calidad de taza o sensorial se efectuó por catado, según las normas ISO3103, sobre 20 muestras por cultivar, elaboradas bajo la forma de té negro en el microsecadero de la EEA Cerro Azul (INTA). Se evaluó en la infusión, el aroma y color; y en el licor su viveza, color y brillo. Estas características individuales se valoraron de 1 a 10 puntos, con una calificación final de la muestra, a partir de la suma de los puntajes parciales, con un máximo de 50 puntos por cada cultivar (8). El catado de cada muestra lo efectuó el panel de catado de 3(tres) integrantes de la EEA Cerro Azul (INTA).

Resultados y Discusión

La comparación de los rendimientos anuales promedio entre cultivares, así como sus cambios entre las localidades se muestran en la Tabla 2. Se observa un patrón de rendimiento diferente para ambas localidades, con una declinación de los valores promedios para Gobernador Virasoro (Corrientes) del 64%, que confirman como en trabajos anteriores (9), la característica de zona marginal para la producción tealera, respecto a la zona de monte de la provincia de Misiones.

Los cultivares TG21103, TG21202 y TG24302 presentan rendimientos altos y significativamente superiores al resto en Cerro Azul y similares al control en Gobernador Virasoro. La media general fue también significativamente superior al resto. Los cultivares restantes presentan rendimientos similares al control o inferiores en ambas localidades. La correlación entre los rendimientos de ambas localidades alcanza un valor significativo de 0,64 ($P < 0,05$).

Tabla 2: Rendimiento promedio de 16 cultivares de té, para el período comprendido entre 2010/11 y 2012/13, en dos localidades del Nordeste Argentino. (Datos en kg ha⁻¹ de brote verde).

Cultivar	Localidad						Media General		
	Cerro Azul			Gob. Virasoro					
CH 14(C)	14119		b	6863		b	10491		b
TG 3101	12744		b	3150		c	7947		c
TG 3103	15822		b	6363		b	11093		b
TG 3201	12166		b	4118		c	8142		c
TG 3215	13260		b	5504		c	9382		c
TG 3315	12687		b	5096		c	8892		c
TG 6309	12296		b	4402		c	8349		c
TG 8107	15499		b	6444		b	10972		b
TG 11204	13458		b	5341		c	9400		c
TG 12101	10005		c	4116		c	7061		c
TG 21103	20270	a		6446		b	13358	a	
TG 21202	18780	a		6164		b	12472	a	
TG 21214	15447		b	3793		b	9620		b
TG 21301	11671		c	3359		b	7515		c
TG 24105	15088		b	5687		b	10388		c
TG 24302	18286	a		5775		b	12031	a	
Promedio	14475			5164			9820		
Δ LSD(5%)	2027			885			910		
CV %	14,12			18,35			21,46		

(a) Cultivares superiores al control (b) Cultivares similares al control (c) Cultivares inferiores al control

En la Tabla 3 se observan los resultados del segundo grupo de ensayos comparativos que, al igual que el anterior, muestra un similar patrón con una reducción de los rendimientos para Gobernador Virasoro del 59%.

El cultivar TG8109, resultado superior en ambas localidades al control, en tanto que el cultivar TG8302 tuvo este comportamiento, solo en Cerro Azul. La correlación de los rendimientos en ambas localidades alcanzó un valor significativo de 0,70 ($P < 0,05$).

La obtención de cuatro cultivares con alto rinde en la zona de monte y similar al control en zona de campo, luego de un minucioso y prolongado proyecto de cruzamientos dirigidos entre cultivares destacados, permitirá que la actividad tealera disponga de nuevos cultivares para las futuras plantaciones.

Tabla 3: Rendimiento promedio de 14 cultivares de té, para el período comprendido entre 2010/11 y 2013/14, en dos localidades del Nordeste Argentino. (Datos en kg ha⁻¹ de brote verde).

Cultivar	Localidad						Media General		
	Gov. Virasoro			Cerro Azul					
CH14(C)	8864		b	14958		b	11911		b
TG 3208	6783		c	14364		b	10574		b
TG 6102	6501		c	13838		b	10170		c
TG 6108	4924		c	12692		c	8808		c
TG 8109	11408	a		20036	a		15722	a	
TG 8206	5072		c	16333		b	10703		b c
TG 8301	2396		c	15854		b	9125		c
TG 8302	7462		c	16843	a		12153		b
TG 11210	5171		c	11385		c	8278		c
TG 11305	2791		c	9062		c	5927		c
TG 12102	3566		c	8987		c	6277		c
TG 12110	5951		c	13109		c	9530		c
TG 12312	2539		c	11510		c	7025		c
TG 21302	3099		c	13140		c	8120		c
Promedio	5466			13318			9392		
Δ LSD(5%)	1295			1785			1546		
CV %	14,11			13,12			19,96		

(a) Cultivares superiores al control (b) Cultivares similares al control (c) Cultivares inferiores al control

La calidad de taza o sensorial de todos los cultivares en evaluación, se ubicó en los niveles internacionales de calidad media de 31 a 34 puntos y calidad media alta de 35 a 39 puntos, según se observa en la Tabla 4.

El cultivar TG21103 alcanzó el mayor puntaje general, sumado a la característica “purple tea” o té púrpura, que se manifiesta por las antocianinas que se acumulan en las hojas jóvenes que presentan un color púrpura, luego las hojas se vuelven gradualmente verdes a medida que maduran. En la actualidad los tés elaborados con hojas púrpuras son preferidos por los consumidores por sus propiedades antioxidantes, quimiopreventivas, antibacterianas, antiangiogénicas, antiinflamatorias y antiarteroscleróticas (10). Por lo tanto, para mejorar los efectos del té sobre la salud de los consumidores, el color púrpura de las hojas se ha convertido en uno de los principales atributos cualitativos dirigidos a los programas de mejoramiento del té. Recientemente se han desarrollado y distribuido nuevos cultivares de té con hojas moradas en Kenia, China, Japón e India (11,12, 13).

Los cultivares rendidores TG21202, TG24302 y TG8109 también alcanzaron valores de 37, 33 y 33 respectivamente, los niveles internacionales de calidad media alta y media (14).

Tabla 4: Calidad de taza o sensorial de 20 muestras experimentales elaboradas en el microsecadero de la EEA Cerro Azul (expresado en puntaje sobre un máximo de 50 puntos).

Cultivar	Puntaje	Cultivar	Puntaje
CH14(Control)	35	TG24302	33
TG3101	35	TG3208	32
TG3103	31	TG6102	31
TG3201	35	TG6108	30
TG3215	35	TG8109	33
TG3315	32	TG8206	30
TG6309	30	TG8301	32
TG8107	31	TG8302	31
TG11204	30	TG11210	30
TG12101	31	TG11305	31
TG21103(*)	38	TG12102	30
TG21202	37	TG12110	32
TG21214	30	TG12312	30
TG21301	31	TG21302	31
TG24105	30		

(*) Purple tea

Conclusiones

Los rendimientos promedio de los cultivares TG21103, TG21202 y SG24302 en las localidades de Cerro Azul fueron significativamente superiores al cultivar control CH14 y similar al control en Gobernador Virasoro, en el período 2010/11 y 2012/13; en tanto el cultivar TG8109, fue significativamente superior a control en ambos sitios para el período 2010/11 y 2013/14. El resto de los cultivares en evaluación resultaron similares o inferiores al control en ambos sitios.

Al igual que en experiencias anteriores, se estableció una alta y significativa correlación entre los rendimientos de los diferentes cultivares en ambas localidades, valores que indicarían la baja interacción genotipo x ambiente, así como su alta estabilidad respecto a ese factor.

Respecto a la calidad sensorial, se mantuvo dentro de las exigencias de los mercados internacionales con excelente color y adecuada astringencia.

Estos trabajos constituyen la última etapa de un largo ciclo de selección clonal convencional que se desarrolló en el NE argentino, con la particularidad que la posibilidad de obtener un cultivar superior se redujo de 1/40000 en plantaciones comerciales a 1/1130 en progenies biclonales.

Los futuros trabajos de mejoramiento del cultivo requerirán tecnologías genómicas de última generación, en combinación con fenotipos de alto rendimiento y calidad. Así también serán esenciales las estrategias para la introducción de nuevo germoplasma y el mantenimiento del actual.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración prestada por la firma Establecimiento Las Marías S.A.C.I.F.A. de Gober-

nador Virasoro, provincia de Corrientes, por la cesión del terreno; al Ing. Agr. Pedro Diez Repetto y la Dra. María Corina Leconte por el control de la implantación, poda, fertilización y cosecha de las plantaciones.

Bibliografía

1. Prat Kricun, S.D. 2012. *Mejoramiento genético del té (Camellia sinensis (L.) O. Kuntze)*. En la Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul. Período 1958-2011. INTA EEA Cerro Azul. Miscelánea N°67. 67p.
2. Chini, R.; Fernández Rodríguez, M. 1971. *Té (Thea sinensis)* En: Gorostegui, J. Variedades Vegetales del INTA. Cultivares creados o introducidos desde 1958. (pp.475-486), Buenos Aires, INTA (Colección Agropecuaria N°19).
3. Chini, R.; Fernández Rodríguez, M. 1982. *Té (Thea sinensis)* En: Larreguy, O.C. Catálogo de cultivares creados e introducidos por el INTA de 1970 a 1977. (pp.170-178), Buenos Aires, INTA (Colección Agropecuaria N°21).
4. INTA 2018. *Catálogo de Variedades Vegetales INTA*. Industriales. Té. En Pág. Web. <https://inta.gob.ar/busqueda/tipo-de-contenido/variedades/grupo-variedad/industriales-7903/p/buscar/> (visita 02/07/2018).
5. Olinuck, J.A. 2003. *Informe agrometeorológico de la localidad de Cerro Azul-Año 2002*. EEA Cerro Azul. Miscelánea N°50. 20p.
6. Rahadi, V.P.; Khomaeni, H.S.; Sriyadi, B. 2016. *The growth test of tea clones (Camellia sinensis) from cross pollination first generation clones*. Indonesian Journal of Tea and Chinchona Research. Vol.19(2):124-130.
7. Prat Kricun, S.D. 1989. *Selección precoz en clones de té (Camellia sinensis (L.) O.Kuntze)*. INTA EEA Misiones, Informe Técnico N°51. 13 p.
8. Prat Kricun, S.D.; Fontana, H.P. 2014. *Elaboración y catado de Té*. INTA EEA Cerro Azul, Miscelánea N° 70. 20p.
9. Prat Kricun, S. D.; Belingheri, L. D. 2016. *Comportamiento productivo y calidad de nuevos cultivares de té (Camellia sinensis (L.) Kuntze)* en dos localidades del Nordeste Argentino. Revista Estudios e Investigaciones del Saber Académico vol.10:(97-102). Itapúa, Paraguay.
10. Zhou Q.; Chen, Z.; Lee J.; Li X.; Sun W. 2017. *Proteomic analysis of tea plants (Camellia sinensis) with purple young shoots during leaf development*. PLoS ONE 12(5):1-14.
11. Kerio L.; Wachira F.; Wanyoko J.; Rotich M. 2012. *Characterization of anthocyanins in Kenyan teas: extraction and identification*. Food Chem.131: 31–38.
12. Jiang L.; Shen X.; Shoji T.; Kanda T.; Zhou J.; Zhao L. 2013. *Characterization and activity of anthocyanins in Zijuan Tea (Camellia sinensis var. kitamura)*. J. Agric. Food Chem. 61: 3306–3310.
13. Joshi R.; Rana A.; Gulati A. 2015. *Studies on quality of orthodox teas made from anthocyanin-rich tea clones growing in Kangra valley, India*. Food Chem. 176: 357–366.
14. IRAM, 1997. *Norma IRAM 20640/ISO3103. Té*. Preparación de una infusión para ser empleada en el examen organoléptico. IRAM, setiembre 97.10p.
15. Singh, I.D. 2006. *Selection and testing field performance of candidate tea clones in India*. International Journal of Tea Science., vol.5(1-2): 1-12.
16. Ahmad, F.; Hamid, F. S.; Waheed, A. et al. 2015. *Growth performance of tea (Camellia sinensis L.) cultivars at nursery stage*. Journal of Agricultural Research 53(3):365-374.
17. Hazra, A.; Dasgupta, N.; Sengupta, C.; Das S.; 2018. *Next generation crop improvement program: Progress and prospect in tea (Camellia sinensis (L.) O. Kuntze)*. Annals of Agrarian Science, Volume 16(2):128-135.

La industria del litio en la Puna Salteña: impacto en la calidad de vida

The lithium industry in the Puna Salteña: impact on the quality of life

Martin Thames Cantolla^{1,*}, Silvana K. Valdez¹, María de los A. Tinte Montalbeti²

1- Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI-CONICET). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.

2- Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.

* E-mail: core.mtc@hotmail.com

Recibido: 09/10/2019, Aprobado: 08/09/2020

Resumen

En los últimos 20 años la explotación del litio cobró importancia mundial debido al aumento de su demanda industrial. En Argentina, la explotación de salmueras con litio se realiza en distintos salares del NOA. Puntualmente, en la región de la Puna salteña, originó la llegada de numerosas empresas mineras con el objetivo de producir Carbonato de Litio. Esta región se caracteriza por poseer un clima árido y seco, y en donde por años, las actividades económicas fueron la ganadería de subsistencia (crianza de llamas y ovejas) y los intercambios de sal por mercadería, entre otros. El objetivo del trabajo presentado, es el diseño de un modelo matemático de la calidad de vida de las comunidades que habitan en las cercanías de las empresas mineras productoras de carbonato de litio en el NOA. Se propusieron como factores principales que influyen en la calidad de vida: trabajo, educación, salud, ambiente y familia. Se formularon encuestas a los habitantes de dichas comunidades y con ellas se realizó el análisis de datos empleando los modelos de ecuaciones estructurales (SEM). Se determinó que los factores familia y trabajo son los de mayor influencia en la calidad de vida las comunidades.

Palabras clave: Calidad de vida; litio; ecuaciones estructurales; modelado; Argentina.

Abstract

In the last 20 years the exploitation of lithium has gained worldwide importance due to the increase in its industrial demand. In Argentina, the exploitation of brines with lithium is carried out in different salt flats in the northwest of Argentina (NOA). Originally, the region of the Puna of Salta saw the arrival of numerous mining companies with the aim of producing Lithium Carbonate. This region is characterized by an arid and dry climate, and over the years the economic activities were subsistence farming (raising llamas and sheep) and salt exchange for goods, among others. The aim of this study was the design of a mathematical model of the quality of life of the communities that live in the surrounding area of the mining companies producing lithium carbonate in the NOA region. The following were proposed as main factors that influence the quality of life: work, education, health, environment and family. Population surveys were conducted in these communities and the data analysis was carried out using the Structural Equation Modeling (SEM). It was determined that family and work factors are the most influential ones in the quality of life of the communities.

Keywords: Quality of life; lithium; structural equations; modeling; Argentina

Introducción

Perspectivas del litio

Durante los últimos 20 años el mercado mundial del litio entró en un circuito ascendente de producción, este a su vez se encuentra acelerado debido a la demanda de baterías para distintas aplicaciones a nivel mundial. Siendo el uso en baterías el de mayor importancia con un 39% del mercado, desplazó del primer lugar a la cerámica y vidrio, y se espera que para el 2025 represente más de dos tercios

de la demanda. En este aspecto, se observa con atractivo el potencial de los salares sudamericanos, que poseen costos competitivos y gran disponibilidad de recursos [1,2].

En la región Sudamericana, la cuarta reserva mundial de litio se localiza en Argentina (país integrante del “triángulo del litio” junto a Bolivia y Chile) lo que representa un desafío local y regional superar un esquema de extracción minera de litio de alto contenido tecnológico [3].

En la zona del Noroeste Argentino (NOA) existen numerosas empresas abocadas a la producción del litio, sin embargo, solo 3 de ellas se encuentran en producción

(una en Catamarca y otra en Jujuy) y una tercera (en Salta) con una planta piloto ya en funcionamiento y realizando inversiones para instalar la planta industrial más grande del mundo [4]. De acuerdo a la Secretaria de Minería de Salta, en la provincia existen 50 proyectos de extracción de litio en desarrollo, de los cuales dos se encuentran en fase avanzada para estar en producción dentro de dos años. Las principales expectativas del gobierno nacional para que el país se convierta en el segundo productor mayoritario de litio a nivel mundial en el año 2022, están puestas en Salta [5,6]. En esta provincia, se concentró el flujo de inversiones para la explotación de litio, alcanzando un total de más de US\$ 1.525 millones, monto que estuvo representado por la propuesta de tres empresas mineras.

En Junio de 2019, el Gobierno Provincial de Salta presentó el proyecto de Ley de Promoción de Infraestructura Minera, Trabajo y Estabilidad Fiscal, que busca promover acciones para fomentar actividades productivas e infraestructura económica y social para el desarrollo de las comunidades de la Puna Salteña. El proyecto tiene por objetivos fomentar la realización y el mantenimiento de obras de infraestructura necesarias para el desarrollo minero, incorporando procesos de industrialización, promoviendo la generación de puestos de trabajo para los salteños y el crecimiento de proveedores locales. También buscará la adhesión municipal a la Ley Nacional de Inversiones Mineras, otorgando estabilidad fiscal a los proyectos [7].

Departamento de los Andes

Adentrándonos más en la provincia de Salta, nos encontramos con el departamento de Los Andes el cual se ubica en el oeste de la provincia, en la región de la Puna. Limitando al norte con la provincia de Jujuy; al este, con los departamentos de La Poma, Cachi y Molinos; al noroeste, con la República de Chile; y al sur, con la provincia de Catamarca. Tiene una superficie total de 25.636 Km² y se encuentra a una altura promedio de 3.500 m.s.n.m.

El departamento de Los Andes se encuentra conformado por los municipios de San Antonio de los Cobres, cabecera departamental y Tolar Grande. El municipio San Antonio de los Cobres está conformado por las localidades de Urcuro, El Talao, Sansana, Corral Blanco, Corral de Piedra, Puente Grande, Campo de Cerrillos, Matancillas, Las Cuevas, Potreros, Piscuno, Olacapató, El Desierto, Santa Rosa de los Pastos Grandes, Salar de Pocitos, El Palomar, Esquina de Guardia y San Antonio de los Cobres. El Municipio Tolar Grande está constituido por las localidades de Olajaca, Cavi, Antofallita, las estaciones ferroviarias de Taca Taca, Vega de Arizaro, Caipe, Quebrada del Agua, Chuculaqui y Socompa, los puestos mineros y la homónima localidad de Tolar Grande [8,9].

Población y economía

La población de acuerdo a los dos últimos censos realizados por el INDEC es la siguiente:

Tabla 1: Detalle histórico de la población en Los Andes.

Departamento	2001			2010		
	Varones	Mujeres	Total	Varones	Mujeres	Total
Los Andes	2.881	2.749	5.630	3.127	2.923	6.050

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (INDEC).

Las actividades ganaderas y la agricultura familiar están fuertemente condicionadas por las características climáticas de la región. El pastoreo es extensivo, debido a la baja densidad de la vegetación y también a la baja tasa de reposición. Se crían ovinos, caprinos y llamas para el autoconsumo. Los pastores, por otro lado, tienen poca participación en el mercado local de carne, quesos, lana y fibra [8].

El sector minero es otra fuente de trabajo para la comunidad, el cual cuenta con dos actividades perfectamente determinadas: la exploratoria (que busca poner en evidencia depósitos económicamente explotables) y la extractiva (que comprenden los yacimientos minerales que integran parte del circuito productivo provincial). La construcción, vialidad y la seguridad son otras fuentes laborales para los habitantes de la región. Cabe destacar que casi todas de las mujeres de la zona son artesanas, cuya actividad principal es la producción individual de hilos y tejidos con aguja, de lana de oveja y fibra de llama y en menor medida con telar. Las familias concentran la actividad doméstica y reproductiva. Para su supervivencia combinan estrategias de diversificación productiva (autoconsumo) con la obtención de otros ingresos (trabajo asalariado, planes sociales) [8].

Clima

Las características geográficas especiales de la Puna determinan una combinación tal de factores que dan origen a una condición climática particular. El clima es extremo. La radiación solar es intensa, especialmente de octubre a marzo. Frecuentemente es ventoso y seco. Las amplitudes térmicas, tanto en invierno como en verano, son marcadas. La presión atmosférica está influenciada por la altura; la presión media es de 410 mm de mercurio [8].

Suelos

El suelo, como todo recurso natural, se presenta en la superficie con variaciones de sus características morfológicas y de sus propiedades físicas y químicas en los sentidos vertical y horizontal [8].

Calidad de Vida

El concepto de Calidad de Vida (CV) se remonta a los

EEUU luego de la Segunda Guerra Mundial [10], como una tentativa de los investigadores de la época de conocer la percepción de las personas acerca de si tenían una buena vida o si se sentían financieramente seguras [11,12]. Es a partir de 1960, cuando su uso comienza a tener mayor relevancia, debido a los científicos sociales que inician investigaciones en CV recolectando información y datos objetivos como el estado socioeconómico, nivel educacional o tipo de vivienda, siendo muchas veces estos indicadores económicos insuficientes [13], dado que sólo podían explicar un 15% de la varianza en la CV individual.

Como resultado de esto, se puede decir que la calidad de vida (CV) es un concepto referido al bienestar en todas las áreas del ser humano, respondiendo a la satisfacción de las necesidades físicas, materiales, sociales, psicológicas o emocionales, de desarrollo y ecológicas.

Diferentes autores han concluido que esta no solo es función de factores económicos, sino que también intervienen factores sociales y psicológicos [14], a diferencia de lo que se pensaba años atrás en donde los modelos planteados solo hacían referencia a aspectos económicos, desestimando el resto de factores involucrados.

Como se mencionó anteriormente, en los últimos años, en la región del NOA, se han instalado numerosas empresas mineras vinculadas a la industria del litio. Estas, han modificado de alguna manera las condiciones de vida de las comunidades originarias, las cuales se encuentran instaladas en las cercanías de las empresas mineras y las cuales llevaban el estilo de vida descrito antes. Con todo esto, los autores se permiten pensar que la CV de las personas del lugar se ha modificado.

A su vez, la existencia de numerosas variables intervinientes en este tipo de estudios, y la posibilidad de una múltiple vinculación entre ellas (tanto directa como indirecta), nos permite analizar los datos empleando herramientas multivariantes. Puntualmente se empleará el modelo de ecuaciones estructurales (Structural Equation Modeling, SEM), el cual permite examinar simultáneamente una serie de relaciones de dependencia, y es particularmente útil cuando una variable dependiente se convierte en variable independiente y a la vez, esta última afecta a otra variable dependiente [15]. En otras palabras, SEM estima una serie de ecuaciones de regresión múltiple distintas pero interrelacionadas mediante la especificación del modelo estructural utilizado. Por otro lado, este tipo de modelos permite la incorporación de variables latentes de análisis (concepto supuesto y no observado que solo puede ser aproximado mediante variables medibles u observables) [16].

El objetivo de este trabajo, es diseñar un modelo matemático que describe la calidad de vida de las comunidades originarias que habitan en las cercanías de las empresas mineras. Para ello se confeccionaron 205 encuestas que fueron respondidas por habitantes de estas comunidades que participan activamente de las mesas sociales organi-

zadas por la Secretaria de Minería de Salta. Las preguntas elegidas para la encuesta fueron seleccionadas a partir de focus group con expertos del área y miembros de la Secretaria de Minería de Salta. Se tuvieron en cuenta 5 factores: familia, trabajo, salud, educación y ambiente; los cuales, según la responsabilidad social empresarial (RSE), conforman los puntos de mayor preponderancia al momento de analizar la calidad de vida de una persona.

Desarrollo del modelo

Materiales

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron las siguientes herramientas y material bibliográfico:

- Encuestas en papel, realizadas a miembros de las distintas comunidades.
- Software IBM SBSS para el análisis de los datos obtenidos de las encuestas.
- Software IBM AMOS para el modelado con ecuaciones estructurales.
- Material bibliográfico de diferentes instituciones como el INDEC, Secretarías de Minería de Salta, Jujuy y Catamarca, Cámara de Minería, etc., sobre los diferentes indicadores que constituyen cada uno de los factores.

Metodología

Caracterización de la población

La población estudiada consiste en las 4 comunidades que habitan en las cercanías de las empresas mineras productoras de carbonato de litio en el NOA. Estas comunidades están conformadas en promedio por 300 habitantes cada una. De cada una de ellas se tomó una muestra aleatoria de 50 habitantes a los cuales se les realizó la encuesta. Estos habitantes a su vez, son participantes habituales de las mesas sociales que se realizan mensualmente, organizadas por la Secretaria de Minería de Salta. Entre los participantes se encontraban: caciques, curacas y chunka curacas, los cuales constituyen los diferentes dirigentes étnicos de estas comunidades, siendo: gobernantes, delegados y subdelegados respectivamente. Cabe mencionar que cada uno de los curacas representa a 10 personas, quienes lo han elegido como representante para expresar la opinión de ellos ante cuestiones de interés para la comunidad. Con lo cual, se consideró que una encuesta respondida por esta persona, equivale a la respuesta de 10 encuestas diferentes.

Recolección de Datos: Encuesta

La encuesta estuvo conformada por 34 preguntas de diferentes ámbitos (salud, educación, laboral, familiar y ambiental), constituyendo cada una de estas preguntas como una variable. Se empleó una escala Likert del 1 al 5, siendo:

1. Totalmente en desacuerdo
2. Parcialmente en desacuerdo
3. Sin opinión
4. Parcialmente en acuerdo
5. Totalmente en acuerdo

La misma se realizó en las 4 comunidades situadas en las cercanías de cada una de las empresas mineras que actualmente se encuentran en producción.

La indagación se realizó durante las reuniones mensuales que realiza la Secretaria de Minería de Salta, en las llamadas mesas sociales. En estas mesas participan miembros de las comunidades, empresas mineras y personal de la secretaria.

De las encuestas realizadas, se pudo extraer la información que se observa en las Figura 1 y Figura 2:

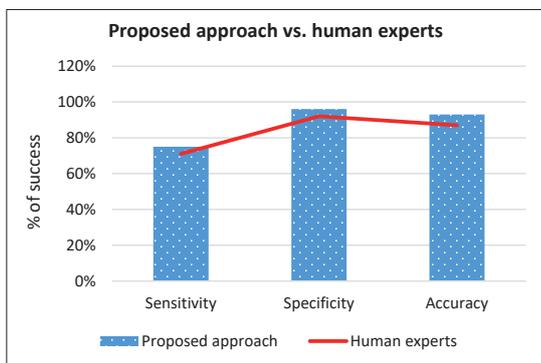


Figura 1: Clasificación de encuestados por género.

Dentro de la muestra encuestada, predominaron las mujeres, quienes mostraron mayor predisposición para responder. Sumado a esto, las mujeres son las que presentan mayor asistencia a las reuniones de las mesas sociales.

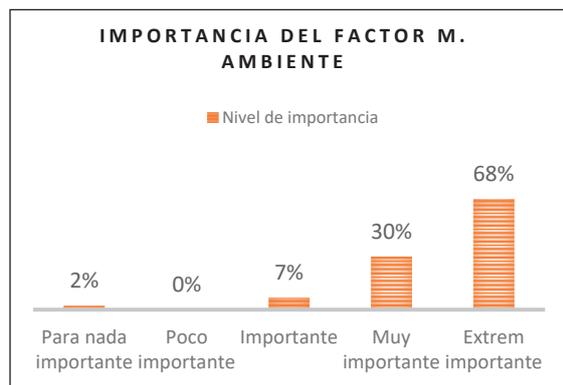
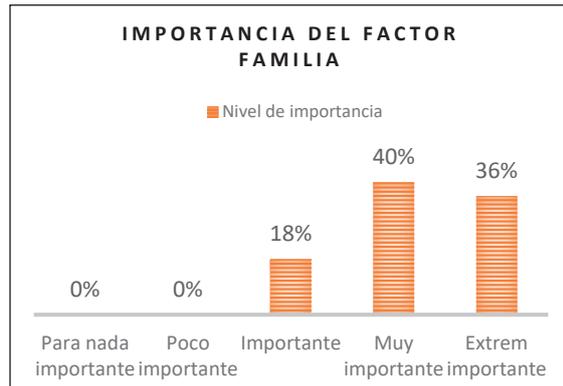
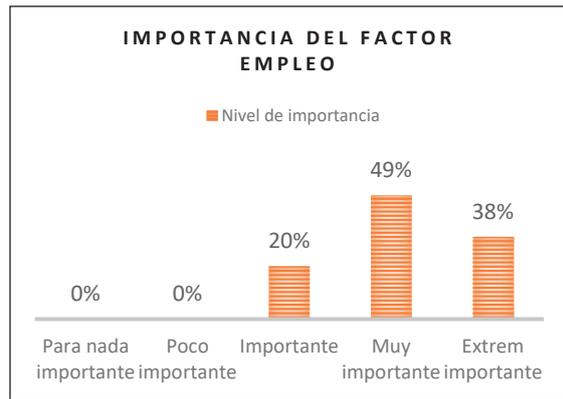
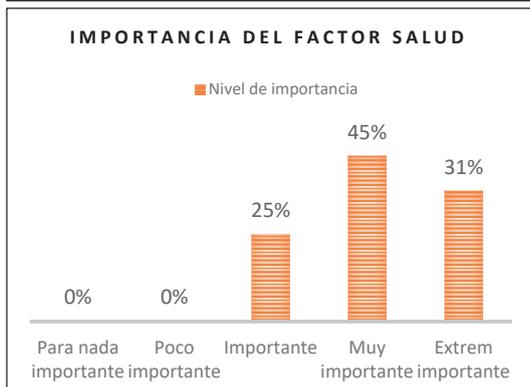
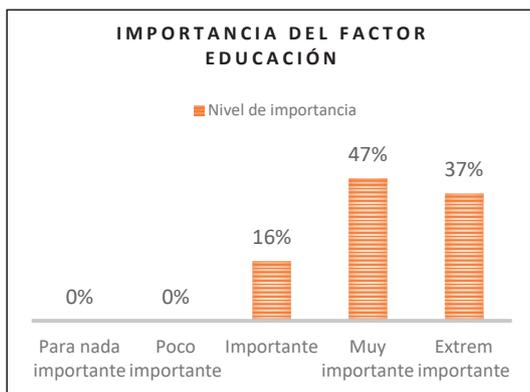


Figura 2: Nivel de importancia por Factor.

De la Figura 2 se puede observar que, para los encuestados, los factores analizados tienen un grado de relevancia bastante importante (los factores Educación, Salud, Trabajo y Familia, son considerados como “Muy importantes” por el 42% de los encuestados en promedio; mientras que el factor Medio Ambiente, fue considerado como “Extremadamente importante” por el 68% de los encuestados.

Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM)

Los SEM son una técnica estadística multivariada, estos modelos permiten probar la relación que existe entre variables observadas y latentes (no observada o factor) [17]. Una variable observada es aquella que es posible medir de manera directa, como la edad o la estatura, y una latente no se puede medir directamente (la inteligencia, la motivación, la depresión o el estrés), por lo tanto, se utilizan otras variables observadas para medirlas [18].

Cuando el modelo de ecuaciones estructurales se compone únicamente de variables observadas (path analysis) [19], puede tener similitud con el análisis de regresión lineal clásico; sin embargo, lo hace interesante esta herramienta sobre la regresión es que es posible estimar la relación indirecta y total que tiene una variable sobre otras 10.

Existen 2 tipos de modelos: los que involucran solamente variables observadas y los que mezclan variables observadas y latentes [20, 21]. Su diferencia radica en que, en el primer caso, se busca estimar la correlación entre las variables latentes, mientras que en el segundo se pretende estimar además su relación. Para plantear las ecuaciones asociadas al modelo, es necesario que en primer lugar se represente gráficamente. Una variable observada se simboliza por medio de un cuadrado, una latente por un círculo o elipse, una asociación con una flecha unidireccional y una correlación con una flecha bidireccional. Para el desarrollo de estos modelos se emplean diferentes softwares, en este trabajo, por su interface intuitiva de empleo, haremos uso de: IBM SPSS e IBM AMOS.

En los SEM se pueden estimar los siguientes parámetros: todos los coeficientes que conectan a variables latentes con sus respectivas variables observadas (llamadas cargas factoriales y que se sugieren estén alrededor de 0,70 o más), los que conectan a latentes con latentes, los que conectan observadas con observadas, las varianzas de variables independientes y las covarianzas entre ellas, las varianzas de los errores asociados a variables dependientes y las covarianzas entre ellas. A estos parámetros se los denomina libres [22].

Manipulación de información en IBM SBSS

Una vez recopilada la información de la encuesta, esta se digitó al software SPSS para analizarla detalladamente. En primer lugar, se verificó la normalidad de los datos y se procedió a elaborar el análisis factorial confirmatorio (AFC) para definir la cantidad de factores que explican a las variables observadas.

Corroboración del modelo en IBM AMOS

Analizada la información y determinado el número de factores, se procede a reelaborar el modelo de medida en AMOS, para ello se carga toda la información obtenida del SPSS y se establecen las correlaciones entre los distintos factores.

Se elige las siguientes propiedades de análisis para hacer correr el modelo:

- Método de discrepancia: Modelo de máximo verosimilitud
- Límite de modificación de índices: 20

Una vez verificado que los coeficientes de cada variable observada y latente se ajustan a los límites establecidos para este tipo de modelos, se procede plantear el modelo

propuesto por los autores y se vuelve a correr el programa para verificar nuevamente los coeficientes obtenidos.

En este punto, se verificó nuevamente los coeficientes obtenidos, los cuales se ajustan a los valores preestablecidos por la bibliografía [14-17].

Obtención del modelo y resultados

Del empleo de IBM SPSS se obtuvieron los siguientes resultados:

- Número de conjuntos de datos ingresados: 205
- Numero de variables analizadas: 34
- Factores que describen a las variables observadas: 5.

En la Tabla 2 se presentan el detalle de los factores y su descripción.

Tabla 2: Factores explicativos de SPSS.

Factores	Descripción	Variables que explica
Factor 1	Salud	P1, P2, P3, P4 , P5, P6
Factor 2	Educación	P7, P8, P9 , P10, P11, P12, P13
Factor 3	Trabajo	P14 , P15, P16, P17, P18, P19, P20
Factor 4	Familia	P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28
Factor 5	Ambiente	P29, P30, P31, P32, P33, P34

Del software IBM AMOS, se obtuvo en primer lugar el modelo de medida (ver Figura 3). Del cual se extrajeron los indicadores de validez, estos mostraron valores adecuados según los límites establecidos en la bibliografía. Los mismos se encuentran resumidos en la Tabla 3 que se extrajo del software.

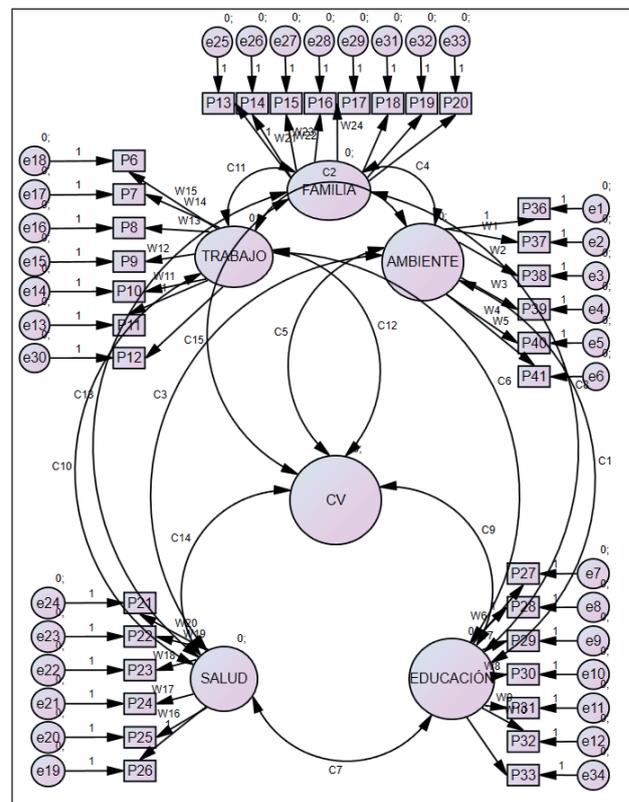


Figura 3: Modelo de medida de Calidad de Vida.

Tabla 3: Indicadores de Validez del modelo de medida.

Medida	Estimación obtenida	Valores admisibles	Interpretación
CMIN	1512,755	--	--
DF	718,000	--	--
CMIN/DF	2,106	Entre 1 y 3	Excelente
CFI	0,947	>0.95	Aceptable
SRMR	0,039	<0.08	Excelente
RMSEA	0,056	<0.06	Excelente
PClose	0,081	>0.05	Excelente

Donde:

CMIN: valor del Chi-cuadrado.

DF: grados de libertad.

CMIN/DF: discrepancia mínima dividida los grados de libertad.

CFI: índice de ajuste comparativo.

SRMR: Raíz media al cuadrado residual estandarizada.

RMSEA: Error cuadrático medio de aproximación.

PClose: valor p.

Al representar el SEM, ver Figura 4, se determinaron los siguientes indicadores estadísticos que se resumen en la Tabla 4.

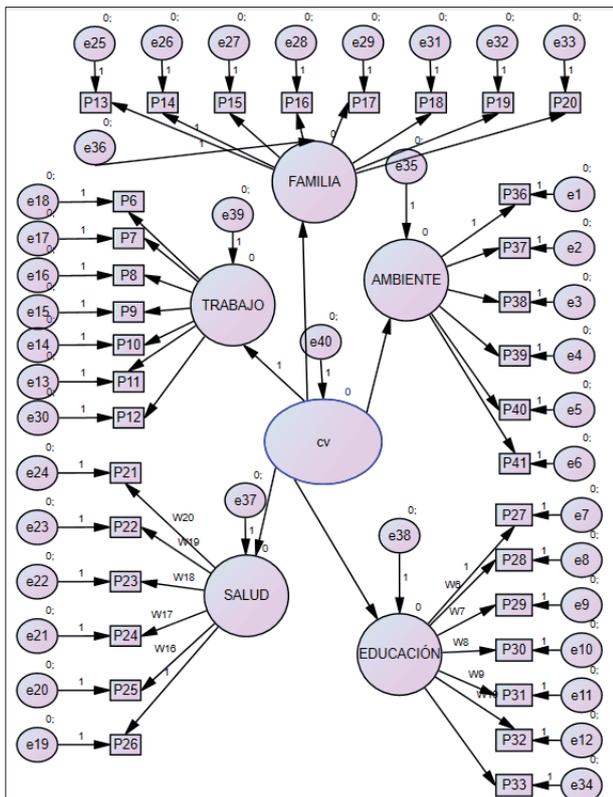


Figura 4: Modelo estructural de Calidad de Vida

Tabla 4: Indicadores de Validez del modelo estructural.

Medida	Estimación obtenida	Valores admisibles	Interpretación
CMIN	1432,755	--	--
DF	708,000	--	--
CMIN/DF	2,0236	Entre 1 y 3	Excelente
CFI	0,957	>0.95	Aceptable
SRMR	0,041	<0.08	Excelente
RMSEA	0,023	<0.06	Excelente
PClose	0,087	>0.05	Excelente

Con lo cual, el modelo propuesto se ajusta adecuadamente a la hipótesis planteada (la calidad de vida es función de los factores: Salud, Educación, Trabajo, Familia y Ambiente).

Por último, la representación matemática de este modelo es:

$$CV = 0,70 * Salud + 0,75 * Educación + 0,84 * Trabajo + 0,91 * Familia + 0,71 * Ambiente$$

Discusión

Los resultados obtenidos muestran que el modelo de calidad de vida para las comunidades que se encuentran en las cercanías de las mineras productoras de carbonato de litio, se ajusta adecuadamente desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, es necesario mencionar algunas acotaciones:

Los autores consideran necesario el número de encuestas para reducir los márgenes de error, propios de los modelos estadísticos.

El modelo indica que, al analizar todos los factores en conjunto, el factor correspondiente a Familia (ponderación de 0,91) representa el de mayor influencia al momento de determinar la calidad de vida de una persona. Esto está en contraste con lo observado en la Figura 2, en donde la encuesta arroja que el factor Medio Ambiente es considerado como “Extremadamente importante” cuando se analiza de manera individual, pero que, en el modelo, este factor, obtuvo una ponderación de 0,71, ubicándolo en un cuarto lugar de influencia con respecto a los otros factores.

El factor Trabajo, constituye el segundo factor más importante, superando a los factores de Salud y Educación, los cuales según otros autores representan los factores más influyentes en la calidad de vida de una persona [23-27].

De acuerdo a [28-31], las empresas mineras que ya funcionan en las zonas de estudio, afectan de forma directa e indirecta a las comunidades vinculadas a ellas, esto debido a las actividades propias de sus planes de Responsabilidad Social Empresaria (RSE); entre estas actividades se pueden mencionar: generación de trabajos directos e indirectos, capacitaciones para el desarrollo de emprendimientos, respeto por las celebraciones culturales familiares, fomento de actividades de involucramiento familiar, entre otros. De esta forma, y teniendo en cuenta los factores de mayor influencia propuestos en este modelo, las mineras influirían positivamente sobre la calidad de vida de las comunidades vinculadas, puesto que el foco de sus actividades de RSE, se encuentra en los factores Familia y Trabajo.

Conclusiones

De acuerdo a lo planteado en este trabajo, de su análisis y discusión, se pueden obtener las siguientes conclusiones: 1) se verifica una relación entre las variables y factores analizados, 2) la metodología aplicada se ajusta ade-

cuadramente al tipo y cantidad de datos trabajados, 3) la aplicación de este modelo puede servir para la toma de decisiones estratégicas tanto de empresas mineras como de los gobiernos en la región de la Puna Salteña, 4) la presencia de las mineras en estas zonas, favorecería la calidad de vida de las personas tanto desde el punto de vista de los factores Familia y Trabajo (con la mayor calificación en el modelo), como así también en los factores Salud, Educación y Medio Ambiente. Actualmente se puede observar esto a través de las distintas actividades englobadas en sus planes de RSE.

Bibliografía

- Castello, A y M. Kloster, (2015). *Industrialización del Litio y Agregado de Valor Local: Informe Tecno-Productivo*, CIECTI, CABA.
- Comisión Chilena de Cobre (COCHILCO), (2009). “*Antecedentes para una Política Pública en Minerales Estratégicos: Litio*”. Disponible en: http://ciperchile.cl/pdfs/litio/estudio_cochilco.PDF [Accedido el 5/05/2017]
- Conciencia Minera (2013). “*El litio en Argentina*”. Disponible en: <http://www.concienciaminera.com.ar/2012/05/el-litio-en-argentina/> [Accedido el 2/11/2017].
- Diario El Tribuno (2016). “*Construirán en Salta la planta de litio más grande del mundo*”. Argentina, disponible en: <http://www.tribuno.info/construiran-salta-la-planta-litio-mas-grande-del-mundo-n762319> [Accedido el 28/12/2018].
- Diario El Tribuno (2019). “*El litio salteño llevará al país al segundo lugar de producción en el mundo*”, disponible en: <https://www.tribuno.com/salta/nota/2019-2-5-0-0-el-litio-salteno-lleva-al-pais-al-segundo-lugar-de-produccion-en-el-mundo> [Accedido el 15/06/2019].
- Diario digital Noticias Perfil (2019). “*El litio cambia al noroeste, entre inversiones y alerta ambiental*”. Disponible en: <https://noticias.perfil.com/2019/04/03/el-litio-cambia-al-noroeste-entre-inversiones-y-alerta-ambiental/> [Accedido el 28/07/2019].
- Gobierno de la Provincia de Salta (2019). “*El Gobierno presentó el proyecto de ley de promoción de infraestructura minera*”. Disponible en: <http://www.salta.gov.ar/prensa/noticias/el-gobierno-presento-el-proyecto-de-ley-de-promocion-de-infraestructura-minera/65039> [Accedido el 28/07/2019].
- Secretaría de Minería de Salta. (2019). “*Resumen Carta departamental Los Andes*”. Trabajo no publicado.
- Gobierno de la Provincia de Salta (2015). “*Mapa social de la provincia de Salta para la Cooperación internacional*”. Disponible en: <http://www.youblisher.com/p/1700682-Mapa-Social-de-la-Provincia-de-Salta-para-la-Cooperacion-Internacional-2015/> [Accedido el 28/07/2019].
- Urzúa M, Alfonso; Caqueo-Urizar, Alejandra (2012). *Calidad de vida: Una revisión teórica del concepto*. Sociedad Chilena de Psicología Clínica. Chile.
- Campbell, Angus. (1981). *The sense of well-being in America*. McGraw-Hill, New York.
- Meeberg, Glenda. (1993). *Quality of life: A concept analysis*. Journal of Advanced Nursing, 18, pp. 32 – 38.
- Bognar, Greg. (2005). *The concept of quality of life*. Social and Practice, 31, pp 561-580.
- Cancino, et al., (2016). *Evaluación de un modelo de calidad de vida construido desde los datos*. Acta Colombiana de Psicología, 19(1), pp 297-309.
- Hair, J. et al., (1999). *Análisis multivariante*. 5º Edición, Madrid, Prentice Hall Librería.
- López, María Virginia. (2012). *Tesis de Magister: Modelo de Ecuaciones Estructurales para la evaluación de la calidad de una vacuna bovina*. Universidad de Buenos Aires.
- Bollen, Kenneth. (1989) *Structural equations with latent variables*. New York: Wiley.
- Bartholomew, David et al., (2008) *Analysis of multivariate social science data*. 2nd ed. Chapman & Hall
- Stage, Frances et al., (2004) *Path analysis: An introduction and analysis of a decade of research*. Journal of Education Research.
- Mulaik S.A. (2009) *Foundations of factor analysis*. 2nd ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.
- Loehlin John; Beaujean, Alexander (2017) *Latent variable models. An introduction to factor, path and structural equation analysis*. 5th ed. New York: Taylor & Francis.
- Manzano Patiño, Abigail. (2017) *Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales*. Investigación en Educación Médica (7) 25, pp. 67-72.
- Moreno Jimenez, Bernardo; Ximenez Gomez, Carmen (1996) *Evaluación de la calidad de vida*. Manual de evaluación en Psicología Clínica y de la Salud. Madrid: Siglo XXI, pp. 1045-1070.
- Catalán Gavidia, Valentín. (1998) *Salud, Educación y Calidad de Vida. De cómo las concepciones del profesorado inciden en la salud*. Mesa Redonda. Cooperativa editorial Magisterio. 1ra Edición.
- De Vincezi, Adriana; Tudesco, Fedra (2009) *La educación como proceso de mejoramiento de la calidad de vida de los individuos y de la comunidad*. Revista Iberoamericana de Educación ISSN: 1681-5653.
- Fernández-López, Juan A.; Fernández-Fidalgo, María; Cieza, Alarcos. (2010) *Los conceptos de calidad de vida, salud y bienestar analizados desde la perspectiva de la Clasificación Internacional del Funcionamiento (CIF)*. Rev. Esp. Salud Pública; Vol. 84: pp. 169-184
- Robles-Espinoza, Andrea A et al. (2016) *Generalidades y conceptos de calidad de vida en relación con los cuidados de salud*. El Residente; 11 (3) pp. 120-125
- Comunidad RSE (2016) *Salta fiscaliza trabajo social de minera con la comunidad*. Disponible en: <http://www.comunidadrse.com.ar/salta-fiscaliza-trabajo-social-de->

- minera-con-la-comunidad/ [Accedido el 02/08/2020]
29. **Gobierno de la Provincia de Salta (2018)** *Resolución 235-18. Anexo I: Conformación de las mesas de trabajo social.* Disponible en: <http://www.boletinoficialsalta.gob.ar/anexos2/Resolucion235-18Mineria.pdf> [Accedido el 20/08/2020]
 30. **Gobierno de la Provincia de Salta (2019)** *La Secretaría de Minería participó en la presentación de un plan de relaciones comunitarias.* Disponible en: <http://www.salta.gov.ar/prensa/noticias/la-secretaria-de-mineria-participo-en-la-presentacion-de-un-plan-de-relaciones-comunitarias/66929> [Accedido el 13/08/2020]
 31. **Gobierno de la Provincia de Salta (2020)** *Destacan el valor del compromiso en responsabilidad social empresaria.* Disponible en: <http://www.salta.gov.ar/prensa/noticias/destacan-el-valor-del-compromiso-en-responsabilidad-social-empresaria/68391>. [Accedido el 19/08/2020]

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 37-44

Escaneo tridimensional de objetos a través de materiales transparentes

Tridimensional digitalization of objects through transparent materials

Digitalização tridimensional de objetos através de materiais transparentes

Isabella de Souza Sierra^{1, *}, Gabriel Chemin Rosenmann¹, José Aguiomar Foggionato², Marcio Fontana Catapan¹, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto¹

1- Universidade Federal do Paraná, Brasil.

2- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.

*E-mail: isa.dss@gmail.com

Recibido: 04/10/2019; Aprobado: 28/09/2020

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo comprender el comportamiento del escaneo 3D mediante luz infrarroja estructurada al escanear objetos que están detrás de materiales transparentes. Se hicieron las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los errores encontrados en la superficie generada por el escaneo 3D a través de varios materiales transparentes? ¿Es factible utilizar estos datos para recopilar mediciones? Para responder a estas preguntas, se realizó un experimento en el que se escaneó el mismo objeto a través de diferentes superficies transparentes en diferentes situaciones. Como resultado, se encontraron cuatro tipos de errores: oclusión, calidad de la superficie, cierre y reflejo. Además, también fue posible probar la usabilidad de estas superficies digitalizadas al realizar mediciones antropométricas de partes del cuerpo grandes y medianas según la definición de ISO 20685:2010.

Palabras clave: Escaneo 3D; Infrarrojo; Kinect; Antropometría; Reconstrucción.

Abstract

This study aimed at understanding the behavior of the 3D scanning by structured infrared light when scanning objects that are behind transparent materials. The following questions were addressed: What are the errors found on the surface generated by 3D scanning through several transparent materials? Is it feasible to use the data gathered to collect anthropometric measurements? To answer these questions an experiment was carried out in which the same object was scanned through different transparent surfaces in different situations. As a result, four types of errors were found in the scan: occlusion, superficial quality, closure and reflection. Furthermore, it was also possible to prove the usability of these surfaces for taking anthropometric measurements of large and medium body parts as defined by ISO 20685:2010.

Keywords: 3D Scanning; Infra-red; Kinect; Anthropometry; Reconstruction.

Resumo

Este estudo objetivou compreender o comportamento do escaneamento 3D por luz infravermelha estruturada, ao digitalizar objetos que estão atrás de materiais transparentes. Problematizam-se as seguintes questões: Quais os erros encontrados em superfície gerada por escaneamento 3D através de diversos materiais transparentes? É viável a utilização desses dados para coleta de medidas? Para responder a essas perguntas realizou-se um experimento no qual se digitalizou um mesmo objeto através de diferentes superfícies transparentes em diferentes situações. Como resultados foram encontrados quatro tipos de erros no escaneamento: oclusão, qualidade superficial, fechamento e reflexo. Além disso também foi possível comprovar a usabilidade dessas superfícies digitalizadas na realização de medidas antropométricas de grandes e médias partes do corpo, conforme definido pela ISO 20685:2010.

Palavras-chave: Escaneamento 3D; Infravermelho; Kinect; Antropometria; Reconstrução.

Introdução

Escâneres tridimensionais vem sendo cada vez mais utilizados para capturas de geometrias de objetos e pessoas de maneira a gerar um modelo digital tridimensional que pode ser manipulado, medido e utilizado para diversas aplicações tais como: criação de avatares, na engenharia reversa, bem como na criação de novos produtos [1] [2]. Assim, nesta última aplicação, a digitalização de partes do corpo permite a captura de medidas antropométricas e morfologias corporais que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de produtos que seguem a geometria corporal. Entre os usos, estes podem ser utilizados para aumentar o conforto [1], para uso médico de reabilitação e auxílio em tarefas de vida diária como na modelagem de órteses e de próteses [3]. Embora os escâneres tridimensionais estejam mais acessíveis com a proliferação de equipamentos de baixo custo [4] e até mesmo sistemas que utilizam simples câmeras fotográficas e softwares computacionais [2], pouco ainda é explorado sobre os limites das funcionalidades desses equipamentos.

Uma dessas lacunas de exploração é a relação entre escâneres tridimensionais e as superfícies transparentes. Sobre o tema, abordam alguns estudos a respeito da dificuldade de escaneamento de objetos transparentes e brilhantes como garrafas de plástico [5] e taças de vidro [6] pois estes materiais capturam imagens que são observadas através dos mesmos. No entanto, acredita-se que essa característica dos escâneres gera algumas possibilidades de aplicação, como para a captura de geometrias que se encontram atrás ou dentro de objetos transparentes. Isso pode ser aplicado na captura de superfícies corporais, quando há dificuldade de se manter a posição estática durante o tempo necessário para a realização da captura tridimensional [7]. Assim, o uso de suportes e gabaritos fabricados em materiais transparentes poderia possibilitar a captura da geometria corporal, inclusive àquela que o corpo está apoiado.

Sendo assim, este estudo objetivou compreender o comportamento do escaneamento 3D por luz infravermelha estruturada ao digitalizar objetos que se encontram atrás de materiais transparentes. Para tal elaborou-se um experimento onde foi escaneado, utilizando um Kinect 360, um mesmo objeto através de diferentes materiais transparentes, vidro e acrílico em diferentes posições. Problematicaram-se as seguintes questões: É possível o escaneamento de objetos através de materiais transparentes? Quais são os erros encontrados em superfície gerada por escaneamento 3D através de materiais transparentes? É viável a utilização desses dados para coleta de medidas antropométricas? Com quais materiais obtém-se melhor qualidade de resolução da imagem interposta por este?

Referencial Teórico

Este artigo se trata de um estudo novo e, portanto, não há trabalhos diretamente comparáveis. Ou seja, não

se encontrou bibliografia que tratasse do escaneamento de objetos através de matérias transparentes utilizando a tecnologia de escaneamento tridimensional por infravermelho. Ainda assim, é possível fazer comparações com outros trabalhos que fizeram testes utilizando a tecnologia por escaneamento a laser. Assim, neste referencial teórico apresentam-se estudos com escaneamento através do vidro utilizando equipamentos com o princípio de triangulação a laser. E, em seguida, expõem-se o princípio de escaneamento 3D por triangulação de luz estruturada infravermelha do sistema utilizado neste estudo, o Kinect 360.

Estudos com escaneamento 3D à laser através do vidro

Na literatura ressalta-se as pesquisas de Chang *et al.* [7], Li *et al.* [8] e Li *et al.* [9], que realizaram estudos de calibração de escâneres de triangulação a laser e escaneamento de mãos através de suportes de vidro. Nesses trabalhos o vidro é utilizado para redução de sombras e estabilização da mão do participante durante o processo de digitalização. Chang *et al.* [7] apresentam um método de calibração e utilização de equipamentos a laser de maneira a controlar os erros gerados pela refração do laser quando atravessa o vidro. Em um outro trabalho Li *et al.* [8] apresentam um cálculo de calibração do equipamento levando em conta a possibilidade de refração do laser.

No escaneamento de objetos através de materiais transparentes, sejam eles vidros, plásticos ou líquidos, a refração da luz do escâner é inevitável [8], resta determinar se os desvios dimensionais e/ou geométricos causados podem ser reparados ou ignorados. O erro de refração depende da espessura do material transparente, do índice de refração do material, da densidade do ar e da angulação da incidência da luz do escâner [7]. Outra questão apontada é que podem ocorrer erros de compatibilidade das medidas de mesmo objeto ou parte do corpo, pois ao utilizar um suporte de vidro parte do objeto escaneado sobre o suporte será escaneado através do vidro e parte do objeto será escaneado sem o vidro [7]. Ou seja, a parte do objeto escaneada através do vidro contém o erro relativo à refração, enquanto a outra parte não.

Li *et al.* [9] consideraram alguns critérios como os mais importantes e influenciadores nas deformações da figura tridimensional causada pela refração, são elas: 1) a orientação e angulação do scanner em relação ao objeto; 2) a refração tangencial, causada por reflexos; 3) a distância do objeto para o suporte transparente; e 4) a distância do escâner para o conjunto objeto e material transparente. Para esses critérios, utilizando o laser, a angulação do escâner em relação à superfície foi a que mais influenciou os resultados sendo preferível uma angulação entre 60 e 120 graus.

Tendo esses elementos como base, Chang *et al.* [7] e Li *et al.* [9] encontraram que o erro médio causado pela refração da luz do escâner é de no máximo $\pm 0,3\text{mm}$ em toda a superfície do objeto escaneado. Talvez por este motivo,

outros trabalhos encontrados [10] [11], que se utilizaram de suportes transparentes, desconsideraram a influência da refração no objeto final.

Schwarz-Müller, Marshall e Summerskill [10] utilizaram um tubo translúcido de Plexiglas® para a estabilização do quadril e escaneamento de corpo inteiro. Como resultado obtiveram uma malha tridimensional do corpo humano onde não havia sinais da prévia existência do tubo. Jones *et al.* [11] realizaram o escaneamento do corpo de pessoas obesas deitadas sobre o vidro. Neste contexto os pesquisadores desconsideraram o erro gerado pela refração do vidro, mesmo este possuindo espessura considerável para suportar a massa do corpo de uma pessoa adulta obesa.

Escaneamento 3D por luz estruturada infravermelha - Kinect 360

No ano de 2010 a empresa Microsoft lançou no mercado o equipamento Kinect 360 para a interação do usuário com jogos virtuais por meio de gestos, sem a utilização de controles físicos. Porém, logo este equipamento foi readequado para a geração de malhas digitais 3D. Desde então surgiram diversos outros projetos de equipamentos e alguns programas computacionais para a reconstrução digital 3D de objetos com baixo custo [12].

O Kinect 360, quando utilizado como um escâner 3D apresenta o mesmo princípio de funcionamento da tecnologia de digitalização 3D por luz estruturada. O equipamento é constituído por um emissor infravermelho, um sensor infravermelho, desenvolvido pela empresa PrimeSense®, uma câmera com captação de três canais de cor, sendo o vermelho (R), verde (G) e azul (B) que gera imagens com resolução de 640x480 pixels. O emissor infravermelho projeta um padrão de pontos sobre a superfície que está sendo escaneada que é então captado pelo sensor. Por meio da comparação deste padrão emitido e do captado pelo sensor o equipamento infere a distância dos pontos, atribuindo a eles um valor de profundidade (D), sendo assim considerado um emissor RGB-D [3].

Como o equipamento não foi desenvolvido para realização de escaneamento 3D, esse não possui um programa proprietário para a aquisição e registro dos dados tridimensionais, mas sendo possível o seu uso com softwares específicos. Os estudos apresentados [13] [14] descrevem a aplicação do Kinect 360 na antropometria e inclusive indicam a importância de programas computacionais adequados para o controle e registro da captura de dados tridimensionais utilizando este equipamento.

Na literatura são reportados alguns possíveis problemas nas malhas tridimensionais geradas pelo Kinect 360 que são dimensionais, com erros de precisão esperados entre 2 e 4 mm [12] dependendo da distância entre o objeto e o Kinect, geométricos, com a simplificação das formas [14], baixa precisão [1], além de problemas de fechamento de malha [4] e erros compostos, ou seja a soma de erros de

fechamento com erros de precisão [15] sendo mais recomendado para coletas de medidas de acima de 50mm [12]. Essa recomendação está de acordo com a ISO 20685:2010 que determina erros aceitáveis de medição antropométrica para partes médias e maiores (braços, pernas, tronco e cabeça) variando entre 9 e 4 milímetros de erro aceitável [16].

MÉTODO

Realizou-se um estudo experimental no qual foi escaneado um mesmo objeto através de diferentes superfícies transparentes em diferentes situações. Esses dados foram tratados de maneira que pudessem ser estudadas as suas características superficiais e dimensionais. Por fim, avaliaram-se comparativamente os resultados obtidos.

Materiais

Nesta pesquisa foi utilizado o equipamento Kinect 360 e drive SDK 1.2 da Microsoft, software de captura Skanect com as seguintes especificações: caixa delimitadora: volume cúbico de 500mm de lado; qualidade de feedback: alta; gravação off-line: todos os quadros; modo de escaneamento: profundidade e cor, e software de análise e de medidas Geomagic. O Kinect 360 foi conectado a um computador desktop utilizando com sistema operacional Windows 10.

O local do escaneamento era fechado contando com iluminação difusa com lâmpadas fluorescentes brancas. O objeto utilizado consistiu de uma representação de mão articulada em madeira clara na posição fechada e com os dedos indicador, polegar e mínimo levantados. As superfícies transparentes consistiram em uma placa de vidro de 300x300x3mm (V3), outra placa de vidro de 300x300x6mm (V6) e uma placa de acrílico de 300x300x2mm (AC). O escaneamento foi realizado com o escâner a uma distância de 600mm do objeto para todas as situações, e com o sensor sendo movimentado no entorno do objeto não ultrapassando às angulações de 60 e 120 graus indicados por Li *et al.* [9].

Para a configuração do objeto a ser escaneado através das superfícies transparentes, foi montado um pequeno ambiente (Figura 1) com a utilização de duas bases pretas e 4 marcadores brancos de 33x33mm (para que fossem facilmente identificados) posicionados a diferentes distâncias do vidro e do objeto. Os marcadores brancos foram adicionados em posições estratégicas em diferentes distâncias em relação ao objeto e à superfície transparente (na frente da superfície transparente, encostado na superfície transparente, entre o objeto e a superfície transparente e na diagonal traseira do objeto). Os marcadores e objeto foram colados à superfície preta e não foram movidos em nenhuma das situações experimentais, a única variável alterada foi a superfície transparente.

Na figura 1-a estão apresentadas as medidas reais e a localização dos pontos coletados. Foram realizadas 10 medições em cada malha gerada pela digitalização, utilizando o software Geomagic, com o comando de criação de superfície e verificação de ajuste, e estas foram comparadas com as medidas reais que seguem: médias das medidas x e y dos marcadores (medida padrão x = 33 mm, y = 33 mm); Distância entre as bases dos dedos mínimo e indicador (medida padrão 40 mm); e diâmetro do punho (medida padrão 39 mm).

Configuração do experimento

Foram realizados escaneamentos em 4 situações para cada um dos 3 materiais transparentes (Figura 2). Essas quatro situações foram escolhidas de maneira a assemelhar-se aos casos reais de aquisição de forma tridimensional para coleta de medidas antropométricas. Visto que parte do corpo estaria encostada à superfície transparente e parte estaria distante, além de que, em momentos seria obtida a forma tridimensional apenas através do material transparente e às vezes seria captada com a volta completa. Foram coletados os dados destas situações para os três diferentes materiais transparentes já descritos. Totalizando 12 ambientes escaneados.

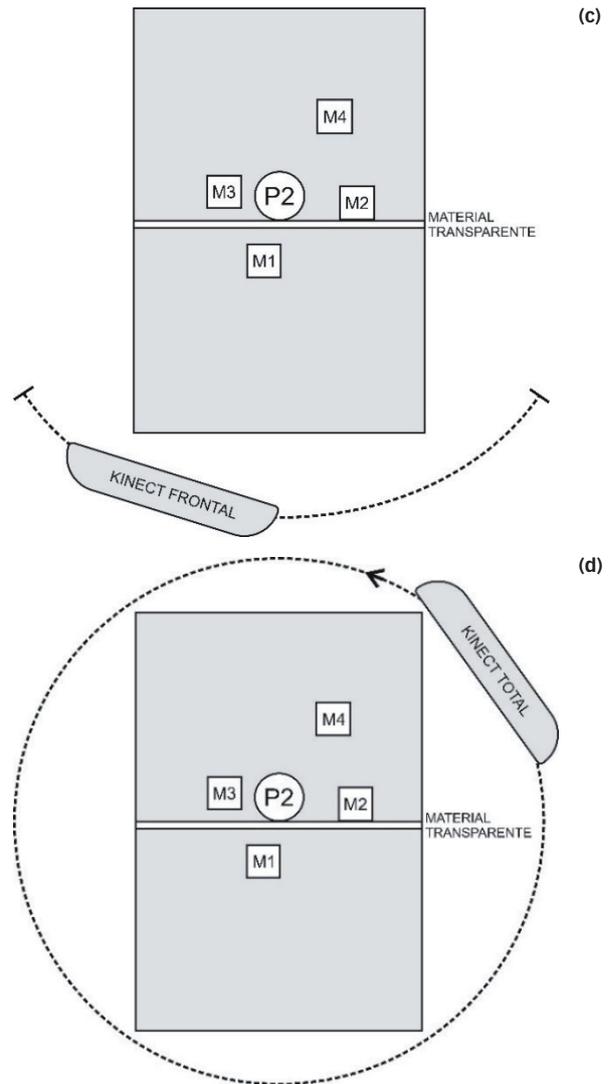
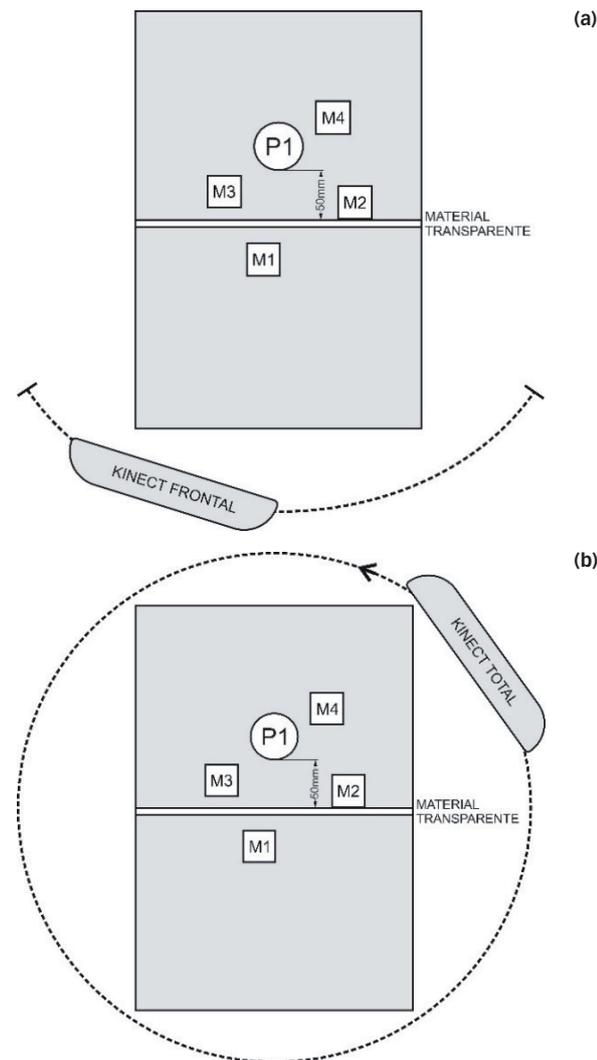


Figura 2: Configuração do experimento. (a) Objeto (P1) a 50 mm do material transparente e escaneamento somente através do material; (b) Objeto (P1) a 50 mm do material transparente e escaneamento em volta de todo o objeto; (c) Objeto (P2) encostado no material transparente e escaneamento somente através do material; (d) Objeto (P2) encostado no material transparente e escaneamento em volta de todo o objeto.

Na figura 2, M1, M2, M3 e M4 representam os marcadores, P1 representa o objeto colocado a 50mm da superfície transparente e P2 representa o objeto colocado encostado na superfície transparente. A palavra “Frontal” é utilizada para representar o processo de digitalização que ocorre apenas através da superfície transparente e a expressão “Total” é utilizada para representar os casos em que há a digitalização de todo o objeto.

Resultados

Os resultados foram divididos em duas partes, a primeira onde são analisadas qualitativamente as malhas digitalizadas para verificar possíveis problemas ocorridos na digitalização e o segundo a análise quantitativa das medidas obtidas pela digitalização.

Análises qualitativas

Encontraram-se quatro tipos de problemas diferentes na digitalização que podem ser verificados na Figura 3.

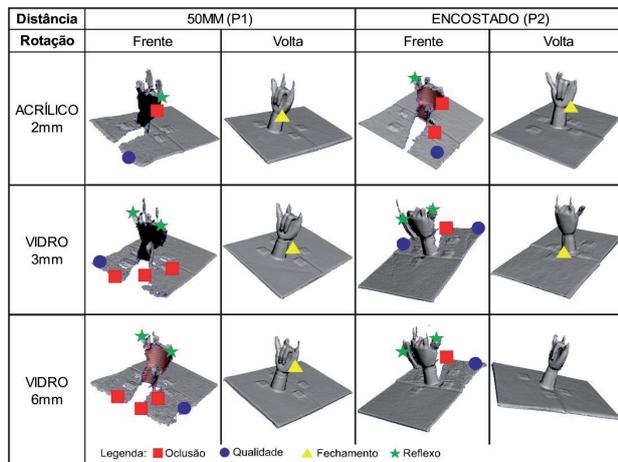


Figura 3: Problemas ocorridos nas digitalizações.

Foram encontrados 33 problemas no total. Em ordem foram encontrados onze problemas de Oclusão (33,3%), dez de Reflexo (30,3%), sete de Qualidade (21,2%) e cinco de Fechamento (15,15%). Os problemas de Oclusão, foram encontrados apenas nos casos onde o objeto foi escaneado somente através do material transparente. Fator esperado visto que ao utilizar-se uma meia volta em torno do objeto, partes ficaram invisíveis ao escâner. As partes que ficaram oclusas foram as partes posterior tanto do objeto quanto dos marcadores. Assim como na Oclusão, problemas de Qualidade ficaram evidentes e apareceram em casos onde foi escaneado o objeto apenas através do material transparente. Isso pode ter ocorrido pela dificuldade do acesso do infravermelho à superfície, tanto pela interferência do objeto transparente quanto pela distância para com o escâner, que não pode aproximar-se dada a restrição do protocolo utilizado de não digitalizar o objeto sem a mediação do material transparente.

Os problemas de Fechamento, ocorreram apenas em casos onde foi digitalizado todo o objeto, completando a circunferência em torno do ambiente. Por fim os problemas de Reflexo, ocorreram apenas em casos em que o objeto foi escaneado apenas através do material transparente.

Foram encontrados problemas para todos os suportes de material transparente, sendo que o de acrílico foi o que apresentou menos erros. Acredita-se que a espessura da superfície transparente não teve influência sobre os erros, visto que o suporte de vidro de 6mm gerou menos erros do que o suporte de vidro de 3mm.

Também foram identificados outros problemas na geração das malhas 3D, indicados pelo comando Mesh-Doctor do programa Geomagic, sendo: margens altamente vincadas, que acontecem quando há formação de arestas de ângulo pequeno, picos que constituem texturas irregulares,

pequenas lacunas na malha que são a falta de triângulos na formação da superfície, e ruídos visuais que são triângulos desconectados da malha gerando baixa ou nenhuma uniformidade em uma superfície lisa.

Dada a possível gravidade dos problemas encontrados construíram-se duas tabelas onde foram ranqueados os problemas de Oclusão, Qualidade, Fechamento e Reflexo com as seguintes pontuações: 3 – Ótimo, para casos onde nenhum erro do tipo foi encontrado, 2 – Médio onde foi encontrado erro mas o erro não afetou na coleta das medidas e 1 – Ruim, onde foi encontrado erro e este afetou na coleta das medidas. A nota dada foi relativa à gravidade do erro e não à quantidade de erros encontrados. As análises foram feitas dividindo-se as coletas em capturas obtidas apenas através do material transparente (Tabela 1) e obtidas com coleta por toda a circunferência do objeto (Tabela 2).

Tabela 1: Análise qualitativas das digitalizações - Frontal.

Frontal	Oclusão		Qualidade		Fechamento		Reflexo		Total	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
AC	1	1	2	1	N/A	N/A	2	2	5	4
V3	1	1	1	1	N/A	N/A	1	1	3	3
V6	1	1	1	1	N/A	N/A	1	1	3	3

Legenda: N/A: não se aplica; AC: Acrílico; V3: Vidro 3mm; V6: Vidro 6mm; P1: Posição 1; P2: Posição 2.

No caso das digitalizações que foram realizados apenas pela frente, ou seja, apenas mediados pela superfície transparente, a acrílica recebeu melhores pontuações tanto para o caso de proximidade quando de distância do objeto para o material transparente, as outras duas superfícies de vidro, analisadas receberam pontuações iguais. O principal ponto de diferenciação entre essas duas situações foi a presença de reflexos nas superfícies do vidro.

Tabela 2: Análise qualitativas das digitalizações - Total.

TOTAL	Oclusão		Qualidade		Fechamento		Reflexo		Total	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
AC	3	3	3	3	1	2	3	3	10	11
V3	3	3	3	3	1	1	3	3	10	10
V6	3	3	3	3	2	3	3	3	11	12

Legenda: AC: Acrílico; V3: Vidro 3mm; V6: Vidro 6mm; P1: Posição 1; P2: Posição 2.

Para a análise das digitalizações em que se circundou o objeto sendo escaneado por completo, a superfície transparente de vidro de 6mm foi a melhor avaliada seguida do acrílico e do vidro de 3mm. Todas as pontuações para esse caso (Tabela 2) foram maiores do que a primeira (Tabela 1) indicando a importância da digitalização do entorno total do objeto..

Análises Quantitativas

As medições que foram realizadas utilizando o programa Geomagic podem ser conferidas comparativamente na tabela 3. Nesta tabela estão dispostos os desvios entre as

medidas obtidas com o escaneamento e as medidas reais, além das médias e desvios padrão entre os desvios para cada uma das variáveis e para cada uma das situações experimentais.

Tabela 3: Comparativos dos desvios das medidas obtidas (em milímetros).

Material	Variável	Situação				Comparativo por variável	
		50mm (P1)		Encostado (P2)		Média	Desvio Padrão
		Frontal	Total	Frontal	Total		
ACRÍLICO 2mm	AC y	8.9	13.9	11.1	9.7	10.9	2.2
	AC x	7	11	8.7	8.2	8.7	1.6
	AC punho	20.9	3.4	17.2	0.4	10.5	10.1
	AC dedos	-4	-4.2	-3.5	-3.5	-3.8	0.3
VIDRO 3mm	V3 y	12.8	12.1	9.3	13.2	11.8	1.7
	V3 x	9.3	10.3	6.7	7.4	8.4	1.6
	V3 punho	6.9	8.2	17.8	2	8.7	6.6
	V3 dedos	-4.5	-4.3	-2.8	-3.7	-3.8	0.7
VIDRO 6mm	V6 y	10.2	16.1	9.6	12.5	12.1	2.9
	V6 x	8	11.2	9.1	6.8	8.7	1.8
	V6 punho	16.2	8.1	19.1	1.5	11.2	7.9
	V6 dedos	-4.6	-4	-4.6	-3.5	-4.2	0.5
Comparativo por situação	Média	7.3	6.8	8.1	4.2		
	Desvio padrão	8.1	7.3	8.1	6.2		

Em relação as medidas dos verticais dos marcadores (y), a que mais se aproximou, 9,7 mm que foi tirada na situação em que foi feita a digitalização apenas através do acrílico, e com o objeto distante do material (Coluna 50mm-Frente). A medida mais discrepante com 16,1 mm de diferença foi utilizando o material vidro de 6 mm e com a digitalização de todo o objeto e com o objeto distante da superfície transparente (Coluna 50mm-Volta). As medidas retiradas com a digitalização feita apenas através do objeto transparente, no geral, se aproximaram mais do que das do caso oposto.

Para o caso das medidas horizontais (x) dos marcadores, houve uma maior aproximação entre a medida padrão 33 mm e as medidas coletadas, que apresentaram uma variação entre 6,7 mm e 11,2 mm. Sendo o caso da Coluna 50mm-Volta o mais divergente assim como o das medidas verticais (y). Para as medidas horizontais (x) os casos em que houve digitalização apenas através do material transparente (Figura 2 - a e c) gerou resultados melhores.

Para o caso das medidas do punho, houve uma maior divergência para os resultados, apresentando diferenças que variaram 0,4 mm e 20,9 mm. O caso em que se obtiveram as dimensões mais aproximadas foi o que foi digitalizado todo o objeto quando estava encostado na superfície transparente (Coluna Encostado-Volta), já os casos que mais divergiram foram aqueles em que foi digitalizado o objeto apenas através das superfícies (Figura 2 - a e c).

Neste contexto, não é possível identificar uma relação das diferenças dimensionais com a utilização dos materiais transparentes.

As medidas entre dedos foram o único caso em que as medidas coletadas foram menores do que as medidas originais. As medidas também se aproximaram mais do objeto padrão sendo que as diferenças dimensionais apresentaram um mínimo de 2,8 mm e máximo de 4,6 mm.

A análise quantitativa demonstra que apesar das divergências dimensionais entre as medidas reais e as digitalizadas, essas divergências já eram esperadas, pois como indicado por Guidi, Gonizzi e Micoli [12] essa imprecisão dimensional é intrínseca ao escâner. O fator de interesse para este trabalho foi que essas alterações dimensionais parecem não ser diretamente relacionadas com as superfícies transparentes e sim com as limitações de precisão já esperadas do equipamento. Nesse contexto, o uso do escâner é recomendado apenas para a coleta de dimensões de partes do corpo consideradas médias e maiores pela ISO 20685:2010 [16].

Discussão

Encontrou-se a possibilidade de digitalizar objetos através de superfícies transparentes com a tecnologia de escaneamento 3D por luz infravermelha estruturada, fato previamente desconhecido. O resultado final da malha digitalizada aparece como se inexistisse o material transparente colocado como intermediário.

Os erros de refração esperados [8] não foram identificados, indicando que o próprio erro sistemático do equipamento [12] pode mascarar os possíveis problemas de refração. Do mesmo modo, nos casos em que há a digitalização completa em volta do objeto, estes erros causados pela refração podem ter sido compensados [7]. Essas informações são corroboradas por Schwarz-Müller, Marshall e Summerskill [10] e Jones et al. [11] que optaram por desconsiderar os efeitos de refração impostos pela mediação com o material transparente.

Apenas dois dos problemas encontrados nas coletas podem ser associados diretamente ao fato de existir uma superfície transparente que mediava a digitalização, são eles: erros de reflexo e de qualidade superficial. Os erros de reflexo podem ser eliminados no processo de limpeza da malha tridimensional, que é feito após a digitalização, visto que se apresentam como geometrias descoladas da geometria principal.

Outras duas questões que podem ser apontadas como de interesse são a divergência entre resultados de objetos escaneados apenas através do objeto transparente e no entorno total do objeto e entre objetos encostados na superfície transparente e objetos afastados da mesma. Para o escaneamento no entorno versus apenas através do objeto transparentes percebe-se que melhores resultado são alcançados quando é feita a digitalização no entorno de todo o

objeto. Isso acontece por que o software de escaneamento é desenvolvido para interpretar a geometria completa e fazer um fechamento automático da malha, no entanto quando há parte oclusas, o software na tentativa de realizar esse fechamento gera distorções e buracos. Sendo assim recomenda-se que a digitalização seja sempre realizada no entorno total do objeto.

Em complemento a divergência entre o resultado de objetos encostados e afastados de superfícies transparentes resulta da criação de reflexos pelos objetos encostados na superfície transparente, no entanto, como já foi comentado esses reflexos podem ser eliminados posteriormente à digitalização sem que afetem a qualidade dimensional do objeto e, portanto, a digitalização de objetos encostados nas superfícies transparentes não parece ser uma questão que afeta a qualidade dos resultados da digitalização.

Os erros de qualidade superficial foram encontrados apenas na base onde o objeto escaneado, representação de mão em madeira, estava apoiado. Os erros se comportaram da seguinte maneira: a superfície da base existente antes do objeto transparente era captada como lisa e a superfície depois do objeto transparente se apresentava com mais imperfeições.

Além disso, para o equipamento utilizado, Kinect 360, não é possível a realização de calibração assim como proposta por Chang *et al.* [7] para equipamentos que se utilizam de tecnologia a laser. No entanto, os resultados obtidos ainda permitem a reconstrução digital tridimensional de morfologias com baixo custo [12].

Outras possíveis questões que foram encontradas fazem parte dos próprios erros esperados do equipamento como simplificação das formas [14], baixo grau de precisão [1] e problemas de fechamento de malha [4], que ocorreram principalmente em casos em que não foi escaneado todo o objeto e que dessa maneira eram erros já esperados.

O pequeno ambiente criado se mostrou suficiente para responder à questão da pesquisa. Contudo, alguns dos problemas dimensionais encontrados, podem ser atribuídos a pequena dimensão dos objetos digitalizados que acabam sendo afetados pelo erro sistemático do Kinect 360 [12], caso que ocorreu principalmente com a pequena espessura dos marcadores que se fundiram com a base do ambiente construído dificultando e prejudicando as medidas coletadas.

Visto o que foi apresentado, pode-se utilizar o escaneamento através de objetos transparentes para enfrentar alguns fatores relacionados ao comportamento do corpo humano. O principal fator a ser considerado é a variação postural, que é tratada com um dos principais fatores limitantes [10] do processo de escaneamento de pessoas. A maior parte das soluções encontradas para essa questão, como apoios e suportes, criam sombras e áreas de oclusão de partes do corpo afetando a coleta de medidas [10]. Tais fatores podem ser contornados com a utilização de estruturas fabricadas em materiais transparentes [9].

Conclusão

A partir da execução deste estudo foi possível verificar a possibilidade do uso de superfícies transparentes como suporte ou gabarito para objetos e partes do corpo durante o processo de digitalização utilizando um escâner por luz-estruturada infravermelha de baixo custo, o Kinect 360. No experimento realizado, a superfície transparente foi desconsiderada pelo escâner gerando uma superfície tridimensional do objeto escaneado sem acusar a presença de uma superfície transparente, o que possibilita a utilização desses suportes.

Ainda, não se encontraram diferenças marcantes entre os materiais transparentes utilizados, podendo-se assim considerar a possibilidade de uso de qualquer um dos três para a coleta de medidas, considerando a qualidade e limitações do equipamento. No entanto, as características qualitativas da imagem coletada indicam para uma preferência para o uso do acrílico para objetos escaneados apenas através do material e para o vidro de 6mm para escaneamento no entorno de todo o objeto. Em relação à aproximação das medidas ao valor padrão encontraram-se melhores resultados com o vidro de 3mm.

Respondendo às perguntas propostas, foram encontrados quatro tipos de erros no escaneamento: oclusão, qualidade superficial, fechamento e reflexo. Dos erros identificados apenas dois apresentam influência da superfície transparente, a qualidade superficial e o reflexo. Além disso também foi possível comprovar a usabilidade dessas superfícies digitalizadas na realização de medidas desde que consideradas as características funcionais intrínsecas do equipamento.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Referências

1. Brendler, C. F., Müller, M. S., da Silva, F. P., & Teixeira, F. G. (2016). *Uso da digitalização 3D do corpo humano para desenvolvimento de produtos personalizados: Análise comparativa entre os scanners Artec EVA e o Kinect*. Estudos em Design, 24(2):24-43. <https://bit.ly/2xUQjK5>
2. Costa, T. N., Brendler, C. F., Teixeira, F. G., Silva, R. P. D., & Silva, T. L. K. D. (2015). *Uso da digitalização 3D e da parametrização de medidas antropométricas para produção de moldes personalizados para o vestuário*. Educação gráfica, 19(2):122-142. <https://bit.ly/2InlbrG>
3. Rosenmann, G.C. (2017). *Avaliação de sistemas de digitalização 3D de baixo custo aplicados ao desenvolvimento*

- de órteses por manufatura aditiva*. 113f. Dissertação - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, UTFPR. Curitiba. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2630>
4. Clarkson, S., Wheat, J., Heller, B., & Choppin, S. (2016). *Assessment of a Microsoft Kinect-based 3D scanning system for taking body segment girth measurements: a comparison to ISAK and ISO standards*. *Journal of sports sciences*, 34(11):1006-1014. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1085075>
 5. Eren, G., Aubreton, O., Meriaudeau, F., Secades, L. S., Fofi, D., Naskali, A. T. & Ercil, A. (2009). *Scanning from heating: 3D shape estimation of transparent objects from local surface heating*. *Optics express*, 17(14):11457-11468. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19582061>
 6. Meriaudeau, F., Secades, L. A. S., Eren, G., Erçil, A., Truchetet, F., Aubreton, O., & Fofi, D. (2010). *3-D scanning of nonopaque objects by means of imaging emitted structured infrared patterns*. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 59(11):2898-2906. <https://doi.org/10.1109/TIM.2010.2046694>
 7. Chang, C. C., Li, Z., Cai, X., & Dempsey, P. (2007). *Error control and calibration in three-dimensional anthropometric measurement of the hand by laser scanning with glass support*. *Measurement*. 40(1):21127. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2006.05.006>
 8. Li, Z., Chang, C. C., Dempsey, P. G., & Cai, X. (2008). *Refraction effect analysis of using a hand-held laser scanner with glass support for 3D anthropometric measurement of the hand: A theoretical study*. *Measurement*. 41(8):842–850. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2008.01.007>
 9. Li, Z., Chang, C. C., Dempsey, P. G., & Cai, X. (2008). *Refraction effect analysis of using a hand-held laser scanner with glass support for 3D anthropometric measurement of the hand: Strategy comparison and application*. *Measurement*. 41(8):851–861. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2007.11.008>
 10. Schwarz-Müller, F., Marshall, R. e Summerskill, S. (2018). *Development of a positioning aid to reduce postural variability and errors in 3D whole body scan measurements*. *Applied Ergonomics*. 68:90–100. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.11.001>
 11. Jones, M. L. H., Ebert, S. M., Hu, J., Park, B. K., & Reed, M. P. (2016). *Quantifying body shape differences between supine and standing postures for adults with high body mass index*. *Proc. 4th International Digital Human Modeling Conference*. Montreal, Canada. http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/pubs/Jones_2016_DHM_obese.pdf
 12. Guidi, G., Gonizzi, S. & Micoli, L. (2016). *3D Capturing Performances of Low-Cost Range Sensors for Mass-Market Applications*. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLI-B5:33-40. <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B5/33/2016/isprs-archives-XLI-B5-33-2016.pdf>
 13. Bragança, S., Arezes, P., Carvalho, M., Ashdown, S. P., Castellucci, I., & Leão, C. (2018). *A comparison of manual anthropometric measurements with Kinect-based scanned measurements in terms of precision and reliability*, *Work*, 59(3):325-339. <https://doi.org/10.3233/WOR-182684>
 14. Bragança, S., Carvalho, M., Xu, B., Arezes, P., & Ashdown, S. (2014). *A Validation Study of a Kinect Based Body Imaging (KBI) Device System Based on ISO 20685:2010*. *5th International Conference on 3D Body Scanning Technologies*. 21-22. <https://doi.org/10.15221/14.372>
 15. Tong, J., Zhou, J., Liu, L., Pan, Z., & Yan, H. (2012). *Scanning 3D full human bodies using kinects*. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 18(4):643–650. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2012.56>
 16. International Organization for Standardization. (2018). *ISO 20685-1 3D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases — Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans*. <https://www.iso.org/standard/63260.html>

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 45–50

Modelo para la estimación de la deserción estudiantil Awajún y Wampis empleando minería de datos

Awajún and Wampis Student Dropout Estimation Model Using Data Mining

Lenin Quiñones Huatangari^{1,*}, Diomer M. Jara¹, Nicanor Alvarado¹, Manuel E. Milla¹, Oscar A. Gamarra¹

1- Instituto de Ciencia de Datos. Universidad Nacional de Jaén (UNJ), Perú.

* E-mail: lenin.quinones@unj.edu.pe

Recibido: 01/04/2020; Aprobado: 14/10/2020

Resumen

La deserción estudiantil es un problema complejo y crucial en el campo de la educación, que está presente en todos los niveles y modalidades del sistema educativo, por tanto, la detección temprana es una estrategia clave para las instituciones académicas. La Minería de Datos Educativa permite modelar la deserción de estudiantes considerando sus datos socioeconómicos, académicos y personales. El objetivo del trabajo fue emplear la minería de datos para determinar modelos que estimen la deserción de estudiantes Awajún y Wampis de la Universidad Nacional de Jaén. Se empleó la metodología CRISP-DM: Entender el problema de la deserción del 45% de la población en estudio, comprender las variables, construir la matriz de datos de los cuarenta y nueve estudiantes, modelamiento utilizando el software Weka y evaluación del modelo. Se identificaron cinco variables que influyen en la deserción: Los cursos aprobados, créditos aprobados, comunidad de procedencia, promedio y ciclo de ingreso. Además, se proponen tres modelos con porcentaje de instancias bien clasificadas de 87.8, de los que se concluye que si los cursos aprobados, son inferiores a diez asignaturas o los créditos aprobados son menores a 27, el estudiante se retira de la Universidad.

Palabras clave: Pueblos originarios; Deserción estudiantil, Minería de datos educativa.

Abstract

Student dropout is a complex and crucial problem in the field of education, which is present at all levels and modalities of the educational system. Therefore, early detection is a key strategy for academic institutions. Educational Data Mining allows modeling the dropout of registered students with their socioeconomic, academic and personal data. The objective of the work was to use data mining to determine models that estimate the dropout of Awajún and Wampis students from the National University of Jaén. The CRISP-DM methodology was used to understand the dropout problem of 45% of the study population, understand the variables and build the data matrix of the forty-nine students. The Weka software and model evaluation were used for modelling. Five variables that influence dropout were identified: the approved courses, approved credits, community of origin, average and cycle of admission. In addition, three models are proposed with percentages of well classified instances of 87.8, from which it is concluded that if the approved courses are less than ten subjects or the approved credits are less than 27, the student withdraws from the University.

Keywords: Native peoples; Student dropout; Educational data mining.

Introducción

El Perú posee una gran diversidad cultural, sin embargo, se conoce muy poco de esta. Existen dos pueblos originarios que habitan en la Amazonía del Perú, en la frontera con Ecuador, específicamente al norte de los departamentos de Amazonas, Loreto, Cajamarca y San Martín. Estos pueblos están íntimamente relacionados, debido a que comparten una tradición histórica, cultural y sus idiomas pertenecen a la misma familia lingüística (Jíbaro). Son conocidos por su habilidad como guerreros y la fuerte resistencia frente a distintas poblaciones que

incursionaron en el territorio ocupado por ellos. El pueblo Awajún, también conocido con el nombre de “aguaruna”. Asimismo, el pueblo originario Wampis es conocido con los nombres de “Shuar” o “huambisa” [1].

Por otra parte, la minería de datos es el conjunto de técnicas y tecnologías que permiten explorar grandes bases de datos, de manera automática o semiautomática, con el objetivo de encontrar patrones repetitivos, tendencias o reglas que expliquen el comportamiento de los datos en un determinado contexto [2]. Los algoritmos de uso común de minería de datos [3]: Regresión lineal, regresión logística, árbol de decisión, máquinas de vectores de soporte, red

bayesiana, kNN, K-medias, algoritmos de reducción de dimensión y algoritmos de aumento de gradiente. Debido al empleo de la minería de datos a problemas de Educación, se ha creado la Minería de Datos Educacional (MDE), donde una de las áreas de aplicación permite predecir la deserción estudiantil [4].

En efecto, la deserción estudiantil es un problema complejo y crucial en el campo de la educación, que está presente en todos los niveles y modalidades del sistema educativo. Esto genera daños sociales, económicos, políticos, académicos y financieros a todos los involucrados en el proceso educativo [5]. En este sentido, la razón del trabajo de investigación, fue recolectar información y determinar patrones con respecto a la deserción de los estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ), que provienen de los pueblos originarios Awajún y Wampis. En consecuencia, se planteó el problema: ¿Empleando técnicas de minería de datos en la información histórica de los estudiantes proveniente de los pueblos originarios Awajún y Wampis de la Universidad Nacional de Jaén, será posible determinar modelos que permitan describir deserción en la misma?

Se han realizado estudios en el área de MDE para predecir la deserción estudiantil, diferenciándose entre ellos, el área de estudio, las técnicas empleadas y las propuestas que han originado: Los autores proporcionan una visión general del fenómeno de predicción de deserción de estudiantes de un curso de Massive Open Online Course (MOOC), cursos online masivos y abiertos, además proponen ideas y recomendaciones que podrían conducir al desarrollo de soluciones útiles y efectivas de aprendizaje automático para resolver el problema de la deserción de MOOC [6]. No obstante, otros autores proponen un plan de tutoría que puede ser usado por las instituciones para reducir el porcentaje de deserción de los cursos virtuales [7]. Incluso se han realizado artículos de revisión sobre el tema: Se analizaron múltiples trabajos, identificando las ventajas y desventajas de las metodologías más utilizadas; análisis correlacionales, análisis de regresión logística, análisis de supervivencia y minería de datos. Dichos resultados son consistentes con los obtenidos por diversos autores a lo largo del tiempo, y en base a ellos se proponen dos tipos de medidas; por un lado, acciones encaminadas a facilitar el diagnóstico respecto al problema de la deserción, y por otro lado, medidas encaminadas a su prevención [8]. Se encontraron las brechas existentes en la predicción de la deserción educativa en todos los artículos científicos publicados en revistas científicas de alto impacto y determinaron los atributos que faltan, lo que puede aportar para una mejor predicción [4].

Se ha evidenciado la efectividad de los modelos de árboles de decisión que evalúa a los nuevos posibles desertores [11, 3, 15], han obtenido reglas que fueron programadas y visualizadas en una interfaz web [10]. Utilizaron los algoritmos de Exponential smoothing state (ETS) y Redes

Neuronales, para la construcción del modelo de minería de datos basado en series de tiempo logrando realizar las predicciones de deserción escolar y el uso de la metodología XP para el desarrollo del sistema [11]. Sobre la base de lo anterior y considerando los estudios previos realizados [12], se concluye que mediante técnicas de minería de datos es posible determinar modelos que estimen la deserción estudiantil universitaria, analizando la historia académica del estudiante junto a los factores socio económicos y otros, que determinan su condición de potencial desertor.

En este contexto, el objetivo del trabajo de investigación fue emplear la minería de datos para determinar modelos que estimen la deserción de estudiantes Awajún y Wampis de la UNJ.

Materiales y métodos

Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue descriptivo, ya que se buscó especificar las variables socioeconómicas, académicas y personales que influyen en la deserción del grupo de estudiantes universitarios provenientes de pueblos originarios Awajún y Wampis de la UNJ.

Población, muestra y muestreo

Población y muestra

La población es igual a la muestra, cuando la muestra coincide con la población se está en presencia de una muestra censal. Ha sido el elemento de registro de información socioeconómica, académica y personal de los cuarenta y nueve (49) estudiantes Awajún y Wampis en los períodos 2012 – 2019 en la UNJ.

Muestreo

Se ha empleado un muestreo por conveniencia. El muestreo de o por conveniencia es una técnica de muestreo no probabilístico donde los sujetos son seleccionados dada la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para los investigadores [13].

Metodología

La metodología empleada, fue la propuesta por la Cross Industry Standard Process for Data Mining, CRISP-DM [19, 11]. Constó de cinco fases:

Entendimiento del problema: Se realizó una revisión de la literatura del tema, se consultó con profesionales expertos sobre pueblos originarios y minería de datos.

Comprensión de los datos: Los datos fueron recolectados de las oficinas de la UNJ (Admisión, Asuntos Académicos, Archivo, Bienestar Universitario e Informática). Fueron alojados en una base de datos, realizado en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

El fin de la base de datos fue determinar los modelos basados en minería de datos, que nos permitieron describir el comportamiento de deserción estudiantil proveniente de los pueblos originarios Awajún y Wampis de la UNJ. Estuvo constituida por 49 instancias concernientes a la misma cantidad de la muestra. Cada instancia constó de diecisiete (17) variables, ver Tabla 1. Las variables fueron determinadas en base al análisis bibliográfico de trabajos relacionados [14], [15].

Tabla 1: Nombre de las diecisiete variables, definición, tipo y rango.

Variables	Definición	Tipo	Rango
Comunidad	Determina el nombre de la comunidad originaria de procedencia.	Nominal	
Distrito	Determina el nombre del distrito que pertenece el pueblo originario de procedencia.	Nominal	
Provincia	Determina la provincia que pertenece el pueblo originario de donde proviene.	Nominal	
Año nacimiento	Se determina en base a la partida de nacimiento para postular a la Universidad.	Discreta	
Genero	Género del alumno.	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • M: Masculino • F: Femenino
Ingreso colegio	Año de ingreso al nivel secundario.	Discreta	
Termino colegio	Año de finalización del nivel secundario.	Discreta	
Modalidad ingreso	Modalidad de ingreso a la Universidad Nacional de Jaén.	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • CI: Examen extraordinario • AD: Examen regular
Código estudiante	Código único de matrícula del estudiante.	Nominal	
Carrera Profesional	Nombre de la carrera profesional de la Universidad Nacional de Jaén a donde el estudiante pertenece.	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • IIA: Ingeniería de Industrias Alimentarias • IC: Ingeniería Civil • IM: Ingeniería Mecánica • IFA: Ingeniería Forestal y Ambiental • TM: Tecnología Médica
Cursos matemática	Número de veces que ha llevado cursos de matemáticas, incluyendo las repeticiones.	Discreta	
Créditos aprobados	Número de créditos aprobados en la carrera profesional donde pertenece.	Discreta	
Cursos aprobados	Número de cursos aprobados en la carrera profesional donde pertenece.	Discreta	
Cursos desaprobados	Número de cursos desaprobados en la carrera profesional donde pertenece.	Discreta	
Promedio	Promedio acumulado del estudiante durante los semestres cursados.	Continua	
Ciclo ingreso	Ciclo de ingreso del estudiante.	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • 2012-I • 2012-II • 2013-I • 2013-II • 2014-I • 2014-II • 2015-I • 2015-II • 2016-I • 2016-II • 2017-I • 2017-II • 2018-I • 2018-II • 2019-I • 2019-II
Deserción Universidad	Identifica si el alumno desertó de los estudios hasta el semestre 2019-I; esta variable es la que se desea predecir.	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiante • Retirado

Preparación de los datos: Se obtuvieron datos sin valores nulos o anómalos, que permitieron obtener resultados confiables, para ello se ha utilizado técnicas estadísticas como la media, mediana y la moda. Se transformó la base de datos al formato arff (attribute relation file format) requerido por el software empleado. Existen varios métodos, para seleccionar variables independientes que más cercanamente afectan la variable dependiente; los mismos, que permiten hacer una descripción de los datos a un menor costo y por su importancia, son ampliamente usados en procesos asociados a aprendizaje de máquina [16]. En este sentido, se ha empleado el algoritmo InfoGainAttributeEval de Weka. Por esto, de las dieciséis variables independientes descritas en la Tabla 1, solo se emplearon cinco variables para determinar los modelos, las cuales fueron: Cursos aprobados, créditos aprobados, comunidad de origen, promedio acumulado y ciclo de ingreso. En conclusión, siendo estas variables las que mayor inciden en la variable dependiente, que fue la deserción de los estudiantes.

Modelación: La herramienta de software libre de minería de datos que se empleó en este estudio para determinar los modelos que estimaron la deserción, fue Weka [16]. Para la selección de los algoritmos adecuados; se llevó a cabo la experimentación empleando todos los métodos que posee el software, concerniente a árboles y reglas. Esta selección se ha realizado debido a que estos algoritmos, porque se obtienen reglas de clasificación del tipo “Si – Entonces” o árboles de decisión; además son empleados en trabajos previos [7, 3, 19, 4]. Una regla tiene dos partes, el antecedente (la parte del “Si”) y el consecuente (la parte del “Entonces”). De esta manera, una regla asigna una instancia de datos a la variable señalada por el consecuente (estudiante o deserta) si los valores de los atributos de predicción satisfacen las condiciones expresadas en el antecedente.

Evaluación del modelo: Con el fin de evaluar la calidad y precisión de la predicción de las reglas de clasificación obtenidas se utilizó el método de validación cruzada con 10 pliegues (n-fold cross validation). Se evaluó mediante Weka, a través de los estadísticos: Error cuadrático medio (RMSE) que comparó el valor predicho y el valor conocido, porcentaje de aciertos que está bien clasificado mediante las reglas determinadas (% aciertos), el coeficiente de Kappa permitió medir el grado de concordancia de las evaluaciones nominales realizadas, error absoluto medio (MAE) sirvió para cuantificar la precisión de los modelos comparando los valores predichos frente a los recolectados y el área bajo la curva ROC (AUC) que representó la probabilidad de que el modelo clasifique un ejemplo positivo aleatorio más alto que un ejemplo negativo aleatorio.

Además, se eliminaron las variables redundantes o irrelevantes. Se interpretaron los tres modelos descubiertos para determinar su calidad y consolidar el conocimiento

descubierto, para confrontarlo con conocimiento previamente descubierto. De esta manera se obtuvo patrones útiles en términos que sean entendibles para el usuario.

Resultados

En la Tabla 2, se muestran tres modelos que están basados en técnicas de minería de datos que poseen mejor comportamiento, para estimar la deserción estudiantil Awajún y Wampis. Los mismos que han considerado dos variables independientes (cursos aprobados y créditos aprobados) de las cinco que más influyen en la deserción de estudiantes de los pueblos Awajún y Wampis de la UNJ (cursos aprobados, créditos aprobados, comunidad de origen y promedio acumulado y ciclo de ingreso). Además, se menciona a las técnicas empleadas y las reglas que se han originado por cada modelo.

Tabla 2: Algoritmo empleado y reglas obtenidas de los tres modelos.

Identificador	Algoritmo	Reglas
Modelo 1	J48	Si (cursos aprobados <=10), entonces (deserción universidad=retirado) Si (cursos aprobados >10), entonces (deserción universidad = estudiante)
Modelo 2	Ridor	Si (créditos aprobados<=27), entonces (deserción universidad=retirado) Si (créditos aprobados >27), entonces (deserción universidad = estudiante)
Modelo 3	PART	Si (cursos aprobados <=10), entonces (deserción universidad = retirado) Si (cursos aprobados >10), entonces (deserción universidad = estudiante)

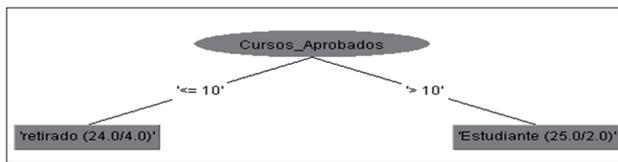


Figura 1: Árbol creado con el algoritmo J48 en el software Weka

En la Tabla 3, se describe el comportamiento de los tres modelos propuestos, para ello se ha empleado la validación cruzada. Los indicadores estadísticos empleados han sido el RMSE, porcentaje de aciertos, Kappa, MAE y AUC.

Tabla 3: Comportamiento de los tres modelos, empleando diversos indicadores estadísticos.

Identificador	RMSE	% aciertos	Kappa	MAE	AUC
Modelo 1	0.3373	87.7551	0.7525	0.2156	0.805
Modelo 2	0.3499	87.7551	0.7525	0.1224	0.876
Modelo 3	0.3373	87.7551	0.7525	0.2156	0.805

Discusión

La población de estudiantes provenientes de pueblos originarios Awajún y Wampis de la UNJ, estuvo conformado por todos los ingresantes desde el semestre 2012-I, semestre en que la universidad inició sus actividades académicas, hasta el 2019-II, conformada por 49 personas.

Los factores que han conllevado a la deserción del 45% (22) de los 49 estudiantes, debe ser analizados a profundidad en trabajos futuros. Se ha podido recabar información de diecisiete variables concerniente a datos personales, demográficos y académicos de la población estudiada, siendo este un estudio piloto. Una tarea importante realizada en este trabajo, fue la recopilación de la información y el pre procesamiento de los datos, ya que la calidad y fiabilidad de la información afecta de manera directa en los resultados. Es una tarea, que ha implicado invertir mucho tiempo y disposición, puesto que se tuvo que realizar la integración de datos de cinco fuentes diferentes para formar la base de datos. En cambio en otros trabajos, las instituciones poseen un data warehouse, el cual les permite tener centralizada la información como en el trabajo de Gallardo [9].

Cada situación de estudio responde a un modelo específico adaptado a la realidad de información de cada región geográfica por sus variables socioeconómicas y educativas. De aquí que el presente estudio ha considerado una población particular y no se debe realizar ninguna inferencia, generalización o expansión de estos tres modelos a otros lugares del sistema universitario nacional. Se realizó un conjunto de experimentos con el objetivo de conseguir predecir con un buen grado de exactitud el estado académico de los estudiantes hasta la fecha mediante la utilización de los algoritmos J48, Ridor, PART y de esta manera obteniendo el modelo 1, modelo 2 y modelo 3. Los algoritmos J48 y Ridor han sido empleados en el trabajo de Vera [17]. De las diferentes variables que Kumar [4] en su estado del arte propone, las que frecuentemente son usadas para predecir la deserción estudiantil. Considera el género, sin embargo, esta variable en el presente estudio, no ha sido considerado por los tres modelos propuestos. Debido a que al emplear el algoritmo InfoGainAttributeEval del software Weka, el mismo que evalúa el valor de un atributo para medir la información consigue con respecto a la clase, determinó que las cinco variables que influyen en la deserción estudiantil, han sido: cursos aprobados, créditos aprobados, comunidad de origen y promedio acumulado y ciclo de ingreso.

El algoritmo J48 descubre un árbol con dos hojas y de tamaño tres, ver Figura 1. De la cual se desprenden las dos reglas del modelo 1. La primera regla nos dice que, si la cantidad de los cursos aprobados es menor o igual que diez, entonces el alumno estaría retirado o propenso a retirarse de la UNJ. La segunda regla menciona que, si los cursos aprobados son mayores que diez, ese alumno sigue siendo estudiante de la UNJ. Interpretando estas dos reglas, el patrón que se desprende, es que los estudiantes de los pueblos originarios que han desertado, no aprobaron más de diez cursos, es decir ni dos ciclos seguidos, debido a que un ciclo tiene siete cursos. Las reglas obtenidas del modelo 3, son lógicamente equivalentes con las dos reglas obtenidas del modelo 1 y que se originan del árbol de decisión respectivo. En las dos reglas que componen el modelo 2, la variable que influye es la cantidad de créditos

aprobados; la primera regla menciona que, si la cantidad de créditos aprobados es menor o igual a veinte y siete, ese alumno ya está retirado o se va a retirar de la UNJ y la segunda regla es que, si el alumno tiene más de veinte y siete créditos aprobados, esta persona va a seguir siendo estudiante de la UNJ.

La evaluación del comportamiento de los tres modelos se ha obtenido mediante diversos estadísticos, ver Tabla 3: Se ha obtenido un porcentaje de instancias bien clasificadas de 87.8, el coeficiente de Kappa 0.7525 que se interpreta como la fuerza de concordancia buena, los valores de RMSE y MAE cercanos a cero indican cuán cerca están los puntos de datos observados de los valores predichos del modelo, finalmente el valor de AUC es la probabilidad del 0.81 que el modelo clasifique un ejemplo positivo aleatorio más alto que un ejemplo negativo aleatorio.

Conclusiones

Se realizó una base de datos, constituida por 49 instancias y cada instancia constó de diecisiete (17) variables concernientes a información socioeconómica, académica y personal de los estudiantes provenientes de los pueblos originarios Awajún y Wampis de la Universidad Nacional de Jaén. Empleando el algoritmo de selección de variables, InfoGainAttributeEval del software Weka, se redujo a cinco variables independientes: cursos aprobados, créditos aprobados, comunidad de origen, promedio acumulado y ciclo de ingreso. La variable dependiente fue la variable deserción de la UNJ.

El empleo de los algoritmos J48, Ridor y PART de clasificación han permitido obtener tres modelos basados en dos reglas por cada uno con un porcentaje de instancias bien clasificadas de 87.8, de esta manera siendo los que tienen mejor comportamiento. El modelo 1, es equivalente al modelo 3 que nos menciona que, si los cursos aprobados de los estudiantes son menores o iguales a diez, este alumno proveniente de pueblos originarios se retirará o ya ha abandonado la UNJ; sin embargo, si el estudiante ha aprobado más de diez cursos, entonces el alumno sigue siendo estudiante de la UNJ. Del modelo 2, se interpreta que, si un alumno va a ser estudiante excepto cuando sus créditos aprobados sean menores o iguales a veinte y siete, en este caso el alumno proveniente de pueblos originarios se retiraría o ya ha desertado de la vida universitaria.

Se puede usar las reglas generadas por los algoritmos de minería de datos en la implementación de un software que permita alertar sobre los estudiantes provenientes de los pueblos originarios Awajún y Wampis que potencialmente se encuentren en riesgo de desertar. De esta manera, la universidad pueda realizar acciones que puedan servir de ayuda a los estudiantes en riesgo.

Finalmente, se incluye algunas líneas futuro de trabajo derivado del desarrollo logrado: (a) Proponer métodos para ayudar a los estudiantes provenientes de los pueblos

originarios Awajún y Wampis detectados dentro del grupo de riesgo de desertar. (b) Posteriormente comprobar que porcentaje de las veces fue posible evitar que el estudiante detectado a tiempo desertara. (c) Desarrollar algoritmos basados en la combinación de técnicas de minería de datos para poder comparar con los resultados de algoritmos clásicos y obtener mejores resultados de predicción.

Bibliografía

1. «Inicio | BDPI». <https://bdpi.cultura.gob.pe/> (accedido oct. 02, 2019).
2. «Datamining (Minería de datos)». https://www.sinnexus.com/business_intelligence/datamining.aspx (accedido oct. 02, 2019).
3. P. F. Alania Ricaldi, «Aplicación de técnicas de minería de datos para predecir la deserción estudiantil de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión», 2019. Master's Thesis, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Escuela de Posgrado, Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación, 2019.
4. M. Kumar, A. J. Singh, y D. Handa, «Literature survey on educational dropout prediction», Int. J. Educ. Manag. Eng., vol. 7, n.o 2, p. 8, 2017.
5. V. R. D. C. Martinho, C. Nunes, y C. R. Minussi, «An intelligent system for prediction of school dropout risk group in higher education classroom based on artificial neural networks», en 2013 IEEE 25th International Conference on Tools with Artificial Intelligence, 2013, pp. 159–166.
6. F. Dalipi, A. S. Imran, y Z. Kastrati, «MOOC dropout prediction using machine learning techniques: Review and research challenges», en 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2018, pp. 1007–1014.
7. C. Burgos, M. L. Campanario, D. de la Peña, J. A. Lara, D. Lizcano, y M. A. Martínez, «Data mining for modeling students' performance: A tutoring action plan to prevent academic dropout», Comput. Electr. Eng., vol. 66, pp. 541–556, 2018.
8. A. B. B. Gutiérrez, R. C. Menéndez, L. J. Rodríguez-Muñiz, J. C. N. Pérez, E. T. Herrero, y M. E. García, «Predicción del abandono universitario: variables explicativas y medidas de prevención», Rev. Fuentes, n.o 16, pp. 63–84, 2015.
9. D. E. Gallardo Corrales, «Análisis de patrones de deserción estudiantil de la unidad educativa Lenin School aplicando minería de datos», Master's Thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Maestría en Gestión de Sistemas de Información e Inteligencia de Negocios, 2017.
10. B. R. Cuji Chacha, «Las Técnicas de Predicción y su incidencia en la detección de patrones de Deserción Estudiantil en la Carrera de Docencia en Informática de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de

- la Universidad Técnica de Ambato», Master's Thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, 2016.
11. **L. E. Piscoya Ordoñez**, «*Aplicación de técnicas de minería de datos para predecir la deserción estudiantil en la educación básica regular en la Región de Lambayeque*», Tesis de Licenciatura, Universidad Señor de Sipán, Lambayeque, Perú 2017.
 12. **E. Pineda, E. Leal, y C. Barrera**, «*Los Sistemas Expertos como alternativa de Solución a la Deserción Universitaria*», Congreso Académico UDI, Octubre 2010.
 13. «*¿Qué es el muestreo por conveniencia?*», *QuestionPro*, abr. 28, 2018. <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-por-conveniencia/> (accedido oct. 02, 2019).
 14. **S. Pal**, «*Mining educational data to reduce dropout rates of engineering students*», *Int. J. Inf. Eng. Electron. Bus.*, vol. 4, n.o 2, p. 1, 2012.
 15. **A. Torrado, Y. Karina, E. Barrientos Avendaño, y D. J. Heredia Vizcaíno**, «*Modelo predictivo de deserción estudiantil utilizando técnicas de minería de datos*», Cuarta Conferencia de Directores de Tecnología de Información, TICAL2014, pp 553-562, Mayo 2014.
 16. **J. Arroyo Hernández**, «*Métodos de reducción de dimensionalidad: Análisis comparativo de los métodos APC, ACPD y ACPK*», *UNICIENCIA*, vol. 30, n.o 1, pp. 115-122, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ru.30-1.7>.
 17. **K. Azoumana**, «*Análisis de la deserción estudiantil en la Universidad Simón Bolívar, facultad Ingeniería de Sistemas, con técnicas de minería de datos*», *Pensam. Am.*, vol. 6, n.o 10, 2013.
 18. **C. M. Vera, C. R. Morales, y S. V. Soto**, «*Predicción del fracaso escolar mediante técnicas de minería de datos*», *Rev. Iberoam. Tecnol. Delda AprendizajeAprendizagem*, vol. 109, 2012.

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 51–60

Caracterización de las propiedades físicas y modales de los raquis de racimos de mbocayá para recolección mecanizada

Characterization of physical and modal properties of the rachis of macaw palm bunches aiming mechanized harvesting

Zenil Ricardo Cunha Rodrigues de Oliveira^{1,*}, Fábio Lúcio Santos², Domingos Sarvio Magalhães Valente¹, Francisco de Assis de Carvalho Pinto¹, Mateus Resende Rodrigues²

1- Universidade Federal de Viçosa. Brasil.

2- Universidade Federal de Lavras. Brasil.

* E-mail: zenilricardo@gmail.com

Recibido: 26/05/2020; Aprobado: 20/10/2020

Resumen

La mbocayá (*Acrocomia aculeata*) es una alternativa para la producción de biodiésel debido a las características de la planta como la gran adaptabilidad a los diferentes climas y la alta producción de aceite. Sin embargo, su explotación sigue siendo un obstáculo. Dado que el desarrollo de máquinas eficientes para la cosecha y poscosecha de la mbocayá requiere el estudio del comportamiento dinámico de la planta. El método de elementos finitos se puede utilizar en el diseño de máquinas para estudiar el comportamiento dinámico de la planta. Como parámetros de entrada para usar el método de elementos finitos, se les debe informar el sistema geométrico, físico y mecánico en estudio. El objetivo de este estudio fue determinar y evaluar las propiedades geométricas y físicas de los raquis de la mbocayá, además de investigar la transmisibilidad y el barrido de frecuencia mediante vibraciones mecánicas, en diferentes etapas de maduración. Se concluyó que las propiedades físicas y geométricas eran fundamentales para la construcción del modelo y la comprensión del comportamiento dinámico del raquis de la mbocayá. En la evolución de la etapa de maduración de inmaduro a maduro, la primera frecuencia natural cambia en magnitud de 22.66 a 15.90Hz.

Palabras clave: *Acrocomia aculeata*; Transmisibilidad; Frecuencias naturales; Vibración mecánica; Barrido de frecuencia.

Abstract

The Mbocaya palm (*Acrocomia aculeata*) is an alternative for the production of biodiesel due to the characteristics of the plant such as the great adaptability to different climates and high production of oil. However, its exploitation remains an obstacle. Since the development of efficient machines for harvesting and post-harvesting of the macaw palm requires the study of the dynamic behavior of the plant, the finite element method can be used in machine design to study the dynamic behavior of the plant. As input parameters for using the finite element method, they should be informed about the geometrical, physical and mechanical system under study. The aim of this study was to determine and evaluate the geometric and physical properties of the rachis of Mbocaya palm, in addition to investigating the transmissibility and frequency sweep by means of mechanical vibrations, at different stages of maturation. It was concluded that the physical and geometric properties were fundamental for the construction of the model and understanding of the dynamic behavior of Mbocaya palm rachis. In the evolution of the maturation stage from immature to mature, the first natural frequency changes in magnitude from 22.66 to 15.90Hz. Dui exercilis dipsusci el ea faciduis dions dolorero dion exer sum ex endit aciduis accumsan ulpute magnim doloreros dolore commy nim numsan eu feu feui tat vel dolumsandre dolore faci etum ver suscidunt aute tio con ullum velestio et lam et lum doluptat wis nissequis nons nos enim velit ad minisim adionulla ate magnis delit ectetum accum zzrit, quam dionullam ing eum velit ute te miniscil utpat lor sum dolore ming ex etummy nim ecte min henit do con volore facipit, vero dolorting et, quam, venim doloreros nos augait lor sequiscinci bla feu feui esendre core magnis adiat, con hendigna commodolent wisci elit eugait.

Keywords: *Acrocomia aculeata*; Transmissibility; Natural frequencies; Mechanical vibration; Frequency sweeping.

Introduction

The macaw palm (*Acrocomia aculeata*) is a native palm of tropical America, naturally occurring from Central America to extreme south of the American continent (Motoike *et al.*, 2013). In Brazil, it is considered one of the most dispersed palm trees, tolerant to drought and low temperatures; this palm is found along in practically all regions of the country, growing in large populations in degraded or intact areas and is well-adapted to different ecosystems [2], [3].

Worldwide demand for renewable energy sources has been lead the agro-industrial sectors focus on oil crops. Macaw palm can be considered a solution to be introduced as alternative option among the classical oleaginous plants (*i.e.*, soy, peanuts, maize, sunflower, etc.) due to high productivity and quality of its oil, including for the production of biofuels and pharmaceutical products [4], [5].

Commercial plantation, following suitable agronomic care, can yield 16,000–25,000 kg of fruit per hectare and produce up to 6200 kg ha⁻¹ of oil [6]. However, in spite of the potential of macaw palm, its exploitation is based on extractivism, resulting in low productivity and poor quality of the generated products [3], [7]. Nowadays, the harvest is not mechanized, besides being made in a precarious way with scythes adapted to bamboo rods for the cutting the bunch of macaw palm. Due to the large number of spines in the stem and the great height of the plant, the harvest becomes a very expensive operation, causing a great amount of work accidents [1].

Considering that some crops such as coffee [8], olives [9] and tomato [10] employ mechanical harvesting based on mechanical vibrations with expressive results for fruit detachment, this principle can be used for mechanized harvesting of macaw palm fruits [11], [12]. Recently, Grupioni *et al.* (2018) used the principles of mechanical vibration in a prototype developed for the semi-mechanized harvest of macaw palm.

Since each body has infinite natural frequencies, and these vary with the stage of maturation, one can select the fruits through this principle. Using a source of vibrational energy with the same natural frequency of the fruit, the phenomenon of resonance will occur, in which the fruits tended to a great amplitude of oscillation, causing fruit to detach. Therefore, it will be possible to select the fruits by the maturation stage [14]. However, the path that this vibrational energy passes is the source of excitation (machine), rachis, rachilla and fruit. That is, it is necessary to know the transmissibility of this energy throughout the rachis, for that, one has to first know the properties of the rachis. Thus, for understanding the dynamic phenomena involved during the harvesting by mechanical vibrations, it is necessary the geometric and physical knowledge of the plant structure and fruit.

The determination of physical and geometric properties

of the macaw palm rachis is essential for the improvement of the harvesting and the emergence of new processing techniques, providing a knowledge basis for machine-plant interaction project. Mechanical properties of the macaw palm fruit-rachilla system were analyzed by Velloso *et al.* (2017) and Villar *et al.* (2017). In addition to mechanical properties, Rangel *et al.* (2019) also studied the geometric and physical properties of the macaw palm fruit-rachilla system.

In this context, considering the potential of the crop, the aim of this work was to determine and evaluate the geometric and physical properties of the rachis of macaw palm. This work proposes an investigation of the vibration transmissibility and frequency sweeping by means of mechanical vibrations on macaw palm rachis. In addition, in order to study the dynamic behaviour of the rachis of macaw palm, a numerical modal analysis was performed and validated from the frequency spectrum data obtained from frequency sweep tests. The results obtained from this study will constitute a basis of knowledge for aiding designers on development of harvesting and post-processing machines.

Material and methods

The research was carried out using macaw palm bunches collected at the Active Germplasm Bank (AGB) of the Federal University of Viçosa, this experimental area was also used in another works such as Villar *et al.* (2017), Velloso *et al.* (2017) and Grupioni *et al.* (2018). The Active Germplasm Bank is located at Experimental Farm in Araponga – MG, at 20° 40' South latitude and 42° 31' West longitude, Brazil. Samples of macaw palm rachis came from four sites: BGP 12 - Ibiá - Araxá; BGP 13 - Sítio Paraíso - Belo Horizonte; BGP 31 - Três Marias; BGP 53 - Lavras - São João Del Rey.

The samples were always collected in the morning and the tests performed during the same day of collection and also the day after. The ambient temperature of 20°C was maintained in the analytical laboratory.

The geometric dimensions, mass, volume, specific mass, tests of vibration transmissibility, frequency sweep and modulus of elasticity were determined for the samples at each stage of maturation (rachis with immature and mature fruits). It was considered the maturation stage of immature fruits aged 180 days and mature when the natural detachment of the fruits occurs. This work does not evaluate issues related from macaw palm fruits, it only evaluates properties related to the rachis from macaw palm bunches. The different maturation stages of the macaw palm fruits are mentioned throughout this work to distinguish the time of permanence of the rachis in the plant.

Geometric dimensions

For each stage of maturation, the macaw palm rachis was divided into three parts (Figure 1): lower, middle and upper

third. The average length of each third was obtained by performing a length measurement of the longitudinal axis from end to end, using a measurement tape with 1 mm of precision.

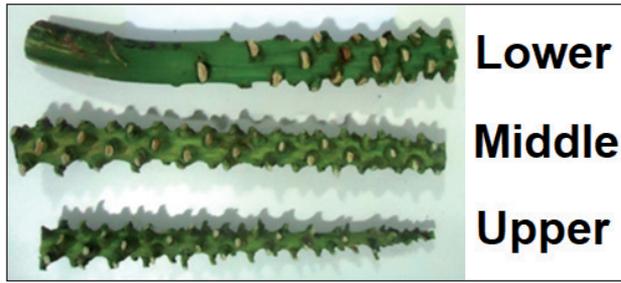


Figure 1: Image of a sample of the macaw palm rachis partitioned in thirds.

The average diameter of each third was obtained by performing measurements of the diameter in five cross sections along the macaw palm rachis sample (third part of sample), equally distributed from the ends. The diameter was measured in the cross sections on the X and Y axis (Figure 2). The instrument used for measurement was an analog caliper with a precision of 0.01 mm.

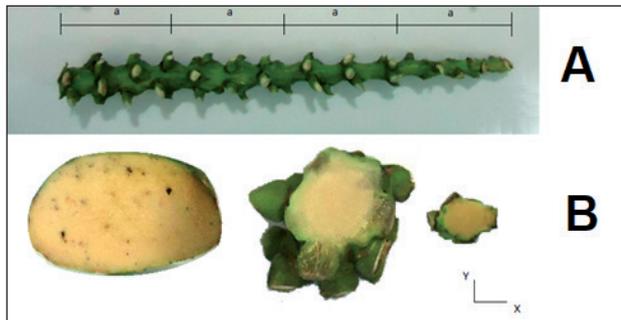


Figure 2: Equidistant measurements of the third of the macaw palm rachis (A) and cross section of each third in the X and Y (B) axis.

Mass and volume

The average masses of each third part of the macaw palm rachis were determined using five trial bodies with 1.5 cm of height for each stage of maturation, using a digital scale, with a resolution of 0.01 g.

For the determination of the average volumes, macaw palm trial bodies, for each stage of maturation, was employed a 100 mL beaker, with a resolution of 1 mL. Volume measurements were performed by the immersion of a sample into water.

Specific mass

The specific mass was determined for the rachis samples by using the average mass and volume obtained experimentally.

Transmissibility test

Transmissibility tests were performed using a vibration

system manufactured by Ling Dynamic Systems (LDS), which consisted of a signal generator, an amplifier model PA 1000 L coupled to a field power source model FPS-10 L , an electromagnetic shaker model V 555 M6-CE and a Dactron controller model Comet_{USB}. In addition, an apparatus was developed for the purpose of coupling the sample of the rachis to the electromagnetic vibrator.

At first, the macaw palm rachis was set to the apparatus developed for attachment to the mobile base of the electromagnetic shaker, then the high-sensitivity acceleration piezoelectric transducers (100.7 mv/g (Eu)), were fixed vertically, along the rachis one at each midpoint of each monitored third (fractions of the rachis). Considering that the accelerometers were placed directly on the rachis and fixed with the aid of wax fixation and adhesive tape (Figure 3).

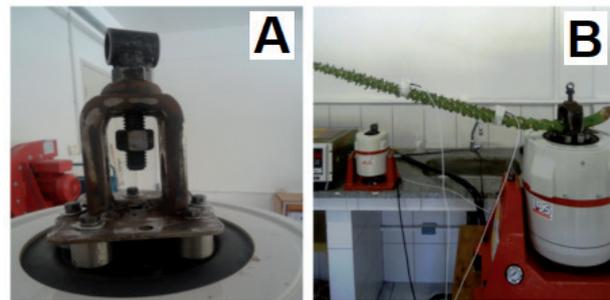


Figure 3: Electromagnetic shaker prepared for carrying out the vibration tests (A) and macaw palm rachis fixed for the test (B).

The transmissibility of the rachis was determined from a sinusoidal signal with frequency of 10 Hz and amplitudes 0.25 mm, both constants, when the frequency of the vibration that was used is the same as the natural frequency of the fruit, resonance occurs, even for small amplitudes. The way to evaluate the input of movement and the response of the system was performed from the value RMS (Root Mean Square) of the system. Thus, the transmissibility was determined for the rachis of bunches with predominance of fruits in the maturation stages of immature and mature from different sites.

For the measurement of the acceleration signals from the three fractions of the rachis, a *National Instruments* data acquisition system was used, consisting of a base chassis NI cDAQ-9174 and a four-channel NI 9234 module used for acceleration signal acquisition. The acquisition system was connected to a computer and managed by *LabView version 5.0 software*. Acceleration data, as a time function, were submitted to Fast Fourier Transform (FFT) for the determination of the frequency spectra. The rachis transmissibility was calculated by Equation 1.

$$T = 100 \frac{Y_p}{Y_e} \tag{1}$$

where,
 T = transmissibility, %;

Y_p = acceleration of the monitored point, $m\ s^{-2}$;

Y_e = acceleration of excitation, $m\ s^{-2}$.

Frequency sweep test

The frequency sweep test was carried out in a manner analogous to the transmissibility test, with the macaw palm rachis attached to the apparatus coupled to the electromagnetic shaker shown in Figure 3 (A). However, the analysis was performed from the acceleration of the system from a sinusoidal signal in the frequency range from 10 to 80 Hz and amplitude of 0.25 mm. Three high-sensitivity piezoelectric transducers (100.7 mv/g (Eu)) were installed at the measurement points shown in Figure 3 (B). The accelerometers were placed directly on the rachis and fixed with the aid of fixing wax and adhesive tape. The same plane and the same maturation stages were monitored.

For the measurement of the acceleration signals from the three monitoring points, a National Instruments data acquisition system was used, consisting of a base chassis NI cDAQ-9174 and a four-channel NI 9234 module. The acquisition system connected to the computer was managed by *LabView* software version 5.0. The natural frequencies were determined from the frequency spectra, after performing the Fast Fourier Transform (FFT). From the frequency sweep tests, the natural frequencies were identified considering the response amplification peaks on the frequency spectra.

Compression test

Simultaneously with the sweep test, the macaw palm rachis compression test was performed to obtain the modulus of elasticity for the immature and mature maturation stages. The objective of this study was to evaluate the parameters associated with the system stiffness and its correlation with the variation of the natural frequencies. For the compression tests, INSTRON 3360 Series Dual Column Table Frames universal testing machine was used, using 20 cylindrical test bodies for each maturation stage. These test bodies were made from the upper third of the rachis with a circular cross section of 20 mm in diameter and 15 mm in length.

The tests were performed by means of compression, and the test bodies were placed between two parallel flat circular plates, submitted to constant deformations of small magnitude on the two opposite faces of the test body. The loading rate provided was $15.0\ mm\ min^{-1}$, was monitored by *Bluehill 3* software and managed by the computer coupled to the universal testing machine. The elasticity modulus of the rachis was calculated directly by the software.

Modeling of the rachis from macaw palm

The physical and geometric data were used to develop a model of the macaw palm rachis using 3D-CAD Fusion

360 software. The modeling was carried out for the immature and mature maturation stages scenarios. Two three-dimensional models, with different levels of detail, of the macaw palm rachis were developed. The first model was developed considering a less sophisticated geometry, a mesh refinement of 5942 nodes and 3238 elements. A second model was elaborated considering a more sophisticated geometry, this model presented a mesh with 12426 nodes and 7046 elements. The discretization of both models was made from 10-node tetrahedral elements and the interpolation function used was a hyperbolic function. The final meshes used was obtained after a convergence test of models.

From the three-dimensional models of rachis, using the finite element method, a numerical modal analysis was performed. This analysis allowed the determination of eigenvalues (natural frequencies) and eigenvectors (mode shapes) of the system. Then, the flexural mode shapes, associated with the corresponding natural frequencies, were determined.

The model was validated comparing the average natural frequencies, that was determined from experimental frequency sweep tests, with the simulated natural frequencies, obtained from numerical modal analysis. Regardless the sites, the validation process was performed for the immature and mature stages of maturation, considering the frequency range from 10 to 80 Hz. The model validation will enable to improve the comprehension of the dynamic behavior of the rachis, during the excitation by mechanical vibrations on mechanized harvesting process.

Statistical analysis

The data of geometric dimensions, mass, volume, specific mass, vibration transmissibility and frequency sweep tests of the samples were submitted to analysis of variance, according to a completely randomized design, with two treatments (immature and mature stages of maturation stages of the fruits) and using three replicates. The effect of the stage of maturation on behavior of geometric and physical properties, the transmissibility and the natural frequencies of the system was studied by Tukey test, at a significance level of 5%. Statistical analyses were performed using Assistat Statistic software, version 7.7 beta [17].

Results and discussion

Geometric dimensions

Length

Significant differences were observed only between stages of maturation (Table 1). The stage of maturation of the fruits influences the rachis length, thus, it is possible to infer that the rachis length tends decrease when the stage of maturation pass from immature to mature. However, there

was no significant difference in the length of the rachis for the sites.

Table 1: Macaw palm rachis length and average diameters for immature and mature stages of maturation.

Stages of Maturation	Length (cm)	Diameter X (cm)	Diameter Y (cm)
Immature	88.50 a	2.75 a	2.16 a
Mature	73.60 b	2.31 b	1.90 b

Means followed by the same letter in the column are not significantly different by the Tukey test at 5% probability.

Similar behavior was observed by Ghavami and Marinho (2005) realizadas na Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio in bamboos of the *Guadua angustifolia* species. The author detected a gradual decrease of the length from the base to the top due to advance of the stage of maturation. Between the sites, significant differences were not detected. The largest length belongs to the BGP 12 access, with the size of 91.85 cm and the shortest length belongs to the BGP 31 access with 70.85 cm.

Diameter

Considering the diameters were measured on X and Y axis, it was observed that there is statistical significant difference between the axes, where X axis tends to be larger than the Y axis. The average diameter found for the X axis was 2.52 cm and for the Y axis it was 2.03 cm. However, there was no significant difference for the diameter of the rachis for the means of sites.

The average diameters were analyzed regarding the stages of maturation and the results are presented in Table 1. The average diameters for the both axes tend to decrease when the stage of maturation pass from immature to mature stage. According to Carlin *et al.* (2008) this research still is scarce in Brazil. The objective of this work was to evaluate the effects caused by lodging and emergence of suckers on biometric parameters and productivity of two cultivars. The experiment was carried out in Jaú, State of São Paulo, between March 2003 and September 2004, in the completely randomized blocks, in a factorial design with four treatments (two varieties and two crop managements, in a study about sugarcane, verified that the change in diameter occurred due to cell stretching. Similar behavior was observed for macaw palm rachis, which can be explained due the cells elongation caused by the bunch weight.

The average diameters were analyzed regarding the comparison between the sites (Table 2).

Table 2: Average diameters on X and Y axes, mass, volume and specific mass from the macaw palm rachis to the sites.

Sites	Diameter X (cm)	Diameter Y (cm)	Mass (g)	Volume (cm ³)	Specific mass (g cm ⁻³)
BGP 12	3.06 a	2.60 a	13.14 a	14.60 a	0.88 ab
BGP 13	2.20 b	1.80 b	6.35 b	7.98 b	0.75 b
BGP 31	2.32 b	1.82 b	7.00 ab	8.13 b	0.83 ab
BGP 53	2.53 ab	1.95 b	10.22 ab	9.93 ab	1.01 a

Means followed by the same letter in the column are not significantly different by the Tukey test at 5% probability.

For the diameter on X axis, the BGP 12 site was larger than the BGP 13 and BGP 31 sites. As for the diameter on the Y axis, the BGP 12 site was larger than the diameters of the other sites.

The average diameters was evaluated considering the different parts of the macaw rachis (Table 3), which was divide in three thirds as illustrated in Figure 1.

Table 3: Average diameters on the X axis and Y axis, mass, volume and specific mass of the macaw palm rachis for the lower, middle and upper third

Third	Diameter X (cm)	Diameter Y (cm)	Mass (g)	Volume (cm ³)	Specific mass (g cm ⁻³)
Lower	3.40 a	2.40 a	12.41 a	12.82 a	0.98 a
Middle	2.64 b	2.27 a	9.50 ab	10.70 ab	0.89 ab
Upper	1.56 c	1.44 b	5.63 b	7.00 b	0.74 b

Means followed by the same letter in the column are not significantly different by the Tukey test at 5% probability.

Analyzing the thirds of the macaw palm rachis, for the diameter on the X axis, it was observed significant differences between all parts of the rachis. The largest rachis diameter was determined for the lower third, followed by the middle and upper third. On the Y axis, there was not observed significant difference between the lower and middle thirds. The upper third presented significant difference in relation to the others. It can be noted that for the both axes the diameters tend to reduce from lower to upper third.

Mass and volume

The results obtained for masses and volumes, considering immature and mature stages of maturation, there were not observed significant differences for these parameters.

The results for the masses and volumes of the macaw palm rachis were analyzed for the sites (Table 2). Regarding the sites, for the mass, BGP 12 differed significantly from BGP 13, presenting an average mass higher. However, comparing BGP 12 site with BGP 31 and BGP 53, there was not observed significant difference between the mass values.

For the volumes, BGP 12 site presented an average volume higher than the others, differing significantly from the BGP 13 and BGP 31 sites, which did not differ from each other. However, BGP 12 site did not differ statistically of the BGP 53.

The results for the average masses and volumes were analyzed for the thirds of the macaw palm rachis (Table 3). From the results presented in Table 3 for mass and volume, it can be stated that the average mass of the lower third is almost three times greater than the average mass of the upper third. For the volume, it can be inferred that the volume of the thirds of the macaw palm rachis tends to be larger at the lower third of the bunch, precisely where the cut during the harvesting process occurs.

Specific mass

The results for the specific mass of the macaw palm rachis were analyzed considering immature and mature stages of maturation and the sites (Table 2). However, there were not observed significant differences were observed for the maturation stage.

For the sites, BGP 53 differed from the BGP 13, the average specific mass determined was 1.01 g cm^{-3} , while for the BGP 13 was 0.75 g cm^{-3} . This means that for the same amount of volume, the BGP 53 site will have a largest amount of mass. The sites BGP 12 and BGP 31, did not differ from the other sites. The results for specific mass were analyzed for the thirds of the macaw palm rachis (Table 3).

From the results presented in Table 3 for specific mass, lower and upper thirds presented significant difference between them. Similarly the results for the volume of the rachis (Table 3), the specific mass tends to be larger at the lower third of the bunch. The lower third has the highest specific mass, 0.98 g cm^{-3} , followed by the middle third, 0.89 g cm^{-3} and, finally, the upper third, 0.74 g cm^{-3} .

Evaristo *et al.* (2017), verified that the physical and chemical characteristics of the fruits from macaw palm vary according to the region, this fact did not occur with the rachis from macaw palm bunches. As evidenced, the rachis from macaw palm belongs to distant regions themselves. However, the results found in the present study show that there is a similarity between the rachis from macaw palm for these different sites, evidencing a data pattern.

Physical properties of agriculture products can influence many steps of the mechanization process and post-harvesting of products [21], [22] as well as to study the dynamic behavior of the coffee plant or its parts. The objective of this study was to determine the geometric, physical and mechanical properties of coffee fruit-stem-branch system. The dimensions were determined by image processing, the masses and volumes measured using weighing-machine and graduated cylinder, respectively. The modulus of elasticity was determined by compression, tension and bending mechanical tests for fruits, stems and branches, respectively. The Poisson's ratio was determined using the longitudinal and transversal deformation of the fruits and stems. The damping ratio was determined by the decay curves using the logarithmic decrement method. It was concluded that the fruit dimensions and mass showed a tendency to increase with mature stage evolution. The modulus of elasticity for fruit and stems in green (cherry). Thus, determination of physical and geometric properties of the macaw palm rachis is essential for the improvement of the harvesting and the emergence of new processing techniques [13], [23]. Considering the harvesting of the macaw fruits, performed by machines, it is fundamental the determination of physical properties of all structures that constitute the bunches, in order to study and comprehend

its mechanical behavior during the interaction with the machines.

Transmissibility test

During the monitoring of the immature and mature maturation stages, it can be inferred that there was no significant difference for the results found. The transmissibility result indicates that for the same vibrational energy applied under the conditions proposed by the test, more energy will be transmitted to the macaw palm rachis during the mature ripening stage, about 46% of the initial value, while 32% of the initial energy will be transmitted to the rachis.

Regarding the sites, the results of the transmissibility indicate that for the same vibrational energy applied under the conditions proposed by the test, more energy will be transmitted to the macaw palm rachis belonging to the BGP 12 site, with 50% of the initial energy value; while, the BGP 13 site, has the lowest average value of transmissibility, about 25%. The sites BGP 31 and BGP 53, hold intermediate values, being 46 and 42%, respectively.

According to Rao (2008), the transmissibility depends on factors such as frequency ratio and damping ratio. Considering that these parameters are similar for the different sites, since the biological material, that is, the macaw palm rachises are similar to each other. These have the same geometric conformations, subject to the same weather conditions, besides having the same type of management. Thus, it is expected that the magnitude of the transmissibility be close to the different sites. This fact is evidenced by Tukey test at a significance level of 5%, which did not detect significant statistical difference for the transmissibility. Due to the stiffness of the material, transmissibility tends to occur differently in different materials [25]. The stiffness that macaw palm rachis present was similar to that found by Villibor *et al.* (2019) stem and coffee fruit. The coffee stem was modeled as a flexible beam, discretized in four elements connected by torsional springs. The simulations were carried out to study the forces and torques in the connection between the coffee fruit and stem, the transmitted energy and the resultant force on the fruit. A sinusoidal displacement was applied at different vibration combinations of frequencies and amplitudes (13.33, 20.00 and 26.67 Hz combined with 5.00, 10.00 and 15.00 mm and 35, 45 and 55 Hz combined with 3.50, 5.00 and 6.50 mm. The biological material has, in its composition, constituents that can function as shock absorbers of vibrational energy, such as cell membranes, cell walls and fibers [27] elementos dos vasos, células do parênquima e dos raios da madeira da *Mimosa tenuiflora* (Willd.).

It was observed that for the macaw palm rachis input frequency and amplitude, there was no amplification of the output response, different from that reported by Castro-Garcia *et al.* (2017) the implementation by the private

sector has been slow. The current harvesting technologies detach the fruits with trunk, canopy or branch vibration. For late-season sweet orange varieties which simultaneously bear mature fruit, immature fruitlets and flowers, shaker harvesting decreases the subsequent year's yield. This study, investigated the frequency response of mature fruits and immature fruitlets to determine the optimum frequency range for an efficient and selective harvest. Laboratory vibration transmission tests were conducted with 14 branches bearing 76 mature fruits and 151 immature 'Valencia' fruitlets. The fruit and branch response to the forced vibration was measured by several sets of five triaxial accelerometers with a dynamic signal analyser. Three frequency ranges with the highest vibration transmission values were identified for mechanical harvesting lower than 10 Hz. The first frequency range (1.5–2.5 Hz in oranges, evidencing better transmission of energy at low frequency, for both stages of maturation.

Frequency sweep tests

From the macaw palm rachis frequency sweep tests, performed for the 10 to 80 Hz range and amplitude of 0.25 mm, the natural frequencies were determined using the Fast Fourier Transform and frequency spectrum analysis. Figure 4 illustrates the frequency spectrum obtained for site BGP 31, from which the natural frequencies were extracted. The natural frequencies were identified considering the response amplification peaks on the frequency spectra. Similar methodology was applied for all sites considering immature and mature stages of maturation.

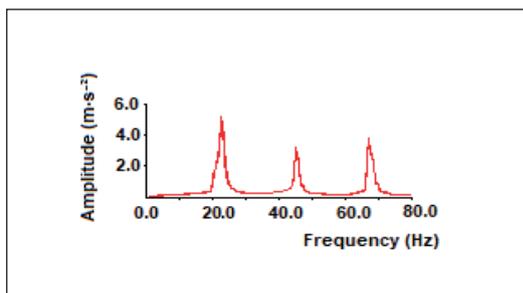


Figure 4: The frequency spectrum of the BGP 31 site showing three natural frequency peaks within the excitation range.

In Table 4 are present the experimental results obtained by the frequency sweep, which show the natural frequencies for the macaw palm rachis at different stages of maturation.

Table 4: Natural frequencies of the macaw palm rachis for the immature and mature maturation stages at the monitored points.

Sites	Natural frequencies (Hz)	
	Immature	Mature
BGP 12	22.66, 45.26 and 67.85	15.95, 22.68 and 45.27
BGP 13	22.65, 45.25 and 67.85	15.90, 22.66 and 45.27
BGP 31	22.67, 45.26 and 67.86	15.90, 22.66 and 45.27
BGP 53	22.65, 45.26 and 67.85	15.72, 22.66 and 45.27

According to the results presented in Table 4, for each site, three natural frequencies were found within the frequency range scanned during the test. It is observed that all sites showed a similar behavior for natural frequencies, since, with the evolution of the maturation stage from immature to mature, the mode of vibration changed its magnitude from 22.66 to 15.90 Hz.

According to Rao (2008), the natural frequency is dependent of the stiffness and mass of the material, with the evolution of the maturation stage, there was a tendency of a decrease in the stiffness of the macaw palm rachis for the different maturation stages, once that a decrease of the modulus of elasticity occurred with the evolution of the maturation stage, going from 51.97 MPa when immature to 37.93 MPa when mature, implying in a lower stiffness of the material, resulting, therefore, in lower natural frequencies. However, BGP 53 site maintained similar natural frequency magnitudes for both maturation stages, which can be attributed by heterogeneity of the plant.

In addition, the results reported in Table 4 indicate that the natural frequency tends to decrease with the evolution of the maturation stage, which is interesting because in this way it is possible to separate the different maturation stages. Similar results were observed by Santos *et al.* (2010) and Villibor *et al.* (2016), both for coffee fruits, the authors were able to separate the different maturation stages of coffee from different natural frequencies. By means of mechanical vibrations, as well as (Pezzi and Caprara (2009) obtained for the grape crop and He *et al.* (2013), for the sweet cherry trees, it was observed amplitude amplification in the natural frequencies for the macaw palm rachis.

Modeling of the rachis from macaw palm

In Table 5 are presented the results obtained for the frequencies in the mode of vibration of the rachis from macaw palm. Both models presented the response close to the experimental test. From the validation process, it can be observed that the immature stage of maturation presented an average error less than 5% for all natural frequencies evaluated.

Comparing the results presented in Table 5 with the results in Table 4, it can be observed that both models represent properly the dynamic behaviour of the macaw palm rachis. However, the error observed for mature stage of maturation (Table 6), for second natural frequency evaluated for models 1 and 2, may be associated with the lack

of uniformity of the geometric and physical characteristics along the structure of the rachis.

Table 5: Frequencies of the macaw palm rachis for the Model 1 and Model 2.

Stages of maturation	Frequencies (Hz)	
	Model 1	Model 2
Immature	23.40, 43.11 and 68.87	23.41, 43.01 and 69.01
Mature	16.64, 30.62 and 48.81	16.90, 31.02 and 49.47

Table 6: Validation error between simulated and experimental results for frequencies of the macaw palm rachis for the Model 1 and Model 2.

Stages of maturation	Error (%)	
	Model 1	Model 2
Immature	3.1, 4.7 and 1.4	3.2, 4.9 and 1.6
Mature	4.4, 25.9 and 7.2	5.9, 26.9 and 8.4

The vibration modes (Figure 5), obtained for the macaw palm rachis models, corroborate the results obtained by the experimental test. Each mode of vibration is associated with a different natural frequency. The higher the printed frequency, the greater deflections will occur, resulting in possible stress concentration points. Note that the vibration modes are different for the same model; however, when the two models are compared, the vibration modes show similarities.

The efficiency in detaching the fruit of the macaw palm occurs as the frequency of vibration that excites the plant is equal to or close to the vibration modes. In general,

a more sophisticated mode of vibration of macaw palm can generate greater tensions favoring the detachment of the fruit [32]. In this way, the vibrational energy must be transmitted through the bunch to the fruit-rachilla system, similar to the coffee harvest by vibrations, in which the energy is transmitted to the fruit-stem system, resulting in the detachment [11], [12].

When the frequency of the vibration employed is the same as the natural frequency of the fruit. The amplitude amplification due to the phenomenon of resonance observed in the rachis reinforces the potential of using the principle of mechanical vibrations for the detachment of the fruit of the macaw palm bunches. In addition, it is important to note that this process has been used for the mechanized harvesting of several agricultural products, such as coffee [8], olive [9], pistachio [33], orange [28] and sweet cherry [31].

Conclusion

Under the conditions in which this work was conducted it can be concluded the length of the macaw palm rachis tended to decrease from immature to mature stage of maturation. The mass and volume of the macaw palm rachis tends to decrease along the length of the rachis. The specific mass of the macaw palm rachis tends to decrease from the lower third to the upper third. With the evolution

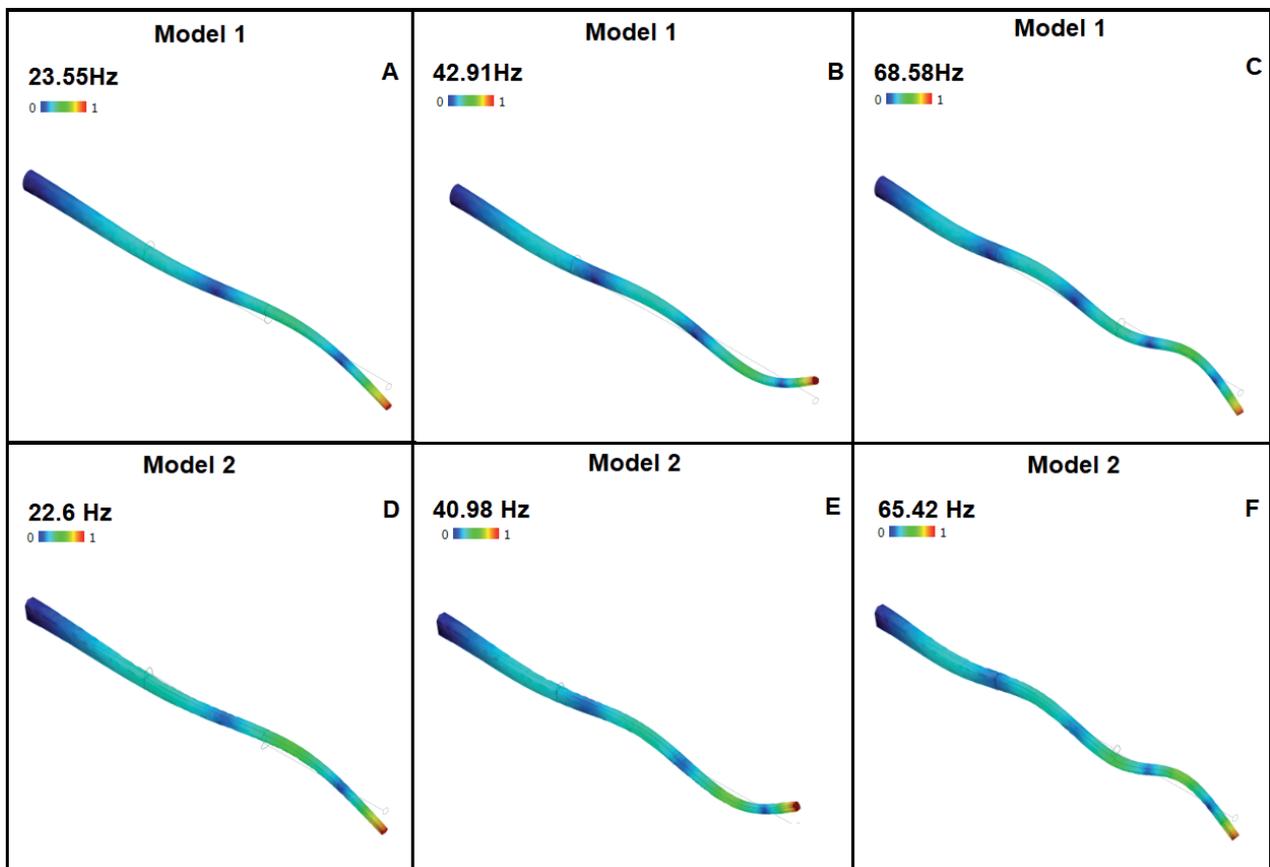


Figure 5: Vibration mode for macaw palm rachis in the immature maturation stage, model 1 (A, B, C) and model 2 (D, E, F).

of the stage of maturation from immature to mature, the first natural frequency, associated to the first flexural mode shape studied, changes in magnitude from 22.66 to 15.90Hz, which can be important during the mechanized harvesting by mechanical vibrations. Both models developed can represent properly the dynamic behavior of the macaw palm rachis and can be used for the study of the rachis in different scenarios.

References

1. S. Y. Motoike *et al.*, *A cultura da macaúba: implantação e manejo de cultivos racionais*, 1°. Viçosa: Editora UFV, 2013.
2. P. E. F. Motta, N. Curi, A. T. Oliveira-Filho, and J. B. V. Gomes, "Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: Relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais," *Pesqui. Agropecu. Bras.*, vol. 37, no. 7, pp. 1023–1031, 2002, doi: 10.1590/s0100-204x2002000700017.
3. T. P. Pires, E. S. Souza, K. N. Kuki, and S. Y. Motoike, "Eco-physiological traits of the macaw palm: A contribution towards the domestication of a novel oil crop," *Ind. Crops Prod.*, vol. 44, pp. 200–210, 2013, doi: 10.1016/j.indcrop.2012.09.029.
4. L. R. V. Conceição, L. M. Carneiro, D. S. Giordani, and H. F. Castro, "Synthesis of biodiesel from macaw palm oil using mesoporous solid catalyst comprising 12-molybdophosphoric acid and niobia," *Renew. Energy*, vol. 113, pp. 119–128, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2017.05.080.
5. A. B. Evaristo, J. A. S. Grossi, A. de C. O. Carneiro, L. D. Pimentel, S. Y. Motoike, and K. N. Kuki, "Actual and putative potentials of macauba palm as feedstock for solid biofuel production from residues," *Biomass and Bioenergy*, vol. 85, pp. 18–24, 2016, doi: 10.1016/j.biombioe.2015.11.024.
6. M. C. Coimbra and N. Jorge, "Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits," *Food Res. Int.*, vol. 44, no. 7, pp. 2139–2142, 2011, doi: 10.1016/j.foodres.2011.03.032.
7. S. Michelin *et al.*, "Kinetics of ultrasound-assisted enzymatic biodiesel production from Macauba coconut oil," *Renew. Energy*, vol. 76, pp. 388–393, 2015, doi: 10.1016/j.renene.2014.11.067.
8. A. L. F. Coelho, F. L. Santos, F. A. C. Pinto, and D. M. de Queiroz, "Detachment efficiency of fruits from coffee plants subjected to mechanical vibrations," *Pesqui. Agropecuária Trop.*, vol. 45, no. 4, pp. 406–412, 2015, doi: 10.1590/1983-40632015v45i36227.
9. A. B. Dias, J. O. Peça, L. Santos, and A. Pinheiro, "A influência da poda mecânica na produção e na eficiência da colheita da azeitona por vibração The influence of mechanical pruning on olive production and shaker efficiency," *Rev. Ciências Agrárias*, vol. 30, no. 1, pp. 467–475, 2007, doi: 10.19084/rca.15440.
10. J. P. B. Cunha, T. A. Machado, F. L. Santos, and L. M. Coelho, "Perdas na colheita de tomate industrial em função da regulação da colhedora," *Pesqui. Agropecu. Trop.*, vol. 44, no. 4, pp. 363–369, 2014, doi: 10.1590/s1983-40632014000400006.
11. F. L. Santos, D. M. Queiroz, F. A. C. Pinto, and R. C. Resende, "Efeito da frequência e amplitude de vibração sobre a derriça de frutos de café Frequency and amplitude of vibration on coffee harvesting," *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.*, no. 67, pp. 425–431, 2010.
12. F. L. Santos, D. M. Queiroz, D. S. M. Valente, and A. L. F. Coelho, "Simulação do comportamento dinâmico do sistema fruto-pedúnculo do café empregando o método de elementos finitos," *Acta Sci. - Technol.*, vol. 37, no. 1, pp. 11–17, 2015, doi: 10.4025/actascitechnol.v37i1.19814.
13. C. M. F. Grupioni, F. L. Santos, H. C. Fernandes, D. S. M. Valente, and F. A. C. Pinto, "Development and evaluation of operational performance of macaw fruits semi-mechanized harvester by means mechanical vibrations principle," *Semin. Agrar.*, vol. 39, no. 2, pp. 497–510, 2018, doi: 10.5433/1679-0359.2018v39n2p497.
14. N. S. Velloso, F. L. Santos, F. A. C. Pinto, F. M. M. Villar, and D. S. M. Valente, "Mechanical properties of the macaw palm fruit-rachilla system I [Propriedades mecânicas do sistema fruto-ráquila de macaúba]," *Pesqui. Agropecu. Trop.*, vol. 47, no. 2, pp. 218–225, 2017, doi: 10.1590/1983-40632016v47i45792.
15. F. M. M. Villar, F. A. C. Pinto, F. L. Santos, J. A. S. Grossi, and N. S. Velloso, "Elasticity modulus and damping ratio of macaw palm rachillas," *Ciência Rural*, vol. 47, no. 2, pp. 1–6, 2017, doi: 10.1590/0103-8478cr20160289.
16. J. P. Rangel, D. M. Queiroz, F. A. Carvalho Pinto, F. L. Santos, and D. S. M. Valente, "Geometric, Physical and Mechanical Properties of the Fruit-rachilla of the Macauba Palm (*Acrocomia aculeata*) Considering Different Sampling Sites in the State of Minas Gerais in Brazil," *J. Exp. Agric. Int.*, vol. 38, no. 3, pp. 1–6, 2019, doi: 10.9734/jeai/2019/v38i330301.
17. F. A. S. e Silva and C. A. V. Azevedo, "The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data," *African J. Agric. Res.*, vol. 11, no. 39, pp. 3733–3740, 2016, doi: 10.5897/ajar2016.11522.
18. K. Ghavami and A. B. Marinho, "Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*," *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.*, vol. 9, no. 1, pp. 107–114, 2005, doi: 10.1590/s1415-43662005000100016.
19. S. D. Carlin, M. A. Silva, and R. Rossetto, "Parâmetros biométricos e produtividade da cana-de-açúcar após tombamento dos colmos," *Bragantia*, vol. 67, no. 4, pp. 845–853, 2008, doi: 10.1590/s0006-87052008000400006.
20. A. B. Evaristo, S. D. M. Goulart, A. D. Martins, L. D. Pimentel, and J. A. S. Grossi, "Caracterização Físico-Química De Frutos De Macaúba Provenientes De Três Regiões Do Estado De Minas Gerais," *Rev. Agrotecnologia - Agrotec.*, vol. 8, no. 2, p. 81, 2017, doi: 10.12971/2179-5959/agro-

- tecnologia.v8n2p81-92.
21. A. L. F. Coelho, F. L. Santos, F. A. C. Pinto, and D. M. Queiroz, "Determination of geometric, physical and mechanical properties of coffee fruit-stem-branch system," *Rev. Bras. Eng. Agric. e Ambient.*, vol. 19, no. 3, pp. 286–292, 2015, doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p286-292.
 22. P. R. Ferrari and M. D. Ferreira, "Qualidade da classificação do tomate de mesa em unidades de beneficiamento," *Eng. Agrícola*, vol. 27, no. 2, pp. 579–586, 2007.
 23. A. G. Costa, F. A. C. Pinto, R. B. Alves Júnior, S. Y. Motoike, and L. M. N. Gracia, "Determination of macaw fruit harvest period by biospeckle laser technique," *African J. Agric. Res.*, vol. 12, no. 9, pp. 674–683, 2017, doi: 10.5897/ajar2016.12039.
 24. S. Rao, *Vibrações Mecânicas*, 4°. São Paulo: Pearson, 2008.
 25. R. C. Hibbeler, *Resistência dos materiais*, 7°. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
 26. G. P. Villibor, F. L. Santos, D. M. Queiroz, J. K. Khoury Junior, and F. A. C. Pinto, "Dynamic behavior of coffee fruit-stem system using modeling of flexible bodies," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 166, no. May 2018, p. 105009, 2019, doi: 10.1016/j.compag.2019.105009.
 27. E. Oliveira, B. R. Vital, A. S. Pimenta, R. M. Della Lucia, A. M. M. Ladeira, and A. C. O. Carneiro, "Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir," *Rev. Árvore*, vol. 30, no. 2, pp. 311–318, 2006, doi: 10.1590/s0100-67622006000200018.
 28. S. Castro-García, G. L. Blanco-Roldán, L. Ferguson, E. J. González-Sánchez, and J. A. Gil-Ribes, "Frequency response of late-season 'Valencia' orange to selective harvesting by vibration for juice industry," *Biosyst. Eng.*, vol. 155, pp. 77–83, 2017, doi: 10.1016/j.biosystem-seng.2016.11.012.
 29. G. P. Villibor, F. L. Santos, D. M. Queiroz, J. K. Khoury Junior, and F. A. C. Pinto, "Determinação das propriedades modais do sistema fruto-pedúnculo do café por vídeos de alta velocidade e processamento de imagens digitais," *Acta Sci. - Technol.*, vol. 38, no. 1, pp. 41–48, 2016, doi: 10.4025/actascitechnol.v38i1.27344.
 30. F. Pezzi and C. Caprara, "Mechanical grape harvesting: Investigation of the transmission of vibrations," *Biosyst. Eng.*, vol. 103, no. 3, pp. 281–286, 2009, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2009.04.002.
 31. L. He, J. Zhou, X. Du, D. Chen, Q. Zhang, and M. Karkee, "Energy efficacy analysis of a mechanical shaker insweet cherry harvesting," *Biosyst. Eng.*, vol. 116, no. 4, pp. 309–315, 2013, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2013.08.013.
 32. H. J. Ciro, "Coffee harvesting i: determination of the natural frequencies of the fruit stem system in coffee trees," *Appl. Eng. Agric.*, vol. 17, no. 4, pp. 475–479, 2001.
 33. R. Polat, I. Gezer, M. Guner, E. Dursun, D. Erdogan, and H. C. Bilim, "Mechanical harvesting of pistachio nuts," *J. Food Eng.*, vol. 79, no. 4, pp. 1131–1135, 2007, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.03.023.

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 61-66

Degradación de residuos líquidos obtenidos en ensayos de dureza del agua mediante el proceso foto-Fenton

Degradation of liquid residues obtained in water hardness test using photo-Fenton process

Anderson J. Angarita Villegas¹

1- Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Carabobo Av. Universidad,
Bárbula, UC. Naguanagua Edo. Carabobo. C.P: 2005. Venezuela.

* E-mail: Andersonangarita56@gmail.com

Recibido: 23/06/2020; Aprobado: 21/10/2020

Resumen

La presente investigación se basó en la degradación de los residuos líquidos obtenidos en los ensayos de determinación de la dureza del agua realizados en el Laboratorio de Química Analítica (LQA) de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Carabobo, estado Carabobo, Venezuela, mediante el proceso foto-Fenton. Para lograrlo, se recolectaron y caracterizaron muestras resultantes de las mediciones de dicha propiedad, determinándose una demanda química de oxígeno (DQO) inicial de $(6750 \pm 226) \text{ mg O}_2/\text{L}$. Luego de esto, se aplicó un diseño de experimentos central compuesto tipo estrella, con el cual, se obtuvo un modelo cuadrático que permitió conocer el comportamiento del proceso en los rangos de concentración evaluados. Acto seguido, se verificó que el mayor porcentaje de degradación de la DQO se obtenía al emplear 25,24 % de peróxido de hidrógeno y 2,21 % de iones ferrosos. Por último, se estimaron los parámetros cinéticos que rigen el proceso de oxidación, tomando la DQO como un indicador que agrupa la contribución de todas las especies que participan en el proceso.

Palabras clave: demanda química de oxígeno, foto-Fenton, oxidación, aguas residuales, dureza del agua.

Abstract

The present investigation was based on the degradation of wastewater obtained in the water hardness determination test carried out in the Analytical Chemistry Laboratory (ACL) of the Faculty of Engineering at the University of Carabobo, Carabobo state, Venezuela, through the photo-Fenton process. To achieve this, samples resulting from measurements of this property were collected and characterized, determining an initial chemical oxygen demand (COD) of $(6750 \pm 226) \text{ mg O}_2/\text{L}$. After this, a star-type composite central experiment design was applied, with which a quadratic model was obtained that allowed to know the behavior of the process in the concentration ranges evaluated. It was verified that the highest percentage of COD degradation was obtained by using 25.24 % of hydrogen peroxide and 2.21 % of ferrous ions. Finally, the kinetic parameters governing the oxidation process were estimated taking COD as an indicator that groups together the contribution of all species that participate in the process.

Keywords: chemical oxygen demand, photo-Fenton, oxidation, wastewater, water hard.

Introducción

La dureza del agua viene dada por la cantidad de cationes metálicos presentes en ella y que pueden existir como carbonatos y bicarbonatos, debido a que la concentración de iones de calcio y magnesio son normalmente mucho mayor a la de los demás cationes, se asume que la dureza del agua está representada solo por el contenido de estos dos iones [1].

La importancia de esta propiedad radica en el hecho de que el agua es utilizada por casi la totalidad de las industrias y en un muy variado número de procesos. En este sentido,

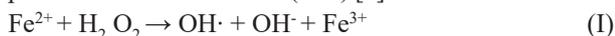
para aguas de uso industrial, el contenido de sales de calcio y magnesio es de un interés particular, debido a la posible deposición del exceso de dichas sales cuando el agua es calentada, lo que constituye un gran inconveniente para equipos como calderas e intercambiadores de calor [1].

Monitorear y controlar constantemente esta propiedad conlleva a la generación de importantes cantidades de un tipo de desecho denominado complejo métrico, con presencia de indicadores metalocrómicos, sales metálicas de magnesio y calcio, ácido etilendiaminotetracético (EDTA), entre otros compuestos. Estos desperdicios muchas veces son almacenados o vertidos directamente por el desagüe

hacia las redes cloacales, sin ningún tratamiento previo, obviando que en ellos se encuentran sustancias potencialmente cancerígenas para el ser humano y en general tóxicas para el medio ambiente [2].

Los procesos avanzados de oxidación (PAO) se muestran como una atractiva solución para el tratamiento de una gran variedad de residuos. Dichos procesos se basan en la generación de especies fuertemente oxidantes como el radical hidroxilo ($\text{OH}\cdot$) con la intención de degradar la materia orgánica contaminante [3].

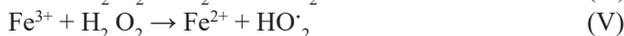
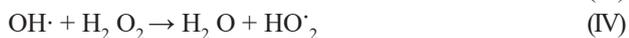
Entre los PAO más destacados se encuentran los de tipo Fenton, en los cuales se producen los radicales $\text{OH}\cdot$ mediante la descomposición de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en presencia de iones ferrosos (Fe^{2+}) [4].



A su vez, dentro de la familia de procesos Fenton figuran aquellos cuya eficacia es mejorada con la incidencia de radiación en las longitudes de onda entre los 200 y 410 nm, pues dicha radiación externa permite la fotoreducción de los iones férricos (Fe^{3+}) producidos en la ecuación I, haciendo que estos puedan seguir reaccionando con el peróxido de hidrógeno presente y convirtiéndose así en un proceso foto-Fenton [4,5].



Una parte sensible en la implementación de los procesos Fenton es la dosificación correcta de los reactivos, ya que los excesos de H_2O_2 o Fe^{2+} pueden inducir una serie de reacciones indeseadas que disminuyen notablemente la eficiencia del mismo [6].



Una herramienta muy útil para ajustar las concentraciones iniciales de los reactivos en los procesos Fenton son los diseños de experimentos, ya que estos toman en cuenta tanto los efectos principales provocados por la modificación de cada una de las variables como las interacciones entre ellas, brindando con esto una mayor precisión al determinar las cantidades óptimas de iones ferrosos y peróxido de hidrógeno [7,8].

En este contexto la presente investigación tiene como objetivo, la implementación del proceso foto-Fenton en el tratamiento de los residuos líquidos generados en las determinaciones de la dureza del agua, con la intención de degradar los contaminantes presentes y disminuir de la demanda química de oxígeno de estos desechos, permitiendo reducir la peligrosidad que los mismos pueden representar para las personas y el medio ambiente.

Materiales y métodos

Recolección

Se recolectaron y almacenaron 4 litros de desechos provenientes de la práctica titulada “determinación de la

dureza del agua a una muestra problema” realizadas en el LQA de la Universidad de Carabobo, Estado Carabobo, Venezuela. A este residuo se le determinó el pH inicial con un medidor tipo Orion 420-a y posteriormente se le añadió ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) hasta obtener un pH apropiado para el proceso foto-Fenton.

Caracterización

La muestra fue caracterizada en términos de DQO siguiendo, siempre que fuera necesario medir esta propiedad, lo establecido en el Standard Methods 5220-B (método de reflujado abierto).

Diseño experimental

Aunque el pH ideal para el tratamiento foto-Fenton se encuentra alrededor de 3, se decidió disminuir hasta 2, para asegurar la correcta conservación de la muestra entre el periodo de recolección y el inicio de los experimentos. [4,9] también se estableció un tiempo de reacción de 2 horas (tomando como punto de partida lo reportado en diversas investigaciones anteriores).

Para evaluar los efectos de las concentraciones de $\text{HO}_2\cdot$ y H_2O_2 se seleccionó un diseño de experimentos central compuesto tipo estrella (también conocido como superficie de respuesta), el cual consta de tres partes. (i) un diseño factorial puro 2^k (donde k es igual al número de variables a estudiar), para $k=2$ se requieren 4 experimentos, que serían todas las posibles combinaciones entre los niveles alto y bajo de cada variable. (ii) 2 puntos axiales y (iii) 2 réplicas del punto central del diseño [8,10].

Los niveles a estudiar se fijaron en 1 y 2 ‰ de Fe^{2+} , inferior y superior respectivamente, mientras que para el se establecieron 18 y 24 ‰. esta decisión se basó en los resultados obtenidos en experimentos previos realizados y siempre tomando como variable de respuesta el porcentaje de degradación de la DQO, determinado mediante la ecuación VI.

$$\%DQO = \frac{DQO_{\text{inicial}} - DQO_{\text{final}}}{DQO_{\text{inicial}}} \cdot 100 \quad (\text{VI})$$

Proceso de oxidación

La metodología para cada uno de los tratamientos consistió en diluir la masa correspondiente de sulfato ferroso heptahidratado (en la tabla 1 se reportan las concentraciones de reactivos por experimento) en (50,0±0,5) mL del desecho a tratar y añadirlos a un balón de tres bocas (marca Kimax de 250 mL) junto con un agitador magnético. Dicho balón se colocó sobre una plancha de agitación y se le acopló un condensador para evitar la posible fuga de compuestos volátiles, un embudo de adición para la carga de peróxido de hidrógeno y un termómetro de (300 ± 1) ,

todo esto sujeto con pinzas metálicas a un soporte universal y expuesto a la luz solar como se muestra en la figura 1.



Figura 1: Montaje experimental utilizado para las reacciones foto-Fenton.

El peróxido de hidrógeno se adicionó en tres cargas, la primera al iniciar el proceso, a un tiempo de 0 minutos, la segunda a los 30 minutos y la tercera cuando habían transcurrido 60 minutos de reacción. Una vez pasadas las dos horas se detenía la agitación, se desmontaba el sistema, se agregaba hidróxido de sodio 6 M para obtener un pH cercano a 8, precipitando el hierro presente, y se filtraba el contenido del balón con papel de filtro. Por último, se disminuía a 2 el pH de la muestra tratada, agregando ácido sulfúrico concentrado, y se almacenaba para su posterior estudio, ya que la medición de la DQO no se realizó inmediatamente sino al tener la totalidad de las muestras tratadas.

Todos los experimentos fueron realizados entre el 20/02/2018 y el 13/04/2018 en la ciudad de Maracay, estado Aragua, Venezuela (10,255731 latitud norte y -67,612854 longitud oeste), en un horario comprendido entre las 11:00 am y la 1:00 pm.

Estudio cinético

Para el estudio cinético se realizaron experimentos con tiempos de reacción de 20, 40, 60, 80, 100 y 120 minutos, empleando en cada uno de ellos las mejores condiciones de operación conseguidas por medio del diseño experimental. Dichos procesos fueron realizados el día 29 de abril de 2018 en un horario de 11:00 am a 1:00 pm, siguiendo la metodología descrita anteriormente para los montajes foto-Fenton. Se registraron las temperaturas del proceso de oxidación en intervalos de 20 minutos y al igual que en los experimentos anteriores se tomó como variable de respuesta el porcentaje de degradación de la DQO.

Resultados y Discusiones

Caracterización inicial de la muestra

Las características físicas, químicas y biológicas que cualquier desecho debe tener para poder ser descartado a una red cloacal en el estado Carabobo, Venezuela, se encuentran normalizadas en el decreto 883 publicado en la gaceta oficial 5305 del año 1995, el cual establece un valor máximo permisible para la DQO de $900 \text{ mg O}_2/\text{L}$. Mientras que el desecho recolectado presentó $(6750 \pm 226) \text{ mg O}_2/\text{L}$, lo que indudablemente significa que dicho residuo no puede ser descartado por el desagüe común sin un tratamiento previo.

Análisis estadístico

Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI para ajustar los datos experimentales obtenidos al modelo propuesto en la ecuación VII.

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{12}X_1X_2 \quad (\text{VII})$$

Donde Y representa el porcentaje de degradación de la DQO, X_1 y X_2 las concentraciones de iones ferrosos y peróxido de hidrógeno, B_0 el valor medio de la respuesta y B_1 , B_2 , B_{11} , B_{22} y B_{12} los coeficientes de regresión lineal, cuadráticos y de interacción respectivamente. [8,10].

Tabla 1: Resultados obtenidos en cada uno de los experimentos necesarios para el diseño de experimentos.

Localización en el diseño	Condición experimental		DQO (DQO \pm 226) $\text{mg O}_2/\text{L}$	Porcentaje de degradación (%Rem \pm 6) Adim
	Concentración de iones ferrosos (g/L)	Concentración de peróxido de hidrógeno (g/L)		
Diseño Factorial	1,00	18,00	1927	71
	1,00	24,00	3302	51
	2,00	18,00	3373	50
	2,00	24,00	873	87
Punto al Centro	1,50	21,00	2020	70
	1,50	21,00	1677	75
Puntos Axiales	1,50	25,24	2438	64
	2,21	21,00	2217	67
	0,79	21,00	2702	60
	1,50	16,76	2823	58

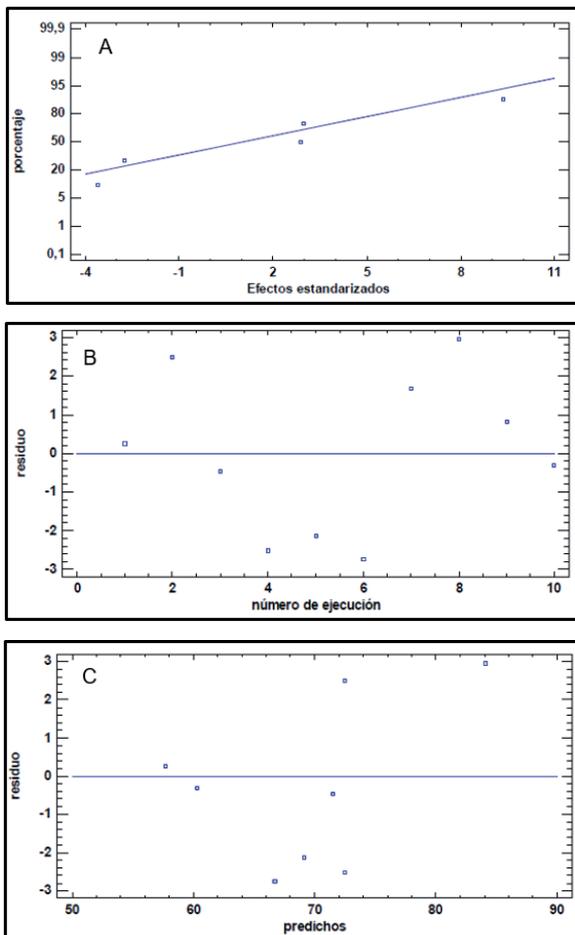
El análisis de varianza presentado en la tabla 2 señala que un valor-P menor a 0,05 indica que se rechaza la hipótesis nula (los cambios de nivel en el factor, no afectan el valor medio de la variable de respuesta) y se acepta la alternativa (los cambios de nivel en el factor, modifican de forma significativa el valor medio de la variable de respuesta) [8,10]. Basándose en este hecho, se puede concluir que son significativos los efectos individuales generados por las concentraciones de iones ferrosos y peróxido de hidrógeno, así como también son significativos los efectos de interacción dados entre dichos factores.

Tabla 2: Análisis de varianza para el porcentaje de degradación de la DQO obtenido en los desechos tratados.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Concentración de Peróxido	81,2043	1	81,2043	8,75	0,0416
B: Concentración de iones Ferrosos	77,433	1	77,433	8,35	0,0446
AA	120,346	1	120,346	12,97	0,0227
AB	812,25	1	812,25	87,55	0,0007
BB	68,8986	1	68,8986	7,43	0,0527
Error total	37,1119	4	9,27798		
Total (corr.)	1144,1	9			

Razón-F=prueba F de Fisher, Valor-P=valores de probabilidad, Gl=grados de libertad $R^2=96,7562\%$
 $R^2(\text{Ajustado})=92,7015$

Por otro lado, el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) sugiere que el modelo cuadrático obtenido, y que está representado por la ecuación VIII, explica el 92,7015% de los resultados alcanzados, lo que se traduce en un buen indicio para pensar que este podría describir de forma adecuada el comportamiento del sistema en el rango de estudio [10].

**Figura 2:** A. Distribución normal de los residuos. B. Distribución de los residuos en función del número de ejecución. C. Gráfica para el análisis de la varianza constante.

$$\% \text{ DQO} = 53,5475 + 10,7996 \cdot [\text{H}_2\text{O}_2] - 146,995 \cdot [\text{Fe}^{2+}] - 0,571126 \cdot [\text{H}_2\text{O}_2]^2 + 9,5 \cdot [\text{H}_2\text{O}_2][\text{Fe}^{2+}] - 15,4317 \cdot [\text{Fe}^{2+}]^2 \quad (\text{VIII})$$

Además de lo anterior, también se analizó la adecuación del modelo por medio del análisis de los residuos.

Para verificar que estos sigan una distribución normal se utilizó la figura 2.A, en la cual se evidencia que la mayoría de los puntos están sobre o muy cercanos a la línea de normalidad y por lo tanto se puede dar por confirmada esta suposición. La figura 2.B muestra cómo los residuos se distribuyen de forma aleatoria alrededor de la línea central, lo que señala que la diferencia entre los valores predichos y experimentales no dependen del orden en el que se realizaron los experimentos y confirma este segundo supuesto. Por último, se analizó si la varianza era constante y para esto se empleó la figura 2.C, en la cual se observa que los puntos no siguen un patrón evidente, por lo que también se puede asegurar que se cumple este postulado. En la figura 3.A se muestran los efectos principales o la forma en como varía el porcentaje de degradación de la DQO respecto a cada uno de los factores analizados. Se observa como el aumento en la concentración de alguna de las especies reactivas no siempre favorece el proceso, y a partir de cierto valor hace que disminuya la eficiencia del mismo, dejando en evidencia como una cantidad excesiva de iones ferrosos resulta perjudicial, ya que estos no solo reaccionan con el H_2O_2 sino que también consumen una parte de los radicales encargados de oxidar la materia orgánica. Por otro lado, se pensaría que la abundancia de peróxido mejoraría la producción de HO^\bullet , sin embargo, al existir exceso de dicho reactivo, este comienza a consumir los radicales producidos en la reacción I para dar paso a la formación de especies con un menor potencial redox.

En cuanto a las interacciones entre los factores estudiados, se observó que aquellas dadas entre peróxido-hierro y peróxido-peróxido son significativas, como se indica en la tabla 2. La figura 3.B presenta cómo el resultado obtenido al variar un factor es dependiente del nivel en el que se encuentre el otro. Aumentar la concentración de peróxido de 18 a 24 g/L solo resulta conveniente si se maneja el nivel alto de iones ferrosos (2 g/L), mientras que incrementar la de cantidad de dichos iones de 1 a 2 g/L tiene un efecto positivo en la degradación de DQO siempre que se combine con la mayor concentración de H_2O_2 .

En la figura 4 se representa la superficie de respuesta obtenida utilizando el modelo matemático propuesto. Dicha superficie es la representación gráfica de la ecuación VIII, y de esta se extrae como mejor punto de operación aquel en el que las concentraciones de iones ferrosos y peróxido de hidrógeno son $2,21 \text{ g/L}$ y $25,24 \text{ g/L}$ respectivamente, prediciendo un 92% de degradación de la DQO.

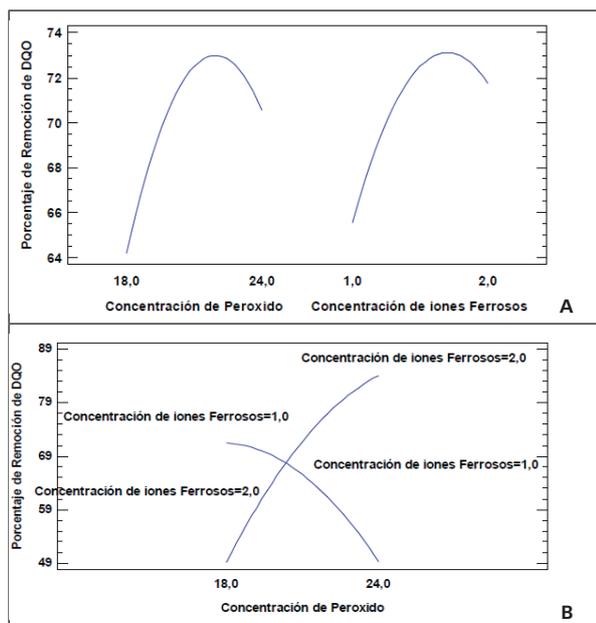


Figura 3: A. Efectos principales de las concentraciones de iones ferrosos y peróxido de hidrógeno. B. Efectos de interacción entre las concentraciones de iones ferrosos y peróxido de hidrógeno.

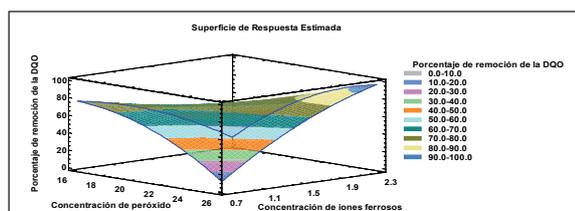


Figura 4: Superficie de respuesta que relaciona el porcentaje de degradación de la DQO con los factores estudiados en el rango de concentraciones evaluados.

Para verificar la fiabilidad del modelo obtenido, se realizó un experimento empleando las concentraciones antes mencionadas, alcanzándose un resultado muy similar al predicho (ver tabla 3).

Cinética de la reacción

La necesidad de tener modelos cinéticos capaces de predecir la desaparición de todo el material orgánico y la dificultad de realizar un seguimiento de las concentraciones de todas las especies que desaparecen y se forman en los PAO, ha llevado a englobar la concentración de todos los constituyentes presentes en parámetros agrupados como pueden ser el carbono orgánico total (COT), que representa todas las especies orgánicas presentes, o la DQO, que también incluye los compuestos inorgánicos oxidables [11]. Teniendo esto en cuenta, la ecuación cinética del proceso se definió de la siguiente manera:

$$v = A \cdot e^{\left(\frac{-E_a}{R \cdot T}\right)} \cdot DQO^\alpha \quad (IX)$$

Donde:

v : Velocidad de reacción

A : Factor de frecuencia

E_a : Energía de activación

R : Constante de los gases ideales

T : Temperatura

α : orden de reacción

Tabla 3: Comparación de la degradación de la DQO obtenida experimentalmente frente a lo predicho por el modelo matemático.

DQO		Porcentaje de degradación	
Valor obtenido (DQO \pm 226)	Valor predicho	Valor obtenido (%DQO \pm 6) Adim	Valor predicho
481	540	93	92

La cual, se puede reescribir de la siguiente forma:

$$\ln(v) = \ln(A) + \left(\frac{-E_a}{R \cdot T}\right) + [\alpha \cdot \ln(DQO)] \quad (X)$$

Debido a que la velocidad de reacción es dependiente de la temperatura y la DQO, fue necesario realizar una regresión lineal múltiple, empleando el método de los mínimos cuadrados ordinarios [12,13], Los valores utilizados se reportan en la tabla 4.

Es importante destacar que, para el procesamiento de datos, solo se tomaron en cuenta aquellas medidas realizadas a partir del minuto 40. Esto debido al inesperado aumento de la DQO al principio de la reacción, dicho incremento se justifica a partir de la formación de polímeros por vías radicalarias, este proceso ya ha sido explicado para el caso de la degradación de fenol, donde el mismo reacciona con los radicales hidroxilos dando paso a radicales fenoxi, que posteriormente originan dímeros radicales y dímeros neutrales, los cuales se acoplan y dan lugar a la formación de moléculas cada vez más complejas, y por tanto que consumirán más oxidante en la determinación de la DQO [7].

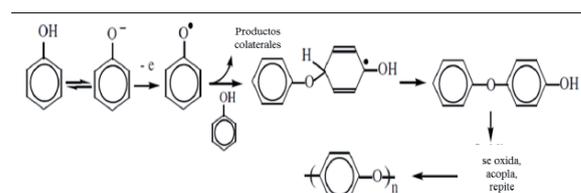


Figura 5: Mecanismo de formación de polímeros por vías radicalarias a partir de fenoles y radicales hidroxilos.

Una vez hecho el tratamiento matemático necesario a los datos recolectados, se obtuvo la siguiente ecuación cinética:

$$v = 71,4603 - 23744,3 \cdot \left(\frac{1}{T}\right) + 0,9819(DQO) \quad (XI)$$

Tabla 4: Datos recopilados del estudio cinético realizado en el proceso foto-Fenton aplicando las mejores condiciones de operación.

Tiempo (t±0,002) min	Temperatura (T ± 1) K	DQO (DQO ± 657) (%)
0,000	311	6750
20,000	317	32921
40,000	318	7446
60,000	321	2947
80,000	318	813
100,000	314	651
120,000	313	481

Debido a que el orden de reacción obtenido fue 0,9819 y este valor se encuentra muy cercano a la unidad, se decidió redondear dicha cantidad para obtener un dígito con solo una cifra significativa, pudiéndose aproximar el orden a 1 y expresando así que la velocidad de reacción en un instante de tiempo es proporcional a la DQO en ese mismo instante, y no tan solo a una fracción de ella como indicaría un orden menor [14]. En la tabla 5 se muestra el valor de cada uno de los parámetros cinéticos obtenidos a partir de la ecuación XI.

Tabla 5: Parámetros cinéticos obtenidos para el proceso foto-Fenton empleando las mejores condiciones de operación.

Orden de la reacción	Energía de activación (cal/mol)	Factor de frecuencia (1/min)
1	47179,92	1,08x1031

Conclusiones

Con este trabajo se evidenció que no es idóneo descartar los desechos complejométricos producidos en el LQA por el desagüe, sin ningún tipo de adecuación previa. El proceso foto-Fenton probó ser un procedimiento factible para el tratamiento de los residuos tratados, por lo menos a pequeña escala, como es el caso de laboratorios de investigación y desarrollo. También quedó demostrada la utilidad de los diseños de experimentos para la optimización de las condiciones de operación, permitiendo predecir el comportamiento de la degradación de la DQO para el rango de concentraciones iniciales de los reactivos, a partir de un reducido número de experimentos realizados y se arrojó un primer vistazo al complejo análisis cinético de los PAO, observándose como la velocidad de reacción es proporcional a la DQO en cualquier instante para el proceso estudiado.

Referencias

- Alvares, M. Jarboub, W. Mathison, J. & F. Millán. *Estudio Comparativo de la Dureza del Agua en el Estado Mérida y Algunas Localidades del Centro y Occidente de Venezuela*. Ciencia y Energía, 24 (1): Páginas de la 39 a la 46. (2003).
- Baquero, M. Mera, A. & A. Sterling. *Acople Fotocatalítico-Biológico para el tratamiento de desechos complejo-*

métricos generados en laboratorios de análisis químico y ambiental. Lasallista de Investigación, 7 (1): Páginas de la 7 a la 16. (2010).

- Doménech, X. Jardim, J. & M. Litter. (2004). *Procesos Avanzados de Oxidación para la Eliminación de Contaminantes*. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/237764122> [Consulta: 2018, febrero 04].
- Sánchez, C. (2015). *Fichas Técnicas de Etapas de Proceso de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la Industria Textil: Tratamientos terciarios*. [Documento en línea]. Disponible en: <https://docplayer.es/27086824-Fichas-tecnicas-de-etapas-de-proceso-de-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-textil-serie-tratamientos-terciarios.html> [Consulta: 2018, febrero 04].
- Nichela, D. *Estudio del mecanismo y la cinética de degradación de contaminantes aromáticos empleando reacciones tipo Fenton, electro-fenton y foto-fenton*. Universidad Nacional de la Plata, Argentina. (2012).
- Deus, C. *Textile Dyeing Wastewater Treatment by single and Integrated Process of Coagulation, Chemical Oxidation and biological Degradation*. Trabajo de Ph.D, Universidad de Porto, Portugal. (2013).
- Ramos, K. *Degradación de desechos tóxicos mediante oxidación química avanzada: foto-Fenton homogéneo y heterogéneo con energía solar*. Tesis doctoral. Universidad de Carabobo, Venezuela. (2018).
- Montgomery, D. *Diseño y Análisis de Experimentos*. 2da Edición. Limusa Wiley. México. (2004).
- Laboratorios del departamento de ingeniería civil y ambiental, *criterios de aceptación de muestras de agua para el análisis fisicoquímico*. *Reglamento de servicio*. Universidad del Norte, [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.uninorte.edu.co/documents/1749952/a56345cdf5f4-4309-89ad-2e7a61c83f93>
- De La Vara, R. & H. Gutiérrez. *Análisis y Diseño de Experimentos*. 2da ed. Editorial Mc Graw Hill, México. (2008).
- Ghosh, P. Samanta, A. & S. Ray. *Kinetics Bases on mechanism of COD for industrial effluent in Fenton process*. International Journal of Chemical Technology, 3 (1): Páginas de la 26 a la 36. (2011).
- Laidler, K. (1966). *Cinética de Reacciones*. Edición original. Editorial Alhambra, España.
- Reuda, Y. & K. Tannoues. *Análisis cinético de la descomposición térmica de biomasa aplicando un esquema de reacciones paralelas independientes*. Universidad Estadual de Campiñas, Brasil. (2017).
- Fogler, H. *Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas*. 3ra edición, Pearson Education, México. (2001).

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 67–76

Clasificación Automática de Limón Sutil Peruano (Citrus Aurantifolia) usando Máquinas de Vectores de Soporte

Automatic Sorting of Peruvian Subtle Lemon (Citrus Aurantifolia) using Support Vector Machines

Freddy Alcarazo-Ibáñez¹, Víctor Tuesta-Monteza¹, Heber Iván Mejía-Cabrera¹, Juan Carlos Callejas¹, Raciél Yera²

1- Universidad Señor de Sipán. Carretera a Pimentel Km. 5, Chiclayo, Perú

2- Universidad de Ciego de Ávila. Carretera a Morón Km. 9 ½, Ciego de Ávila, Cuba.

*E-mail: callejas1959@yahoo.es

Recibido: 20/02/2020; Aprobado: 26/10/2020

Resumen

La clasificación manual de frutas es un proceso que requiere de personal experto y es propenso al error humano. Reviste entonces vital importancia la automatización del mismo utilizando herramientas computacionales. En esta investigación se propuso un marco de trabajo basado en la aplicación de técnicas de Pre-Procesamiento de Imágenes y de Visión Artificial para clasificar de manera automática frutos del Limón Sutil Peruano (Citrus Aurantifolia) por color. Se presenta un prototipo de clasificación soportado por una plataforma de hardware para extraer las características de Momentos de Color de las imágenes de Citrus Aurantifolia con vistas a entrenar las técnicas de clasificación de Máquina de Vectores de Soporte (SVM) y K-Vecinos más Cercanos (KNN). Los resultados arrojaron que utilizando el Momento de Color de la media del canal R (rojo), SVM obtuvo una precisión del 98%. Al convertir las imágenes al espacio de color CIELAB utilizando las coordenadas a^* y b^* la precisión obtenida por las técnicas SVM y K-NN fue del 100%.

Palabras clave: Clasificación automática, Limón Sutil Peruano, Máquinas de Vectores de Soporte, K-Vecinos más Cercanos, pre-procesamiento de imágenes.

Abstract

The manual classification of fruits is a process that requires expert knowledge and is prone to human error. Therefore, the automation of such process through the use of computational tools is of high importance. This research proposes a framework based on the application of image pre-processing techniques and artificial vision for automatically classifying Citrus Aurantifolia fruits through their colors. A classification prototype is presented which is supported by a hardware platform to extract the Color Moments features from the Citrus Aurantifolia images, so as to train the Support Vector Machine (SVM) and K-nearest neighbors (KNN) classification techniques. Results conclude that using the Color Moment related to the mean of the R channel, SVM reaches a precision of 98%. When images were converted into the CIELAB color space, the use of the coordinates a^* and b^* leads to a precision of 100% using the classifiers SVM and KNN.

Keywords: Automatic classification, subtle Peruvian lemon, support vector machine, K-nearest neighbors, image pre-processing.

Introducción

Diversos mercados del mundo importan el Limón Sutil Peruano (Citrus Aurantifolia), el cual es fuente importante de vitamina C para las personas, siendo esto recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1].

Un proceso importante con vistas a su comercialización resulta la clasificación manual de este limón, en maduro, pintón, o verde. Sin embargo, por ser un proceso manual existe una alta probabilidad de que se realicen clasifi-

caciones incorrectas debido al factor del error humano, convirtiéndose así al proceso en impreciso al depender de factores subjetivos como es el estado de salud de la persona y la experticia de la misma. A raíz de lo anterior, la presente contribución se centra en el uso de herramientas computacionales que automaticen esta clasificación, contribuyendo así a mitigar estas insuficiencias.

La revisión del estado del arte en esta línea de investigación permite identificar varios antecedentes de trabajos relacionados con la clasificación automática de cítricos

usando técnicas computacionales. En esta dirección, Ying et al. [2] proponen un método para evaluar el estado de madurez de los cítricos basándose en rasgos de color, evaluando la propuesta en una base de datos de 252 imágenes del cítrico de Weizhang. En adición, Khojastehnazhand et al. [3] propuso una arquitectura compuesta por varios componentes de hardware como cámaras y tarjetas de captura, con vistas a evaluar la calidad de frutos de limón. Recientemente, Blasco et al. [4] presentan un revisión de los desarrollos tecnológicos más actuales centrados en evaluar la calidad de las frutas de diversos cítricos, considerando determinación de defectos, forma y color. En este sentido a pesar de ser un área de trabajo abordada previamente por algunos autores, existen aún muy pocos trabajos centrados en mostrar un estudio completo de la evaluación de la calidad de imágenes de cítricos usando una base de datos real, tal y como ha sido recientemente evidenciado por Bhargava et al [5].

Con vistas a cubrir esta brecha, el objetivo de este trabajo es el de reportar la experiencia del desarrollo de un marco de trabajo basado en hardware y software, para la clasificación automática de Citrus Aurantifolia en la región de Lambayeque, Perú, basado en técnicas de aprendizaje automático y visión artificial.

Para la clasificación automática de Citrus Aurantifolia se utiliza la técnica de Máquina de Vectores de Soporte (SVM) y K-Vecinos más Cercanos (KNN) [6] utilizando las características de Momentos de Color [7]. Estas permiten aplicar operaciones estadísticas tales como la media, desviación estándar, asimetría o curtosis sobre los canales de las imágenes de las clases Maduro, Pintón y Verde de Citrus Aurantifolia en el espacio de color RGB, y permiten la identificación de las mismas. Además, las imágenes originales de Citrus Aurantifolia fueron convertidas a otros espacios de color con la finalidad de mejorar los resultados. Un prototipo de clasificación automática de Citrus Aurantifolia fue desarrollado para probar el sistema de clasificación en un ambiente real.

La novedad del trabajo se puede resumir en:

- La utilización de técnicas de inteligencia artificial y de visión por computadora en la clasificación de frutas de Citrus Aurantifolia.
- El desarrollo de un prototipo de clasificación automática para probar el sistema de clasificación.
- La evaluación de las propuestas en un escenario con casos reales.

El trabajo se estructura de la forma siguiente. La sección II muestra los antecedentes más directos de la presente investigación, a partir de los trabajos relacionados. La sección III muestra el desarrollo de la propuesta, mientras que la sección IV muestra los resultados del estudio realizado sobre datos reales. La sección V muestra las conclusiones y los posibles trabajos futuros a desarrollar.

II. Trabajos Relacionados

El problema de la identificación manual de frutas por su estado de maduración, siempre ha presentado variabilidad e imprecisión por factores subjetivos como la fatiga ocular del experto clasificador, o el estado de salud general de la persona [5, 8]. A pesar de ser esta un área de trabajo también abordada previamente desde el punto de vista computacional por varios investigadores [5], existe un número menor de trabajos enfocados específicamente en el dominio de los cítricos.

En esta dirección, Ying et al. [2] proponen un método para evaluar el estado de madurez de los cítricos basándose en rasgos de color. Con este fin, utilizan una red neuronal de tres capas del tipo *feed-forward* para mapear las características del cítrico basándose en sus niveles de color. Esto es evaluado en una base de datos de 252 imágenes de cítricos provenientes de la región de Weizhang, China. Por otro lado, Khojastehnazhand et al. [3] proponen una arquitectura compuesta por varios componentes de hardware como cámaras y tarjetas de captura, con vistas a evaluar la calidad de frutos de limón. En este caso utilizan los valores de saturación e intensidad como rasgos determinantes, así como el volumen de la fruta. La calibración del sistema es hecha tomando como referencia muestras previas de tipos de frutas, elegidas por expertos. En adición, Posada et al. [9] han presentado un sistema de parametrización y clasificación automática de limones persas, en el que evalúan las variaciones morfométricas y colorímetras a través de datos estadísticos de posicionamiento en el canal RGB de una imagen. Asimismo, Dorj et al. [6] proponen un algoritmo que utiliza los rasgos de color para presentar una visión global de las características del cítrico, empleando la segmentación basada en la transformada *watershed*. Finalmente, Vidal et al. [7] proponen la estimación del índice estándar de color del cítrico usando un sistema desarrollado para una plataforma móvil.

Resumiendo, el análisis de los trabajos previos sugiere la presencia de una cantidad menor de investigaciones relacionadas con el uso de herramientas computacionales para apoyar la caracterización manual de cítricos, en comparación con otras frutas y vegetales [5, 8, 9].

El presente trabajo se centra en esta dirección, al proponer un marco de trabajo para la clasificación automática de Citrus Aurantifolia en la región de Lambayeque, Perú, basado en técnicas de aprendizaje automático y visión artificial.

Desarrollo de la Propuesta

El marco de trabajo propuesto para llevar a cabo la clasificación automática de Citrus Aurantifolia por color se presenta en la Figura 1. A continuación se describen cada una de las etapas de este marco de trabajo.

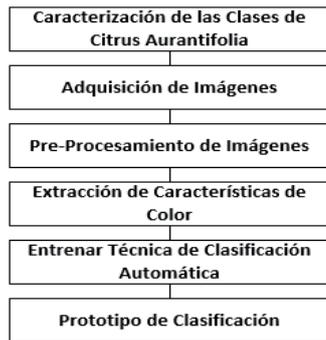


Figura 1: Marco de trabajo propuesto para la Clasificación Automática de Citrus Aurantifolia por Color.

A. Caracterización de las Clases de Citrus Aurantifolia

Para realizar la recolección de las muestras de Citrus Aurantifolia se recurrió a un experto en agroindustria el cual pudo proporcionar las características de color de cada una de las clases de Citrus Aurantifolia (Maduro, Pintón y Verde) en una matriz con el color promedio en RGB de las clases.

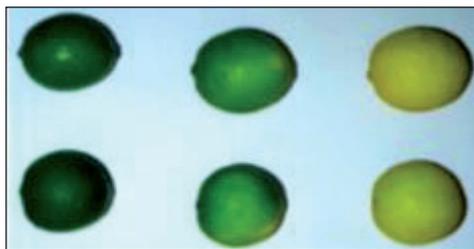


Figura 2: Clases Verde, Pintón y Maduro de Citrus Aurantifolia.

Con base a las características de color adquiridas por el experto se recolectaron las muestras. En la Figura. 2 se puede apreciar de izquierda a derecha la clase Verde, Pintón y Maduro de Citrus Aurantifolia. La clase “Verde”

se caracteriza por tener un color de textura de verde oscuro, la clase “Pintón” tiene un color de textura verde con manchas amarillas y en la mayoría de los casos su color es menos oscuro que la clase “Verde”. La clase “Maduro” se caracteriza por tener toda la textura amarilla con ligeros tonos de color verde.

B. Adquisición de Imágenes

Se obtuvo una base de datos de 350 imágenes por cada clase de Citrus Aurantifolia en el espacio de color RGB. Las imágenes se adquirieron utilizando un prototipo de adquisición de imágenes con iluminación controlada como se aprecia en la Figura 3. Se utilizó la fuente de iluminación LED (6w, 500 lúmenes, 180-240v), la cual es una fuente de iluminación económica, de respuesta rápida y menos sensible a vibraciones, que proporciona una intensidad de luz moderada y difusa.

La cámara utilizada en el prototipo de adquisición de imágenes (Figura 4) tuvo una resolución de 5 Megapíxeles (Mpx) de marca Logitech (modelo C-170). Las imágenes adquiridas tuvieron una resolución de 640x480 Mpx en el espacio RGB.

Un programa escrito en el lenguaje de programación Python utilizando la librería de código abierto OpenCV permitió acceder a la cámara Logitech C-170 para adquirir las imágenes de Citrus Aurantifolia.

Todas las imágenes fueron separadas en carpetas, es decir se agruparon en distintas carpetas aquellas clases que pertenecen a la clase “Maduro”, “Pintón” y “Verde”. Por lo tanto, se obtuvo una base de datos de 1050 imágenes correctamente ordenadas para posteriormente realizar su pre-procesamiento. En la Figura 5 podemos apreciar imágenes de ejemplo que fueron adquiridas mediante el prototipo de adquisición de imágenes.

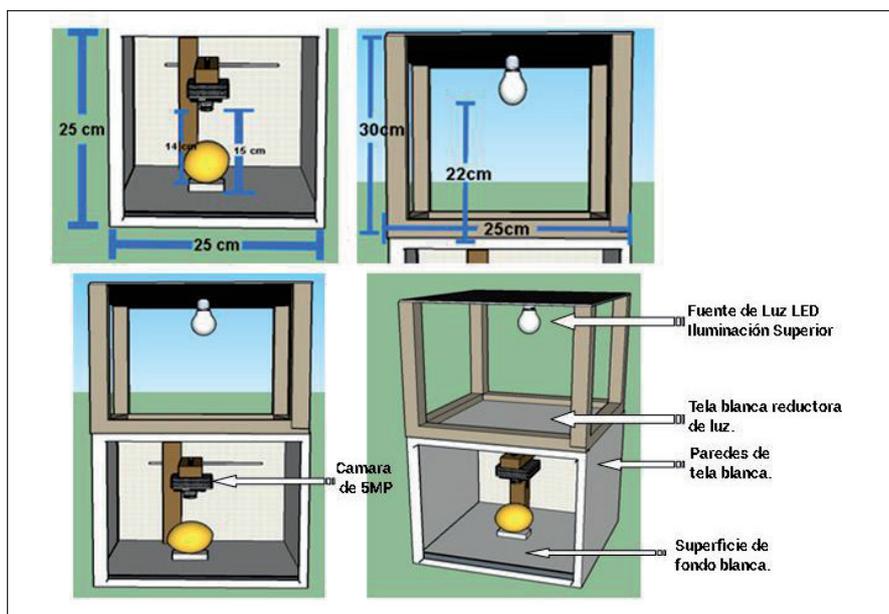


Figura 3: Diseño 3D del Prototipo de Adquisición de Imágenes de Citrus Aurantifolia.



Figura 4: Imágenes Reales del Prototipo de Adquisición de Imágenes de Citrus Aurantifolia.

C. Pre-Procesamiento de las Imágenes

Una vez elaborada la base de datos de imágenes de Citrus Aurantifolia con las clases Maduro, Pintón y Verde,

se procede a realizar el pre-procesamiento de las imágenes. Esto se realiza con la finalidad de lograr su segmentación y elaborar una nueva base de datos de imágenes segmentadas de las tres clases de Citrus Aurantifolia, para posteriormente utilizar dicha base de datos y extraer las características de color de cada una de las imágenes.

El primer paso fue aplicar la corrección gamma, según [10] la corrección gamma se utiliza para corregir el brillo de una imagen utilizando una transformación no lineal entre los valores de entrada y los valores de salida asignados (Ecuación 1).

$$O = I^{(1/G)} \quad (1)$$

Donde I es la imagen de entrada, G es el valor gamma, en este caso particular se utilizó $G = 0.8$, y O es la imagen de salida escalada en un rango de $[0, 255]$.

Posteriormente a las imágenes se les aplico un filtro pasa bajo “blur” para atenuar las frecuencias altas y dejar invariantes las frecuencias bajas. Filtrada la imagen con el filtro pasa bajo se convirtió al espacio de color HSV, según [11] el espacio de color HSV tiene la ventaja de ser invariante a las condiciones de luz y por lo tanto la conversión a HSV se realiza para detectar la presencia de Citrus Aurantifolia en las imágenes adquiridas respecto

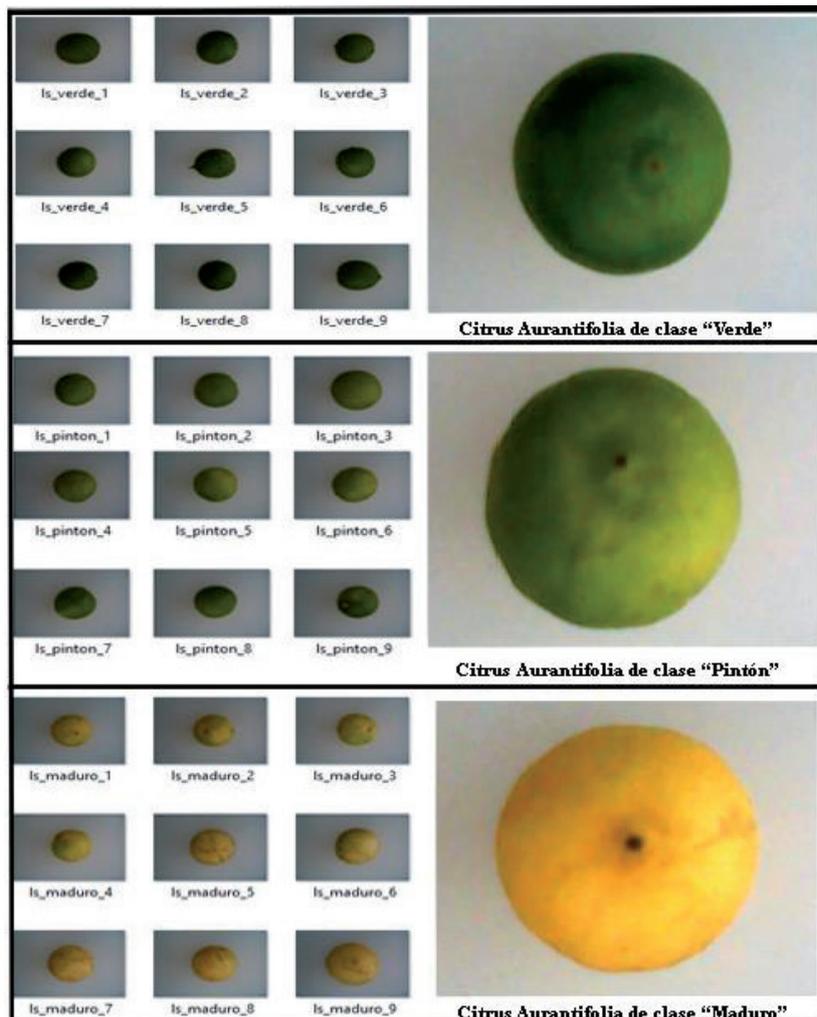


Figura 5: Imágenes Adquiridas de Citrus Aurantifolia.

a su fondo. El siguiente paso fue convertir la imagen en HSV a escala de grises para poder aplicar el método de segmentación Otsu [12] para encontrar un nivel de umbral en las imágenes de Citrus Aurantifolia las cuales tiene un fondo de color blanco (Figura 4).

Las técnicas aplicadas para realizar el pre-procesamiento de las imágenes de Citrus Aurantifolia se resumen en la Figura 6.

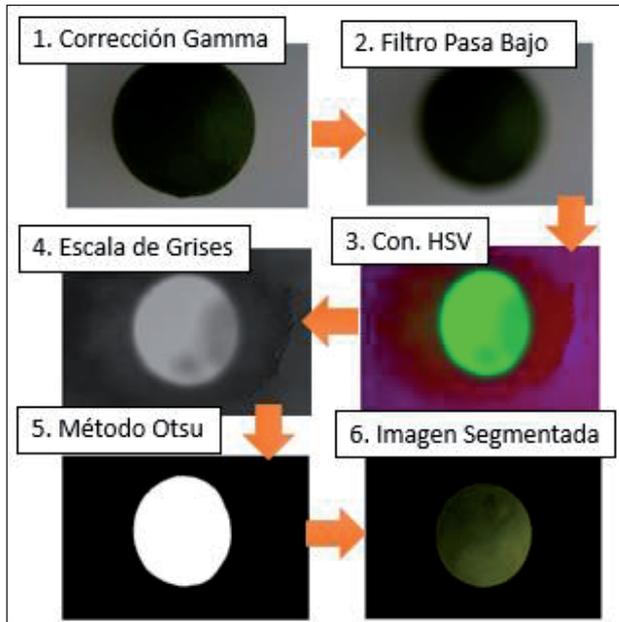


Figura 6: Etapas del Pre-procesamiento de las Imágenes de Citrus Aurantifolia.

D. Extracción de Características de Color

El color es considerado una característica importante para la representación de una imagen debido a que dicho atributo es invariante con respecto a la escala y rotación

de esta. Los momentos de color utilizados para describir las imágenes son la varianza de color, la media de color, la curtosis de color y la asimetría de color [7]. Según [13] los momentos de color se basan en el supuesto de que la distribución del color en una imagen puede ser interpretada como una distribución de probabilidad. Las distribuciones de probabilidad se caracterizan por un número de momentos; por ejemplo, las distribuciones normales se diferencian por su media y varianza. Por lo tanto, se deduce que si el color de una imagen sigue una cierta distribución de probabilidad, los momentos de esa distribución pueden ser utilizados como características para identificar una imagen basándose en el análisis de su color [13]. Se extrajeron las características de color de la media del canal R (Rojo) de las imágenes de Citrus Aurantifolia. Se omitieron las características de la media de canal Verde (Green) y Azul (Blue) debido a que no presentaron valores diferenciadores que pudieran servir para entrenar una técnica de clasificación automático.

En la Figura 7 se puede apreciar que los valores de la media del canal R (rojo) tienden a disminuir. En esta dirección, los valores más altos del canal R los tiene la clase “Maduro” de Citrus Aurantifolia, seguidamente los valores menores del canal R los tiene la clase “Pintón”, y finalmente la clase “Verde” es aquella clase que tiene los valores más bajos del canal R.

Por lo tanto las características de la media del canal Rojo se extrajeron mediante la siguiente ecuación:

$$Media_R = R/N \tag{2}$$

Donde R es el canal Rojo de las imágenes de Citrus Aurantifolia y N es el número total de píxeles.

Con el objetivo de mejorar los resultados se obtienen los valores promedios de las coordenadas a* y *b (relación a*/b*) del espacio de color CIELAB. El espacio de color

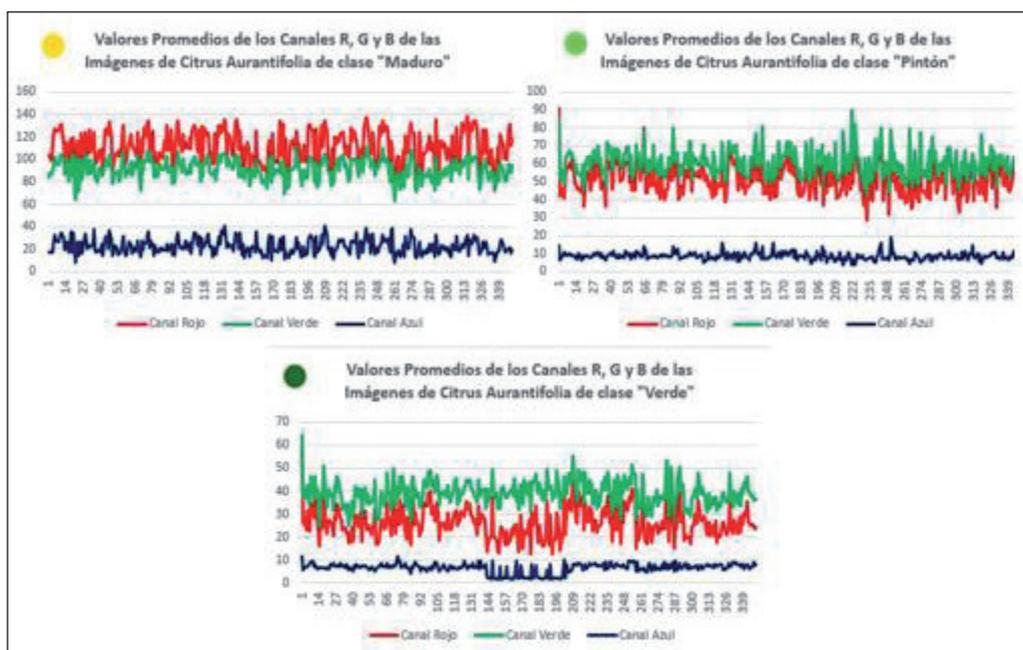


Figura 7: Media del Canal R (Rojo) de las Imágenes de Citrus Aurantifolia.

CIE L* a* b* es muy utilizado debido a la uniformidad en la distribución de colores en el dicho espacio [14]. En [15] se estudió la evolución del color de epicarpios de tomates durante 27 días, se determinó que las coordenadas a* y b* del espacio de color CIELAB presentan valores bajos cuando el estado de maduración del tomate es verde y valores más altos cuando el tomate tiene un mayor nivel de madurez. A raíz de lo anterior, la relación de las coordenadas a*/b* son extraídas para mejorar la precisión de la clasificación de las clases de Citrus Aurantifolia.

Para extraer las características de la relación a*/b* se utiliza una base de datos de 250 imágenes por clase. Estas imágenes de la nueva base de datos fueron extraídas de la base de datos original de 350 imágenes por clase. Partiéndose de esta, se realizó un análisis para separar aquellas imágenes de Citrus Aurantifolia que presentaban características distintivas, con la finalidad de obtener una mayor capacidad de aprendizaje por parte de la técnica de clasificación utilizada posteriormente.

En la Figura 8 se puede apreciar la representación gráfica de las características extraídas de la relación a*/b* de las imágenes de Citrus Aurantifolia en el espacio de color CIELAB. Este tipo de gráfico permite verificar si las características presentan o no demasiado ruido y si no están muy mezcladas, lo cual incidiría de forma negativa en la utilización de la técnica de clasificación.

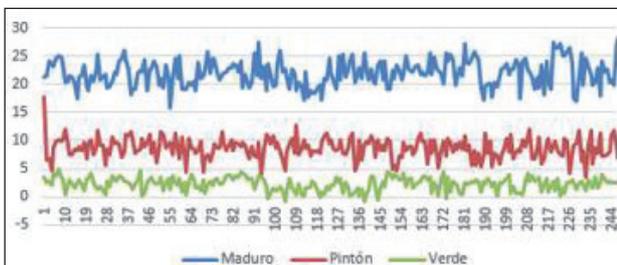


Figura 8: Representación gráfica de las Características de la relación a*/b* extraídas de las imágenes de Citrus Aurantifolia en el espacio de Color CIELAB.

La representación gráfica de las características de la relación a*/b* de las imágenes de Citrus Aurantifolia en el espacio de color CIELAB mostradas en la Figura 8 permiten concluir que las características de la clase Maduro presentan los valores más altos, mientras que los valores más bajos los tiene la clase Verde. Más específicamente, en el orden de mayor a menor la clase Maduro tiene los valores más altos, la clase Pintón presenta valores más bajos que la clase Maduro y la clase Verde tiene los valores más bajos de todas las clases.

En la Tabla 1 se muestran los valores de las nueve primeras características extraídas de ejemplo de cada clase (Maduro, Pintón y Verde) de Citrus Aurantifolia.

Por lo tanto, a partir de las características extraídas de ejemplo de Citrus Aurantifolia que se aprecian en la Tabla 1 se corrobora lo indicado por [15], pudiéndose apreciar valores altos para Citrus Aurantifolia de clase “Maduro”

y “Pintón” mientras que los valores más bajos los tiene la clase “Verde”. Por lo tanto valores bajos de las características extraídas de la relación a*/b* representan la presencia de color verde en Citrus Aurantifolia y valores más altos representan la presencia de color amarillo [15], o mayor estado de madurez en Citrus Aurantifolia.

Tabla 1: Características de ejemplo de la relación a*/b* de las imágenes de Citrus Aurantifolia.

Maduro	Pintón	Verde
21.18	6.60	3.52
21.53	6.72	2.44
24.00	4.76	2.85
23.72	8.59	2.14
23.13	9.84	4.17
24.54	10.03	3.83
24.97	9.97	4.87
24.87	10.10	3.40
23.68	11.92	3.22

E. Entrenar Técnica de Clasificación Automática

Se eligió utilizar las técnicas de clasificación automática de Máquinas de Vectores de Soporte (SVM) y K-Vecinos más Cercanos (KNN) para clasificar las instancias capturadas de Citrus Aurantifolia en las clases maduro, pintón o verde. En trabajos previos como el desarrollado por Hamed et al. [6] se realizó una comparación de diversas técnicas de clasificación automática aplicadas a la clasificación de frutas y vegetales, y en estas técnicas se destacan por haber obtenido una mayor tasa de precisión frente a otras técnicas aplicadas en la clasificación de frutas como son Redes Neuronales Artificiales (ANN), K-medias, Naive Bayes entre otras.

La técnica de clasificación SVM está conformada por un clasificador binario que se usa ampliamente para la clasificación de datos en muchas aplicaciones, siguiendo un procedimiento para encontrar un hiperplano de separación óptimo [8]. Esta técnica, con datos no lineales, asigna el espacio de entrada original de las características a un espacio de entidades de mayor dimensión. Dicho mapeo maximiza las capacidades de generalización del clasificador utilizando funciones *kernel* las cuales son capaces de poder ampliar la separación entre las clases [8].

Dado un conjunto de ejemplos de entrenamiento $\{(X_i, lab_i) : i = 1, 2, \dots, n\}$ donde X_i es el vector de características, y $lab_i \in [-1, +1]$ son las etiquetas o clases de las muestras de entrenamiento, el límite óptimo está definido como:

$$f(x) = w * x + b \quad (3)$$

Donde w y b pueden ser resueltos siguiendo el problema de optimización siguiente:

$$Minimizar \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_i e_i \quad (4)$$

Donde C es el parámetro de penalidad ($C > 0$) y ϵ es

el valor del error, sujeto además a la siguiente restricción $lab_i(w^* x_i + b) \geq 1 - \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n$. La solución de este problema de optimización maximiza el margen de la frontera de decisión.

Se utilizó una función kernel de base radial (RBF) debido a que las características de Citrus Aurantifolia no son linealmente separables. La función de base radial ofrece buenos resultados en muchas aplicaciones de clasificación automática con SVM en datos linealmente no separables [8]. Por lo tanto, la ecuación presente en la expresión (3) se convierte en:

$$f(x) = \sum_{i \in \Omega} \alpha_i (lab_i(\exp(\gamma \|x - x_i\|^2))) \quad (5)$$

Donde α_i es el coeficiente de Lagrange, Ω es el conjunto de índices diferentes de cero de α_i , γ es un parámetro libre, X es un ejemplo de prueba, y $\|\cdot\|^2$ es la distancia euclídea.

El método propuesto de esta investigación se centra en clasificar las clases Maduro, Pintón y Verde de Citrus Aurantifolia. Considerando que no se tienen dos clases binarias y se tienen más de dos clases se aplicó la clasificación SVM multiclase [8]. Para su implementación se utilizó la librería SciKitLearn utilizada en aplicaciones de aprendizaje automático la cual es de código abierto y se utiliza en el lenguaje de programación Python.

Por otra parte la técnica de clasificación automática K-NN se basa en clasificar puntos de datos desconocidos utilizando la distancia euclídea. Cada punto de datos en los k puntos de datos más cercanos emite el voto y la categoría con el mayor número de votos gana [16].

Ambas técnicas de clasificación SVM y KNN se entrenaron con el 80% de las características de Citrus Aurantifolia y se reservó el 20% para realizar las pruebas de clasificación. El rendimiento de ambas técnicas de cla-

sificación se evaluó obteniendo una matriz de confusión, la cual según [17] permite evaluar el desempeño de técnicas o modelos de clasificación automático obteniendo una serie de medidas que se presentarán en la sección de resultados.

F. Prototipo de Clasificación Automático de Citrus Aurantifolia

El prototipo de clasificación automática implementado en esta investigación tiene una faja transportadora la cual se adaptó al prototipo de adquisición de imágenes (Figura 4). La faja transportadora es controlada mediante un microcontrolador Arduino y un driver L298 (Puente H). Se utiliza un sensor infrarrojo para detectar Citrus Aurantifolia antes de llegar a la cámara. Detectado el fruto por el sensor, la faja transportadora es detenida por 5 segundos, tiempo que se utiliza para que el sistema adquiera los datos, en este caso la imagen de Citrus Aurantifolia y seguidamente extraiga las características del fruto. Finalizada los 5 segundos de espera se envía el comando “t” para que el sistema de clasificación en la computadora proceda a clasificar el fruto con las características de la imagen capturada, de la misma manera se hace una pausa de 2 segundos para enviar el comando al computador.

Terminado el tiempo la faja transportadora se inicia y el microcontrolador Arduino queda en espera que le llegue el número de la clase predicha por el clasificador. El valor enviado al microcontrolador es capturado para procesarlo por tres condiciones las cuales verifican si el valor recibido desde el computador corresponde a la clase maduro (0), pintón (1) o verde (2), y en función de dichos valores se mueven los actuadores luego de un determinado tiempo. En las Figuras 9 y 10 se aprecian imágenes reales del prototipo de clasificación automática de Citrus Aurantifolia por color.

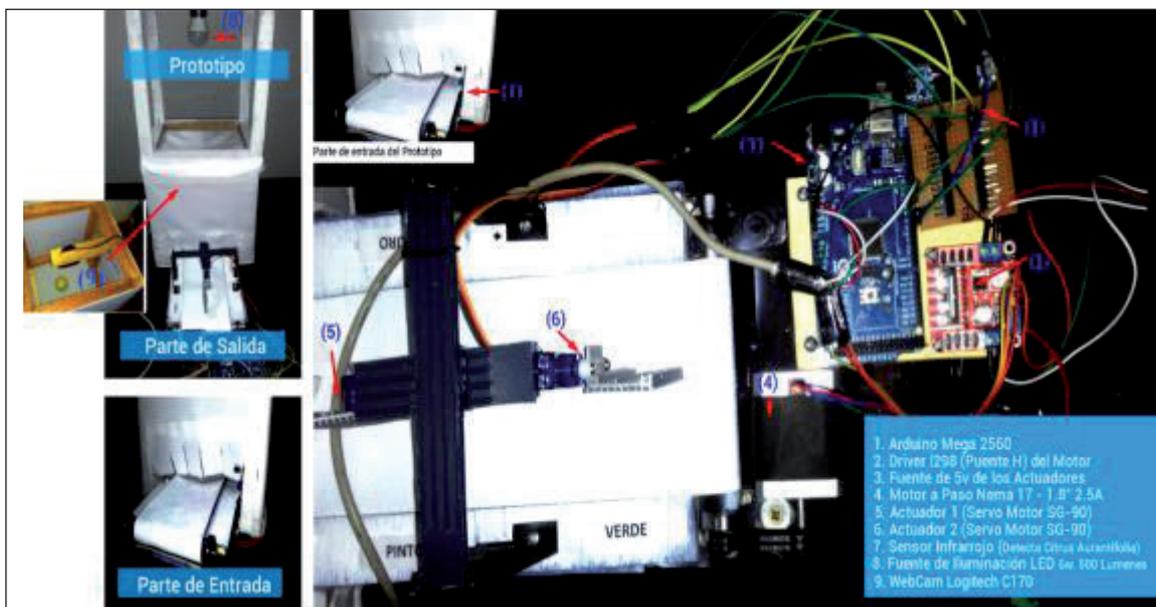


Figura 9: Partes del Prototipo de Clasificación Automático de Citrus Aurantifolia.

A modo de resumen, en la Figura 11 se aprecia respectivamente el diagrama de flujo que se desarrolla entre el prototipo de clasificación automática de Citrus Aurantifolia y la computadora la cual contiene en ejecución la técnica de clasificación automática SVM.



Figura 10: Prototipo de Clasificación Automático de Citrus Aurantifolia.

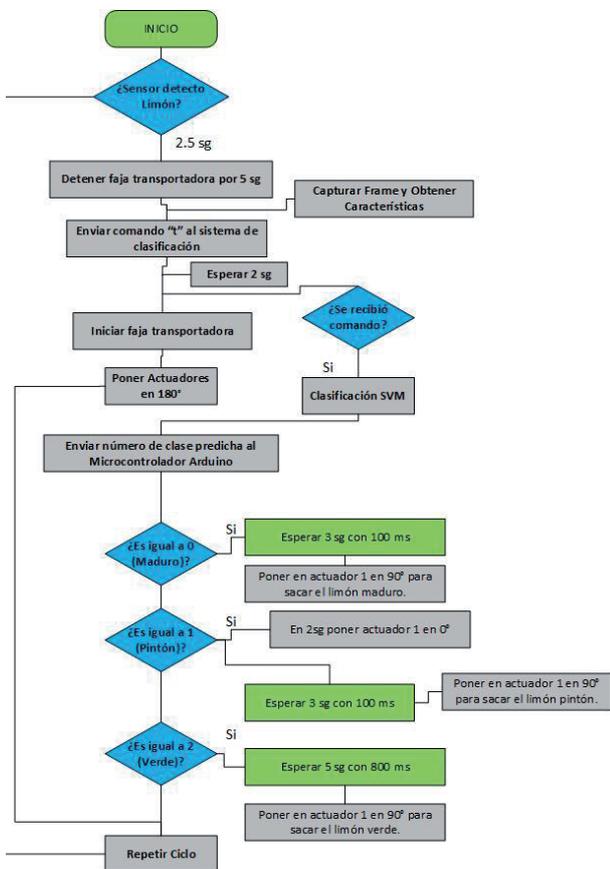


Figura 11: Diagrama de Flujo del Prototipo de Clasificación Automático de Citrus Aurantifolia.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la clasificación automática de Citrus Aurantifolia utilizando las características de los Momentos de Color.

En un primer momento, la técnica de clasificación automática SVM fue entrenada con las características de la media del canal R (rojo) de las imágenes de Citrus Aurantifolia en el espacio de color RGB.

La técnica SVM obtuvo una precisión general del 98%, mientras que se obtuvo una tasa de precisión de 98% para

todas las clases de Citrus Aurantifolia (Maduro, Pintón y Verde). En el mismo orden de clases de Citrus Aurantifolia, la sensibilidad obtenida fue del 100%, 96% y 98% respectivamente. La tasa de especificidad obtenida de las clases fue del 99% y se obtuvo una exactitud del 99% para la clase Maduro, 98% para la clase Pintón, y la clase Verde obtuvo una tasa del 99% respectivamente. La técnica de clasificación SVM obtuvo un tiempo computacional de 0.0467925 seg.

En la Figura 12 se puede apreciar la representación gráfica de los resultados obtenidos de la técnica de clasificación SVM evaluada con los indicadores de sensibilidad, especificidad, exactitud y precisión en clasificar las clases de Citrus Aurantifolia, utilizando las características del Momento de Color de la media del canal R (Rojo) de las imágenes de Citrus Aurantifolia en el espacio de color RGB.

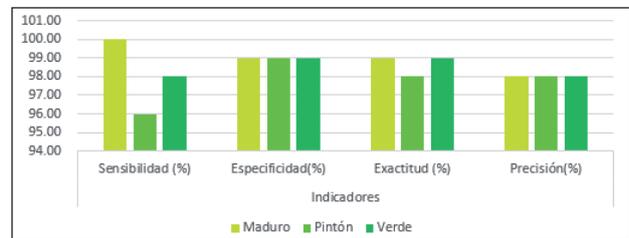


Figura 12: Gráfico de los resultados de la técnica de clasificación SVM entrenada con las características del Momento de Color de la media del canal rojo (R) de las imágenes de Citrus Aurantifolia en el espacio de color RGB.

Estos resultados obtenidos fueron mejorados al entrenar las técnicas de clasificación SVM y KNN con las características de la relación a^*/b^* de las imágenes de Citrus Aurantifolia en el espacio de color CIELAB. Aquí es de resaltar que ambas técnicas de clasificación SVM y KNN al computar los indicadores obtuvieron una tasa de precisión del 100% en clasificar las clases Maduro, Pintón y Verde.

Sin embargo, los tiempos computacionales de ejecución consumidos por las técnicas de clasificación fueron distintos. La técnica de SVM obtuvo un tiempo computacional de ejecución de 0.029801 segundos (29 milisegundos), mientras que el tiempo computacional consumido por la técnica KNN fue de 0.0074096 segundos, es decir aproximadamente 7 milisegundos. Sin embargo, a pesar de que la técnica KNN obtuvo en este caso un tiempo de ejecución menor respecto a SVM, el procesamiento de KNN a gran escala es computacionalmente costoso y requiere de una gran cantidad de memoria para un cálculo eficiente de las similitudes [18]. Se necesitan análisis adicionales para decidir la mejor técnica a utilizar desde el punto de vista computacional, en un escenario a mayor escala.

Conclusiones y Trabajos Futuros

La presente contribución ha presentado un marco de trabajo para la clasificación automática de Citrus Auranti-

folia, el cual está compuesto por seis etapas fundamentales, que son la Caracterización de las clases, Adquisición de las imágenes, Pre-procesamiento de las imágenes, Extracción de las características del color, Entrenar técnica de clasificación automática, y el Prototipo de clasificación

Se concluyó que las características del espacio de color CIELAB (relación a^*/b^*) han permitido obtener una tasa de precisión del 100% en clasificar las clases Maduro, Verde y Pintón de Citrus Aurantifolia. El resultado obtenido fue superior respecto a la utilización de las características del Momento de Color de la media del canal R (rojo) de las imágenes de Citrus Aurantifolia en el espacio de color RGB para entrenar la técnica de clasificación SVM. En este último caso la técnica obtuvo una tasa de precisión general del 98%.

La técnica de clasificación KNN obtuvo un menor tiempo de ejecución respecto a la técnica de clasificación SVM utilizando las características de la relación a^*/b^* de las imágenes de Citrus Aurantifolia en el espacio de color CIELAB.

Las técnicas de pre-procesamiento digital de imágenes y visión artificial se han utilizado sin inconvenientes y demuestran que pueden obtener una tasa de precisión alta en la clasificación automática de frutas como es Citrus Aurantifolia. Por lo tanto su aplicación para automatizar procesos de clasificación manual de frutas puede ayudar a disminuir los errores cometidos por personal experto en clasificación de frutas. Aunque estos sistemas no pueden igualar la precisión del ojo y la mano de los humanos, la velocidad y el costo al que trabajan pueden superarlas fácilmente.

Como trabajo futuro más inmediato, se propone realizar un análisis completo de la superficie de la fruta utilizando otro diseño de faja transportadora que permita rotar la fruta 360° con la finalidad de detectar la presencia de defectos, forma y tamaño de Citrus Aurantifolia. En adición, se pretende aplicar herramientas provenientes de la lógica difusa con el fin de manejar la incertidumbre asociada al proceso de clasificación [19].

Referencias bibliográficas

1. O. S. Enejoh, I. O. Ogunyemi, M. S. Bala, I. S. Oruene, M. M. Suleiman, and S. F. Ambali, "Ethnomedical importance of *Citrus aurantifolia* (christm) swingle," The Pharma Innovation, vol. 4, p. 1, 2015.
2. Y. Ying, H. Xu, and Z. Xu, "Non--destructive maturity evaluation of citrus by hue frequency sequence method," Journal of Biomathematics, vol. 21, pp. 306-312, 2006.
3. M. Khojastehnazhand, M. Omid, and A. Tabatabaeefer, "Development of a lemon sorting system based on color and size," African Journal of Plant Science, vol. 4, pp. 122-127, 2010.
4. J. Blasco, S. Cubero, and E. Moltó, "Quality evaluation of citrus fruits," in Computer vision technology for food quality evaluation, ed: Elsevier, 2016, pp. 305-325.
5. A. Bhargava and A. Bansal, "Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision: A review," Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 2018.
6. K. Hameed, D. Chai, and A. Rassau, "A comprehensive review of fruit and vegetable classification techniques," Image and Vision Computing, vol. 80, pp. 24-44, 2018.
7. H. M. Zawbaa, M. Hazman, M. Abbass, and A. E. Hassanien, "Automatic fruit classification using random forest algorithm," in 2014 14th International Conference on Hybrid Intelligent Systems, 2014, pp. 164-168.
8. G. Muhammad, "Date fruits classification using texture descriptors and shape-size features," Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 37, pp. 361-367, 2015.
9. M. Vassallo-Barco, L. Vives-Garnique, V. Tuesta-Monteza, H. I. Mejia-Cabrera, and R. Yera, "Automatic Detection of Nutritional Deficiencies In Coffee Tree Leaves Through Shape And Texture Descriptors," Journal of Digital Information Management, vol. 15, pp. 7-18, 2017.
10. M. B. Atitallah, A. Boudabous, A. B. Atitallah, and R. Kachouri, "Complexity study of the Gamma correction method for text extraction from complex images," in 2015 16th International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA), 2015, pp. 422-426.
11. N. A. Dobernack, "Implementación de un sistema de detección de señales de tráfico mediante visión artificial basado en FPGA," Universidad de Sevilla, Sevilla, España.[Online] Available: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12112/fichero/Documento_por_capitulos_vol_2_2013.
12. D. E. Figueroa and E. R. Guerrero, "Sistema de visión artificial para la identificación del estado de madurez de frutas (granadilla)," Redes de Ingeniería, vol. 7, pp. 78-86, 2016.
13. N. Keen, "Color moments," School Of Informatics, University Of Edinburgh, pp. 3-6, 2005.
14. K. L. Yam and S. E. Papadakis, "A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces," Journal of food engineering, vol. 61, pp. 137-142, 2004.
15. C. A. Padrón Pereira, P. León, G. Marié, A. I. Montes Hernández, and R. A. Oropeza González, "Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración," Agronomía Costarricense, vol. 36, pp. 97-111, 2012.
16. D. Unay and B. Gosselin, "Automatic defect segmentation of 'Jonagold' apples on multi-spectral images: A comparative study," Postharvest Biology and Technology, vol. 42, pp. 271-279, 2006.
17. J. D. Kelleher, B. Mac Namee, and A. D'arcy, *Fundamentals of machine learning for predictive data analytics: algo-*

rithms, worked examples, and case studies: MIT press, 2015.

18. **J. Olivares, A.-M. Kermarrec, and N. Chiluka**, “*The out-of-core KNN awakens: the light side of computation force on large datasets*,” *Computing*, vol. 101, pp. 19-38, 2019.
19. **R. Yera and L. Martínez**, “*Fuzzy tools in recommender systems: A survey*,” *International Journal of Computational Intelligence Systems*, vol. 10, pp. 776-803, 2017.

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 77–84

Registros semióticos de representación en el tratamiento del crecimiento y concavidad de una función

Semiotic registers of representation in the treatment of the growth and concavity of a function

Graciela C. Lombardo¹, Velma M. Benítez¹, Lucas J. Domínguez¹,
René M. Skrypczuk¹, Liliana R. Pagnoni¹

1- Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Misiones, Ruta 12 Km 7 ½

CP 3304, Miguel Lanús, Misiones, Argentina.

* E-mail: gracielalombardo@gmail.com

Recibido: 03/08/2020; Aprobado: 28/10/2020

Resumen

El propósito del presente trabajo fue identificar los registros semióticos de representación en el tratamiento del crecimiento y concavidad de una función en relación a la función derivada. Se tomaron como objeto de estudio evaluaciones del primer y segundo cuatrimestre, de la asignatura Análisis Matemático de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones, ambas del año 2019.

Se llevaron a cabo dos etapas claramente diferenciadas entre sí, aunque complementarias. En la primera se analizaron los registros de representación empleados en el primer parcial del primer cuatrimestre, con relación al tema abordado. En tanto que en la segunda etapa se implementó, en un primer momento, una secuencia didáctica diseñada a efectos de promover el mayor uso de registros en el abordaje temático; y en un segundo momento analizar el uso de registros semióticos de representación en dos grupos de alumnos de una misma comisión.

Este trabajo propició herramientas para repensar la práctica docente y generar actividades que promuevan el uso de diferentes registros semióticos de representación a efecto que estén presentes para la resolución de actividades, aún diferentes a las realizadas comúnmente.

Palabras clave: Registros semióticos de representación; Función derivada; Crecimiento, Concavidad; GeoGebra

Abstract

The purpose of this work was to identify the semiotic registers of representation in the treatment of the growth and concavity of a function in relation to the derived function. Assessments from the first and second semester 2019 of the subject Mathematical Analysis of the Faculty of Economic Sciences of the National University of Misiones were taken as study object.

Two clearly differentiated, though complementary, stages were carried out. In the first, the representation records used in the first part of the first four-month period were analyzed. In the second stage, a didactic sequence designed to promote the greater use of registers in the thematic approach was first implemented; and in a second phase, the use of semiotic representation registers was analyzed within two teams of students from the same instructional grouping.

This work provided tools to rethink our teaching practice and to generate activities that would promote the use of different semiotic registers of representation, so that they are present for solving activities, even for the ones that may differ from those that are generally implemented.

Keywords: Semiotic representation registers; Derived function; Growth; Concavity; GeoGebra

Introducción

El presente artículo es un avance del proyecto de investigación “Análisis de la incidencia en el razonamiento visual del software GeoGebra en el proceso de enseñanza y aprendizaje del Cálculo”, de la Facultad de Ciencias Económicas (FCE) de la Universidad Nacional de Misiones

(UNaM), aprobado según Resolución CD N° 009/19 (16/E1007-PI).

En el marco de la enseñanza universitaria, y en particular en Cálculo, los docentes buscan diversos métodos que mejoren la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje. Por tal motivo se recurre a la investigación educativa para que, mediante la adecuación del conocimiento específico,

este sea transferido efectivamente a los educandos. Un punto álgido para lograr este cometido es propender la integración y el compromiso de los estudiantes en ese proceso, ya como actores fundamentales y no como meros receptores de contenidos.

La investigación exploratoria se realizó en la Cátedra Análisis Matemático de las carreras Contador Público, Licenciatura en Administración de Empresas y Licenciatura en Economía, de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones, durante los dos cuatrimestres del año 2019. El objeto de estudio fueron las evaluaciones de los estudiantes de dos comisiones del mencionado período.

El propósito de esta etapa de investigación fue determinar cuáles son los registros semióticos de representación utilizados por los estudiantes en el tratamiento de la relación existente entre el crecimiento y concavidad de una función con su función derivada.

La motivación para realizar este trabajo emerge de observar, año a año, dificultades en la interpretación de la relación existente entre los intervalos de crecimiento, decrecimiento, concavidad y convexidad de una función y las características intrínsecas de la función derivada. Sumado a este inconveniente está, en muchos alumnos, el manejo escaso de registros semióticos de representación en los diversos conceptos del Cálculo Diferencial, y el tratado en esta oportunidad no es la excepción.

Marco teórico

Las representaciones semióticas son las “producciones constituidas por el empleo de signos que pertenecen a un sistema de representación, el cual tiene sus propias limitaciones de significado y de funcionamiento” [1]

Por ser entes abstractos, los objetos matemáticos son visualizados mediante representaciones semióticas diversas. Una función o una relación funcional puede expresarse mediante un conjunto infinito de pares ordenados, de forma tabular, a través de una gráfica, etc. [2]

En toda actividad matemática se recurre a la transformación de signos dentro de sistemas semióticos culturalmente dados, por lo tanto, el aprendizaje de las matemáticas intrínsecamente es, ante todo, una actividad semiótica. Para comprender el uso de signos se debe tener en cuenta la actividad reflexiva mediada que subyace a la coordinación de sistemas semióticos, esto es, a las configuraciones cognitivas que son activadas por dichos sistemas de prácticas. [3]

Una teoría que permite caracterizar el trabajo matemático vinculado a las funciones es el enfoque cognitivo basado en los registros de representaciones semióticas de Duval (1995). El mismo plantea que la conceptualización se logra cuando el estudiante es capaz de recurrir a varios registros de representación semiótica, como ser: gráficos, símbolos, íconos, tablas, expresiones en lenguaje natural,

etc. Aunque se ha determinado que los alumnos poseen dificultades en la conversión entre diferentes registros de representación, hasta en algunos casos imposible de ser realizada [1]. [2]

Las representaciones cumplen funciones como mediar con los objetos matemáticos y el entendimiento de los conceptos abordados.

En particular, lo que se refiere a representaciones ostensivas que están vinculadas al concepto de función, pueden clasificarse en expresión verbal, tabla, gráfica y expresión analítica [4] [5].

La representación verbal se relaciona con la capacidad lingüística de las personas, y es básica para interpretar y relacionar las otras tres; la representación en forma de tabla se relaciona con el pensamiento numérico; la representación gráfica se conecta con las potencialidades conceptualizadoras de la visualización y se relaciona con la geometría y la topología; mientras que la expresión analítica se conecta con la capacidad simbólica y se relaciona principalmente con el álgebra. [5]

Las transformaciones entre representaciones pueden ser el tratamiento de una representación que es la transformación de la representación dentro del mismo registro donde ha sido formulada y la conversión de una representación que es la transformación de la representación en otra representación de otro registro, en la que se conserva la totalidad o parte del significado de la representación inicial. [6]

Las habilidades que requieren los alumnos para realizar las transformaciones en un mismo registro o conversiones entre diferentes registros se muestran en la Tabla 1 [4]. Con el paso de una a otra representación se amplía y reorganiza la información presente en la representación de salida.

Tabla 1: Habilidades requeridas en las transformaciones entre registros semióticos de representación

		Hasta			
		Descripción verbal	Tabla de datos	Gráfico cartesiano	Expresión algebraica
Desde	Descripción verbal	Describir	Medir	Esbozar	Modelizar
	Tabla de datos	Leer	Modificar	Dibujar	Ajustar
	Gráfico cartesiano	Interpretar	Leer	Variar (escala o unidades)	Ajustar
	Expresión algebraica	Reconocer parámetros	Calcular	Dibujar	Transformar

Resulta fructífero que los estudiantes realicen las transformaciones entre todas las formas de representación (incluso dentro de una misma forma), aunque la incorporación de software matemático, al proceso de enseñanza y aprendizaje, imprime el riesgo de facilitar o automatizar algunas de ellas. De aquí la conveniencia de posibilitar la transformación entre el registro gráfico y la expresión simbólica [5].

Materiales y métodos

La investigación exploratoria efectuada tomó como objeto de estudio las evaluaciones de los alumnos de la asignatura Análisis Matemático, de las Carreras de grado (Contador Público, Licenciatura en Administración de Empresas y Licenciatura en Economía) de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones. Esta exploración corresponde a dos cursos del ciclo lectivo 2019, uno al primer cuatrimestre (doble cursado) y otros dos al segundo cuatrimestre (cursado normal). En ambos casos se centró el análisis sobre los conceptos relativos a crecimiento, decrecimiento, concavidad y convexidad de una función.

Se pueden reconocer dos etapas en este período de investigación, las cuales atañen y tienen como propósito la identificación del uso de registros semióticos de representación en la resolución de actividades propias de exámenes parciales del primer cuatrimestre del año 2019, como también en el segundo cuatrimestre del mismo año.

A tal efecto, se adaptó la Tabla 1 incorporando dos columnas a cada una de las existentes, donde con el fin de indicar si la respuesta en esa transformación o conversión, según corresponda, está bien (B), regular (R), mal (M) o no responde (N) (Ver Tabla 2).

En tal sentido, los significados de las calificaciones refieren a la forma en que el estudiante realizó los tratamientos en los registros semióticos de representación. En particular se consideró regular (R) a una transformación que tiene algún error en el proceso resolutorio, ya sea gráfico, tabular o analítico, pero no es incorrecto en su totalidad.

Cabe aclarar que, en el proceso investigativo, se completó una tabla por cada examen escudriñado.

Tabla 2: Calificaciones de habilidades de las transformaciones entre registros semióticos de representación

		Hasta																	
		Descripción verbal				Tabla de datos				Gráfico cartesiano				Expresión algebraica					
		B	R	M	N	B	R	M	N	B	R	M	N	B	R	M	N		
Desde	Descripción verbal																		
	Tabla de datos																		
	Gráfico cartesiano																		
	Expresión algebraica																		

Primera etapa: Teniendo en cuenta que la conceptualización, en Matemática, se logra cuando el estudiante es capaz de recurrir a varios registros semióticos de representación, y ante la experiencia docente de observar inconvenientes, incluso fracasos, en el abordaje de esta temática, es que se planteó el propósito de identificar cuáles son los registros que usualmente utilizan los alumnos en las resoluciones de actividades inherentes a estos conceptos.

Esta etapa transcurrió durante el primer cuatrimestre del año 2019. El equipo de investigación identificó en las resoluciones de una actividad del primer examen parcial (Figura 1), efectuadas por los alumnos cursantes, cuáles fueron los registros de representación utilizados, así como las transformaciones de las representaciones dentro de un mismo registro, y la conversión de representaciones en otras de otros registros.

Dada la función $f(x) = \frac{x^2}{x-1}$, indicar cuáles son los intervalos de crecimiento, decrecimiento, concavidad y convexidad. Graficar.

Figura 1: Actividad del primer parcial del primer cuatrimestre 2019.

Segunda etapa: Esta aconteció durante el segundo cuatrimestre del año 2019; se llevaron a cabo dos subetapas diferentes, aunque complementarias:

Primera subetapa: Teniendo en cuenta que el uso de la mayor cantidad de representaciones semióticas posibilita la mediación entre los objetos matemáticos y el entendimiento de los conceptos abordados, es que el equipo de investigación decidió diseñar un instrumento que genere la intervención y uso de una mayor cantidad de registros posibles.

Es así que, se diseñó una secuencia didáctica referida al tema en cuestión (Figura 2).

Se pensó este instrumento a los efectos de promover el mayor uso de registros semióticos de representación en el abordaje temático, a través de la utilización de GeoGebra. A tal efecto, los estudiantes deberían asistir con notebook o netbook o bien con Smartphone con el software GeoGebra instalado.

Cabe destacar que, entre las características con las que cuenta GeoGebra están las diferentes vistas, las cuales se actualizan sincrónicamente a medida que se introducen modificaciones en cualquiera de ellas, en este caso la función y la recta tangente tratadas en la secuencia. Las vistas que dispone el software, y que fueron utilizadas con los fines antes aludidos, son: algebraica, gráfica y hoja de cálculo. Estas se corresponden con los registros: analítico, gráfico y tabular, respectivamente. Además, GeoGebra cuenta con recurso de animación que potencian la visualización de las características propias de la función y su relación con la función derivada, en cada uno de los registros semióticos de representación.

Posteriormente se implementó, la mencionada subetapa, en la comisión del turno mañana, durante dos módulos de dos horas reloj cada uno, y los alumnos trabajaron grupalmente.

- a) Graficar, en GeoGebra, la función $f(x) = \frac{x^3}{3} + x^2 - 3x$
- b) Crear el deslizador “a” definido entre -10 y 10
- c) Generar el punto $P_0(a, f(a))$
- d) ¿Cuál es el significado de $f(a)$?
- e) Graficar la recta tangente a la gráfica de f en P_0
- f) Determinar el valor de la pendiente de la recta tangente en P_0 , y su signo de acuerdo a las coordenadas de P_0 .
- g) Analizar y determinar las características o comportamiento que posee la función f , en relación al signo de f' .
- h) ¿Qué puede afirmarse respecto del crecimiento o decrecimiento que tiene la pendiente de la recta tangente de acuerdo a las coordenadas de P_0 ?
- i) Analizar y determinar las características que posee la función f , en relación al crecimiento o decrecimiento del valor de $f'(a)$.

Figura 2: Actividades de la secuencia didáctica.

Para la ejecución de la secuencia didáctica, se diseñó la Tabla 3, cuyas columnas se completaron sucesivamente a medida que los equipos abordaron los ítems c), d), e), f), g), h), e i) de la actividad 1, respectivamente, para luego, en cada caso, hacer la puesta en común en el pizarrón.

Tabla 3: Registros de la secuencia didáctica.

1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
a	$f(a)$	$f'(a)$	Signo de $f'(a)$	Característica de f	¿ f' es creciente o decreciente?	Característica de f	Signo de $f''(a)$

Segunda subetapa: El propósito de esta etapa fue determinar la diferencia en la utilización de mayor cantidad de registros semióticos de representación entre los alumnos que asistieron a la secuencia didáctica y los que no. Estos últimos no lo hicieron diversos motivos personales ajenos a la cátedra.

En esta subetapa se estudiaron las actividades resueltas en los exámenes escritos, utilizando como marco de referencia a los autores mencionados precedentemente (Figura 3).

A tal efecto, se tomaron de las evaluaciones del primer parcial las resoluciones de la actividad relativa al tema abordado en el presente. Los exámenes indagados fueron, por un lado, de aquellos alumnos que asistieron a la secuencia didáctica (grupo experimental) y, por otro, de los restantes, de la misma comisión, que no estuvieron presente en esa oportunidad (grupo de control).

Dada la gráfica de f' : a) Indicar los intervalos de crecimiento, puntos críticos, intervalos de concavidad y convexidad y punto de inflexión de f b) Hacer un bosquejo de f

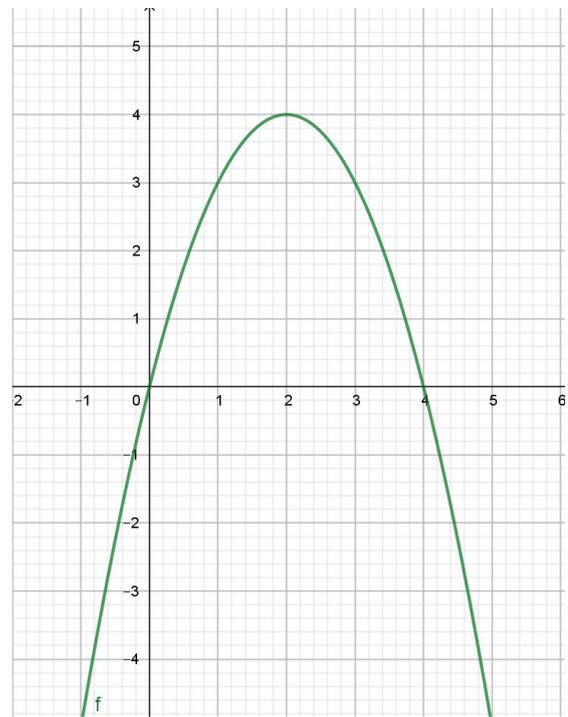


Figura 3: Actividad del primer parcial del segundo cuatrimestre 2019.

Resultados

Primera etapa: La cantidad de alumnos que realizaron el primer parcial del primer cuatrimestre del 2019, respecto de los cuales se llevó a cabo la investigación exploratoria, fue 32.

Tal como fuera indicado en la sección anterior, se procedió a completar la Tabla 2, una por cada examen analizado. En tal sentido, pudo determinarse que los tratamientos dentro de un mismo registro de representación son: verbal, analítico y tabular. Asimismo, se observó que las conversiones entre diferentes registros detectadas fueron: verbal al analítico, tabular a gráfico, analítico a verbal, analítico a tabular, gráfico a verbal, analítico a gráfico y verbal a gráfico.

Para analizar las respuestas, de los estudiantes, se construyeron las Tablas 4 y 5, ambas de doble entrada, en las que se consignaron los tratamientos en un mismo registro y conversiones entre registros diferentes, en función de las calificaciones de las respuestas (bien, regular, mal, o no realiza).

Tabla 4: Cantidad de registros, según calificación por tipo de tratamiento, correspondientes al primer parcial del primer cuatrimestre de 2019.

		Calificación			
		Bien	Regular	Mal	No realiza
Tratamiento	Verbal	12	3	5	12
	Tabular	10	2	3	17
	Analítico	13	7	6	6

Tabla 5: Cantidad de registros, según calificación por tipo de conversión, correspondientes al primer parcial del primer cuatrimestre de 2019.

		Calificación			
		Bien	Regular	Mal	No realiza
Conversión	Verbal a analítico	16	4	5	7
	Tabular a gráfico	11	2	3	16
	Analítico a verbal	8	2	7	15
	Analítico a tabular	3	0	0	29
	Gráfico a verbal	3	0	1	28
	Analítico a gráfico	4	1	0	27
	Verbal a gráfico	3	0	5	24

De la información obtenida, de la Tabla 4, se tiene que el 62,5% de las evaluaciones se observa el tratamiento dentro del registro verbal en las descripciones que realizan sus autores en las conclusiones parciales o finales de la resolución de la actividad.

El 46,88% realizó el tratamiento dentro del registro tabular al hallar las imágenes, a través de la función, de cada punto seleccionado.

El tratamiento realizado dentro del registro algebraico fue evidenciado en un 82,25% de las evaluaciones. En este proceso los estudiantes se abocaron a la búsqueda de puntos críticos, intervalos de crecimiento, decrecimiento, intervalos de concavidad, convexidad y puntos de inflexión.

De los datos recabados de la Tabla 5, pudo inferirse que el 78,13% de los alumnos realizaron conversión del registro verbal al analítico. Esto significa que a partir de la consigna se abocaron a obtener, desde el cálculo diferencial, relaciones que indiquen intervalos de crecimiento, decrecimiento, extremos, intervalos de concavidad y convexidad.

El 50% de los jóvenes procedieron en la conversión del registro tabular al gráfico. En esto se procedió a encontrar el gráfico cartesiano de la función a partir de pares ordenados expresamente seleccionados en una disposición tabular.

El 53,13% de los exámenes mostraron la conversión del registro analítico al verbal. En este proceso, los jóvenes procedieron a describir las características de la función luego de proceder al desarrollo algebraico en el que desplegaron sus conocimientos del cálculo diferencial.

Un 9,36% de los exámenes manifestaban la conversión del registro analítico al tabular, proceso que requirió la habilidad de ir de las conclusiones algebraicas al cálculo de coordenadas de puntos que pertenecen a la gráfica de la función.

El 12,5% realizaron la traducción del registro gráfico al verbal, a efectos de traducir las características de la función. Este es válido para un curso inicial de matemática, en un curso de la Universidad, no en el nivel que el estudiante ya ha adquirido herramientas conceptuales que otorga el cálculo diferencial.

En la conversión del registro analítico al gráfico operaron 15,63% de los estudiantes. Si bien no se observó la presencia de tablas de datos, se infiere que tuvieron que hacer esos cálculos en hoja a parte para lograr la confección deseada.

Finalmente, el 25% procedió a la traducción del registro verbal al gráfico. En este aspecto se supone que el 9,38% graficó en forma correcta, aunque tuvo que recurrir a una tabla de datos en hoja aparte, en tanto que el 15,62% procedió a realizar esbozos incorrectos de la función pretendida.

Segunda etapa: Esta etapa transcurrió durante el segundo cuatrimestre del año 2019, la que, su vez, consta de dos subetapas.

Primera subetapa: Como se manifestó en la sección anterior se diseñó una secuencia didáctica referida al tema abordado, la que consta de dos actividades consignadas en la Figura 2. En fechas acordadas, con el equipo de investigación, se implementó la secuencia didáctica y se trabajó con grupos de al menos tres integrantes. Más precisamente seis equipos de tres y dos de cinco miembros cada uno respectivamente.

Para llevar a cabo la secuencia didáctica los estudiantes debieron asistir con al menos una notebook o netbook con el software GeoGebra instalado, aunque también se dio el caso que algunos alumnos contaban con esta instalación en sus Smartphone.

Se inició el encuentro exponiendo, a través del cañón proyector, y explicando la forma de introducción de la función $f(x) = \frac{x^3}{3} + x^2 - 3x$, mediante sintaxis específica, al tiempo que los estudiantes lo realizaron en equipo en sus computadoras. Asimismo, se los instruyó en la construcción del deslizador "a", en un rango seteado convenientemente, y la determinación del punto $Po(a, f(a))$, asociado al deslizador.

Se formuló la pregunta ¿Cuál es el significado de $f'(a)$?, y los alumnos respondieron que representa la pendiente de la recta tangente a la gráfica de la función f en el punto Po . Acto seguido se los invitó a graficar la mencionada tangente (Figura 4).

Cabe destacar que, la gráfica de la función, el punto, el deslizador y la recta tangente muestran sus representaciones tanto en la vista gráfica como en la vista algebraica, virtudes que posee la interface de GeoGebra al brindar simultáneamente, en este caso, dos registros de representación: expresión analítico y gráfico.

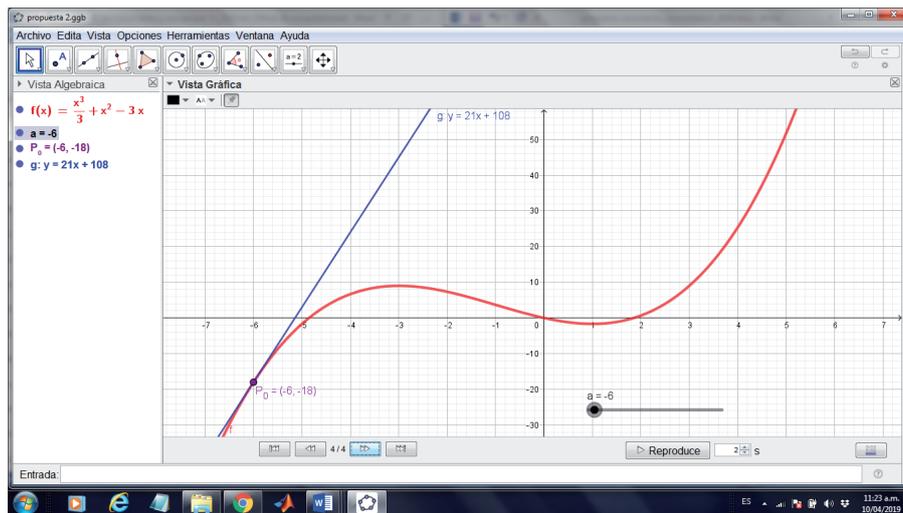


Figura 4. Captura de pantalla de Geogebra: Representación gráfica y analítica de deslizador “a”, función f y recta tangente a la curva en el punto $P_0(a, f(a))$.

Si bien GeoGebra cuenta con hoja de cálculo donde pueden registrarse, en forma sincrónica, valores que surgen de la animación de diversos objetos, por una cuestión de espacio y mejor visión se optó por construir y completar, en el pizarrón, la Tabla 3 (registro tabular).

A partir de la participación de los alumnos, la docente fue completando la tabla en forma paulatina, y se obtuvieron relaciones y conclusiones conjuntas, tal como se indica a continuación:

- Abscisa y ordenada de P_0 , pendiente de la recta tangente en P_0 ($f'(a)$) y signo que adopta de acuerdo a las coordenadas de P_0 .

- Análisis y determinación de características de la función, en relación al signo de $f'(a)$. Los estudiantes establecieron que cuando $f'(a) > 0$, f es creciente; cuando $f'(a) < 0$, f es decreciente; y cuando $f'(a) = 0$, f no es creciente ni decreciente. Lo cual derivó en la institucionalización de las características del crecimiento o decrecimiento de una función en un determinado intervalo.

- Determinación del crecimiento o decrecimiento que tiene pendiente de la recta tangente de acuerdo a las coordenadas de P_0 . Los jóvenes determinaron los intervalos en los cuales $f'(a)$ aumenta, disminuye o no aumenta ni disminuye.

- Análisis y determinación de características que posee la función, en relación al crecimiento o decrecimiento del valor de $f'(a)$. Los estudiantes establecieron que cuando $f'(a)$ es creciente entonces f es cóncava; y cuando $f'(a)$ es decreciente entonces f es convexa. Posteriormente, se realizó la institucionalización del concepto abordado. Asimismo, se analizó y estipuló la relación existente entre la concavidad y convexidad de la función, en un intervalo, con el signo de la derivada segunda en el mismo intervalo.

Se produjeron los tratamientos dentro de los registros analítico, gráfico, tabular y verbal, al tiempo que se hicieron conversiones entre: registro gráfico y analítico, gráfico

y tabular, analítico y gráfico, verbal y analítico, verbal y gráfico, verbal y tabular.

Segunda subetapa: La cantidad de alumnos que realizaron el primer parcial en el segundo cuatrimestre del año 2019, de la comisión del turno mañana, respecto de los cuales se llevó a cabo la investigación exploratoria, fue 58. A su vez, se subdividen en 27 que asistieron a la secuencia didáctica (grupo experimental) y 31 que no lo hicieron (grupo de control).

Cabe destacar que, si bien los alumnos del grupo de control, por razones de índole personal, no asistieron a la clase donde se implementó la secuencia didáctica, existieron otras instancias donde pudieron abordar la temática en cuestión, como ser clases prácticas, tutorías y horarios de consulta, lo cual garantiza el abordaje del tema por otros medios.

Al igual que en la primera etapa, se completó la Tabla 2, una por cada examen analizado. Es así que, pudo determinarse que los tratamientos dentro de un mismo registro de representación son: verbal y gráfico. Asimismo, se observó que las conversiones entre diferentes registros detectadas fueron: gráfico a verbal, y verbal a gráfico.

A efectos de analizar las respuestas, dadas por los estudiantes, se construyeron las Tablas 6 y 7, para el grupo experimental y Tablas 8 y 9 para el grupo de control, del mismo modo que se hizo con las Tablas 4 y 5, respectivamente, en la primera etapa.

El 96,3% de los alumnos del grupo experimental realizó el tratamiento en el registro verbal al plasmar las diversas características de la gráfica de la función. Aunque el 22,22% lo hizo incorrectamente y solo el 3,7% no lo efectuó. En tanto que el 77,78% de los estudiantes realizaron correctamente o en forma regular el tratamiento dentro del registro gráfico, mientras que el 22,22% lo hizo incorrectamente. Este proceso fue llevado a cabo al esbozar la función solicitada a partir del gráfico de la función derivada.

Tabla 6: Cantidad de registros, según calificación por tipo de tratamiento, correspondientes al primer parcial del segundo cuatrimestre de 2019 en el grupo experimental.

		Calificación			
		Bien	Regular	Mal	No realiza
Tratamiento	Verbal	17	3	6	1
	Gráfico	19	2	6	0

Tabla 7: Cantidad de registros, según calificación por tipo de conversión, correspondientes al primer parcial del segundo cuatrimestre de 2019 en el grupo experimental.

		Calificación			
		Bien	Regular	Mal	No realiza
Conversión	Gráfico a verbal	19	1	6	1
	Verbal a gráfico	19	1	6	1

Además, el 74,08% de los exámenes evidenciaron la conversión entre los registros verbal y gráfico de manera correcta o medianamente correcta, en tanto que el 22,22% lo hizo incorrectamente y en el 3,7% no se efectuó.

El 58,06% de los estudiantes del grupo de control hicieron un tratamiento incorrecto en el registro verbal en contraposición con el 41,94% que lo hizo de manera correcta o regular. Mientras que un 54,39% lo efectuó incorrectamente en el registro gráfico, en contraste con el 41,94% que lo hizo de modo correcto o regular.

Tabla 8: Cantidad de registros, según calificación por tipo de tratamiento, correspondientes al primer parcial del segundo cuatrimestre de 2019 en el grupo control.

		Calificación			
		Bien	Regular	Mal	No realiza
Tratamiento	Verbal	9	4	18	0
	Gráfico	13	0	17	1

Tabla 9: Cantidad de registros, según calificación por tipo de conversión, correspondientes al primer parcial del segundo cuatrimestre de 2019 en el grupo control.

		Calificación			
		Bien	Regular	Mal	No realiza
Conversión	Gráfico a verbal	10	3	18	0
	Verbal a gráfico	10	3	18	0

Al mismo tiempo, el 58,06% de los exámenes acreditaron la conversión entre los registros verbal y gráfico de manera incorrecta, en tanto que el porcentaje restante lo hizo de forma correcta o medianamente correcta.

El 63% del grupo experimental efectúa, en el Parcial, Bien el tratamiento del lenguaje verbal y sólo el 22% lo realiza Mal. A diferencia del grupo de control en el que sólo el 29% realiza Bien este tratamiento y, el 58%, Mal. En cuanto al tratamiento Regular del lenguaje citado, son similares los porcentajes en ambos grupos.

En las Figuras 5 y 6 se comparan los porcentajes de los tratamientos en un mismo registro en función de las

calificaciones entre el grupo experimental y el de control, en tanto que en las Figuras 7 y 8 se procede de idéntica forma con las conversiones entre dos registros.

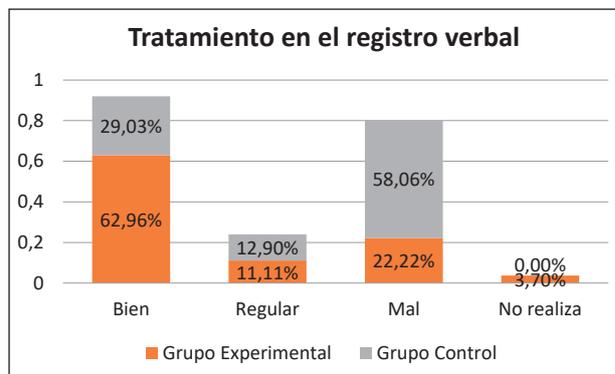


Figura 5: Tratamiento en el registro verbal del 1er parcial del Segundo Cuatrimestre 2019.

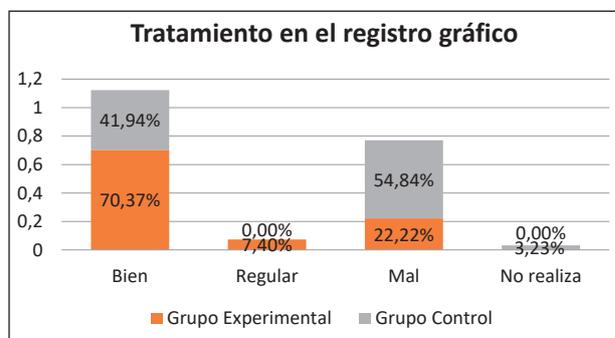


Figura 6: Tratamiento en el registro gráfico del 1er parcial del Segundo Cuatrimestre 2019.

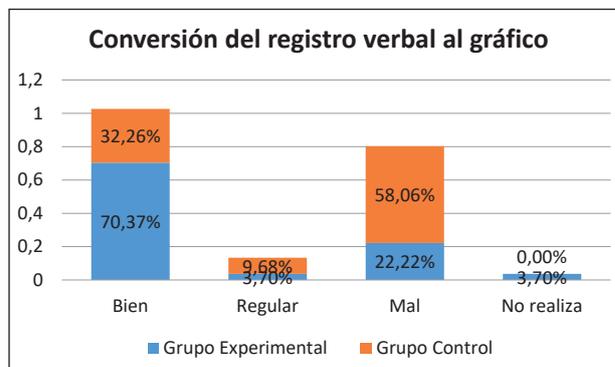


Figura 7: Conversión del registro verbal al gráfico del 1er parcial del Segundo Cuatrimestre 2019.

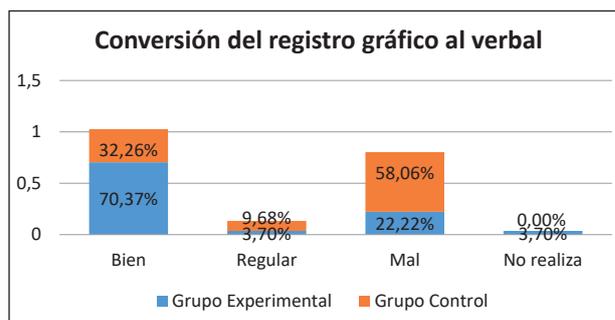


Figura 8: Conversión del registro gráfico al verbal del 1er parcial del Segundo Cuatrimestre 2019.

El 77,78% del grupo experimental efectúa correctamente o de modo regular, el tratamiento del lenguaje gráfico y sólo el 22,2% lo realiza Mal. A diferencia del grupo de control en el que sólo el 42% realiza Bien este tratamiento y, el 55%, Mal. Se observa, un bajo porcentaje de alumnos del grupo experimental que realiza de forma regular el tratamiento del lenguaje al que se hace referencia y sólo el grupo de control no lo realiza.

En cuanto a la conversión del lenguaje verbal al gráfico, en el grupo experimental el 70,4% de los alumnos hicieron Bien y sólo el 22,2% Mal. A diferencia del grupo de control, en el que el 32,3% hizo Bien y el 58% Mal. Un 9,7% del grupo de control hizo Regular esta conversión entre lenguajes y el 3,7% del grupo experimental lo hizo de esta manera.

Existe una clara diferencia entre los estudiantes que realizaron mayor número de tratamientos y conversiones del grupo experimental comparada con el grupo de control. Diferencia que finalmente se traduce no solamente en número de transformaciones sino también en la forma correcta de hacerlo. A la luz de la teoría postulada por Duval, la conceptualización es alcanzada cuando el alumno puede recurrir a distintos registros semióticos de representación.

Conclusiones

En el presente trabajo pudo determinarse cuáles son los registros semióticos de representación utilizados por los alumnos de dos comisiones de la cátedra Análisis Matemático, de las carreras de grado antes mencionadas. Los tratamientos determinados son relativos al estudio de intervalos de crecimiento y de concavidad de una función, como también su relación con las características propias de la función derivada.

El haber operado con mayor cantidad de transformaciones de registros semióticos de representación habla de un mejor manejo de los conceptos abordados, lo cual se condice con lo postulado por los autores de la bibliografía utilizada en el marco teórico.

El contraste observado entre el grupo experimental y el de control, permite conjeturar que la implementación de la secuencia didáctica abonó en favor de enriquecer las habilidades de los alumnos al momento de utilizar mayor número de transformaciones de registros semióticos de representación, a diferencia de lo que también sucedía en la evaluación del cuatrimestre anterior. Cabe destacar que los alumnos de primer cuatrimestre podrían haber hecho uso correcto de una gran variedad de tratamientos y conversiones, pero no lo hicieron, lo cual motivó al equipo de investigación a llevar a cabo el diseño e implementación de la secuencia didáctica.

También, puede señalarse que el uso de GeoGebra propició los resultados obtenidos, ya que los estudiantes advirtieron las características de la función en concordancia con las de su derivada. Características evidenciadas

en los distintos registros semióticos de representación que ofrece el software en sus diferentes vistas, además de los recursos de animación que potencian la visualización de las características intrínsecas y relaciones entre las funciones estudiadas.

Este trabajo propició herramientas que demostraron ser superadoras para repensar la práctica docente y generar actividades que promuevan el uso de diferentes registros semióticos de representación a efecto que estén presentes para la resolución de nuevas actividades.

Referencias

1. Duval, R. (1993). *Registros de Representación Semiótica y Funcionamiento Cognitivo del Pensamiento*. Annales de Didactique et de Sciences Cognitives. 5, págs. 37-65.
2. Soto, M., Herrera, C. y Pereyra, N. (2019). *Coordinación de Registros de Representación en el Aprendizaje de la Función Lineal*. UNIÓN. Revista Iberoamericana de Educación Matemática. 55, 71-84. Recuperado de <http://www.fisem.org/www/union/revistas/2019/55/03.pdf>
3. Rojas Garzón, P. (2015). *Objetos matemáticos, representaciones semióticas y sentidos*. Enseñanza de las ciencias. 33 (1), 151-165. Recuperado de <https://ensciencias.uab.es/article/view/v33-n1-rojas/1479-pdf-es>
4. Janvier, C. (1987). *Representation and Understanding: The notion of Functions as an example*. C. Janvier (ed) Problems of Representation in the Teaching and Learning of Mathematica, Lawrence Erlbaum Associates, 67-71.
5. Font, V. (2001). *Reflexiones didácticas desde y para el aula*. Revista EMA. 6 (2), 180-200. Recuperado de [http://www.pagvf.esy.es/index_archivos/\(04\)RD.pdf](http://www.pagvf.esy.es/index_archivos/(04)RD.pdf)
6. Godino, J., Wilhelmi, M., Blanco, T., Contreras, A. y Giacónome, B. (2016). *Análisis de la actividad matemática mediante dos herramientas: Registros de representación semiótica y configuración ontosemiótica*. AIEM. Avances de la Investigación en Educación Matemática. 10. 91-110. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/310100320>

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 85-88

Estado de inmunización contra el virus de Hepatitis B en el personal de un laboratorio hospitalario de Posadas, Misiones

Status of immunization against Hepatitis B virus in the staff of a hospital laboratory of Posadas, Misiones

Susana Castillo Rascón^{1,2,*}, Melisa Blanco¹, Catalina Studer¹, Cristina Aguirre¹, Andrea Sánchez¹, Mariana Villalba¹, Graciela Medina¹

1- Laboratorio de Alta Complejidad de Misiones (LACMI)-Parque de la Salud-Provincia de Misiones.

2- Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones.

* E-mail: scastillorascon@yahoo.com.ar

Recibido: 24/10/2019; Aprobado: 21/05/2020

Resumen

El objetivo del presente trabajo consistió en conocer y completar el estado de inmunización contra el virus de la hepatitis B (VHB) en el personal de un laboratorio hospitalario. Participaron del estudio 55 trabajadores de ambos sexos de 29 a 60 años. Los anticuerpos anti VHB se determinaron por ensayo de inmunoluminiscencia quimioluminiscente, considerando título protector ≥ 10 mIU/ml. En la evaluación inicial, 24 individuos habían recibido las 3 dosis (43,6% del total), de estos, 20 tenían títulos protectores de anticuerpos (36,4% del total). Veintiséis individuos habían recibido 1 o 2 dosis y cinco trabajadores nunca fueron vacunados. Veintitrés trabajadores del primer grupo y tres del segundo, completaron el esquema. Al finalizar la intervención, 50 trabajadores (91%), presentaban esquema completo de vacunación y 47 (85%), esquema completo y niveles protectores de anticuerpos. Se observó mejor cumplimiento en mujeres que en varones. Es de resaltar la dificultad de concientizar al personal sobre la importancia de la vacunación.

Palabras clave: Hepatitis B; Vacunación; Estado de inmunización; Salud laboral.

Abstract

The aim of the present work was to know and complete the state of immunization against the hepatitis B virus (HBV) in the personnel of a hospital laboratory. Twenty-five male and female workers, aged 29 to 60 years old, participated in the study. Anti-HBV antibodies were determined by chemiluminescent enzyme-linked immunosorbent assay, considering a protective titer of > 10 mIU / ml. In the initial evaluation, twenty-four individuals received the 3 doses (43.6% of the total), twenty of whom (36.4% of the total) already had protective antibody. Twenty-six individuals received 1 or 2 doses while five workers had never been vaccinated. Twenty-three workers in the first group, and three in the second group completed the scheme. Five workers had not ever received the vaccine while three had completed the scheme. At the end of the intervention, fifty workers (91%) presented a complete vaccination scheme and forty-seven (85%) a complete scheme and protective levels of antibodies. Better compliance was observed in women than in men. It is relevant to mention the difficulty to raise awareness among the staff about the importance of vaccination.

Keywords: Hepatitis B; Vaccination; Immunization status; Occupational health.

Introducción

El virus de la hepatitis B (VHB) infecta a más de 500 millones de personas en todo el mundo. Es la principal causa de la hepatitis crónica, cirrosis y carcinoma hepatocelular. Durante el periodo agudo el espectro de la enfermedad varía ampliamente y va desde la hepatitis asintomática a la hepatitis icterica, incluyendo hepatitis fulminante; en cambio una vez establecida la infección crónica, los pacientes pueden

presentar cuadros que van desde el estado de portador sano asintomático a la enfermedad hepática progresiva incluyendo cirrosis y carcinoma hepatocelular (1-2).

El VHB pertenece a la familia Hepadnaviridae. Se transmite a través del contacto con la sangre u otros fluidos corporales de una persona infectada. Las vías de transmisión son: sexual, percutánea, perinatal, por transfusión, trasplante de órganos y nosocomiales a través del pinchazo con agujas o lesiones con material corto punzante conta-

minado (2). Los trabajadores de salud son particularmente vulnerables por su exposición, directa e indirecta, a sangre y otros fluidos corporales potencialmente infectados y el alto riesgo que tienen de sufrir accidentes ocupacionales que involucran lesiones con material punzocortante contaminado (3).

El riesgo de transmisión del VHB hacia un trabajador de salud luego de un pinchazo de aguja depende del título de viriones contaminantes en la fuente, y se correlaciona, además, con la presencia o ausencia del antígeno e (HBeAg). Los datos confirman que la tasa de infección en personal no vacunado con alta exposición a sangre es 1,05/100 personas-año (4). Sin embargo, la infección de un trabajador de salud es relevante para la salud pública, tanto por su propia salud como un derecho constitucional, laboral y humano, como por la posibilidad de convertirse en transmisor de la infección (5).

La Ley nacional 24.151, sancionada en septiembre de 1992 y promulgada en octubre del mismo año, declara la obligatoriedad en todo el territorio argentino, de la vacunación contra la hepatitis B para todas las personas que desarrollen actividades en el campo de la salud.

La inmunización debe estar incluida en las facilidades que brindan los controles de salud del personal. La prevención adecuada contra las enfermedades inmunoprevenibles es importante porque protege al personal de la adquisición de enfermedades y evita que el personal actúe como fuente de propagación de agentes infecciosos entre los pacientes, especialmente entre aquellos que poseen un riesgo mayor como los inmunocomprometidos (6).

Además del uso de las precauciones estándar, se dispone de una vacuna recombinante obtenida por ingeniería genética contra hepatitis B que es efectiva, segura y obligatoria en todo el equipo de salud. Su eficacia es de 95-99 % con tres dosis, que deben ser aplicadas con un esquema de dos dosis separadas por un mes y un refuerzo al sexto mes (0-1-6 meses). Uno o dos meses después de finalizada la vacunación, el personal de salud debe realizarse el control a través de la cuantificación de anticuerpos antiHBs para evaluar la respuesta, considerándose protectores 10 mUI/ml o más. Si el trabajador de la salud es respondedor y teniendo en cuenta que la vacuna confiere inmunidad humoral y celular, no es necesario revacunar ni realizar nuevas serologías. En el caso de esquemas incompletos o atrasados, se deben aplicar las dosis faltantes; no es necesario reiniciar los esquemas (7).

Los objetivos del presente trabajo consistieron en 1- Conocer el grado de cumplimiento del calendario de vacunación para Hepatitis B en el grupo total de trabajadores y discriminado según sexo, 2-Determinar los niveles séricos de anticuerpos para el virus de la hepatitis B y 3-Completar el esquema de vacunación en los individuos que presentaban esquema incompleto o que nunca fueron vacunados. Estos objetivos forman parte de un programa de control de riesgo laboral, iniciado y desarrollado por el

grupo de trabajadores de un laboratorio hospitalario, en el cual se comenzaron a aplicar medidas como protocolo ante situaciones de emergencia, apertura de un libro de registro de accidentes e incidentes, apertura de salida de emergencia y armado de un botiquín.

Materiales y Metodos

La población en estudio estuvo formada por 56 trabajadores, constituyendo el total del personal no jerárquico del Laboratorio de Alta Complejidad de Misiones (LACMI), el cual pertenece al Parque de la Salud de Misiones. Con respecto a la distribución por sexo, 16 fueron varones y 40, mujeres. El rango de edad osciló entre 29 y 60 años, con una media de 45,2 años y una distribución bimodal (33 y 55 años). Fueron incluidos bioquímicos, técnicos, administrativos y personal de maestranza, quienes dieron su consentimiento para la realización del presente estudio.

El estudio se inició en marzo del año 2017 y participaron del mismo 55 individuos, uno de ellos fue excluido por encontrarse con licencia prolongada.

El grado de cumplimiento del calendario de vacunación se obtuvo por interrogatorio. Se consideró que el esquema de vacunación estaba completo si el participante acreditaba 3 dosis: una inicial, otra al mes y una tercera a los 6 meses de la primera.

Los niveles séricos de anticuerpos antiHBs se determinaron en muestra de suero a través de un ensayo inmunoenzimático de dos pasos en fase sólida, con controles negativo, bajo positivo y positivo en Autoanalizador IMMULITE® 2000 (Siemens). Un resultado < 10 mUI/ml indicaba la ausencia de anticuerpos anti HBs en la muestra o que éstos se encontraban por debajo del nivel de protección inmunitaria.

Para aquellos trabajadores que no presentaban el nivel de anticuerpos adecuado, que no habían sido vacunados o que no completaron el esquema, se realizaron vacunaciones en el LACMI por personal de enfermería del servicio de vacunación del Hospital Escuela de Agudos Dr. Ramón Madariaga (HEADRM). El control de anticuerpos se realizó al mes de recibir la tercera dosis. La convocatoria al personal en cada una de las instancias se realizó a través de carteles informativos, correos internos y de forma personalizada.

En el transcurso de los meses durante los cuales se realizó el estudio, se dictó una charla para todo el personal sobre la importancia de vacunación para VHB a cargo del médico responsable del servicio de Infectología del HEADRM, a fin de concientizar al grupo de trabajadores.

Resultados y Discusion

Al interrogar a los trabajadores sobre el grado de cumplimiento del esquema de vacunación para hepatitis B, se obtuvo la distribución general y discriminada según sexo que se observa en la figura número 1.

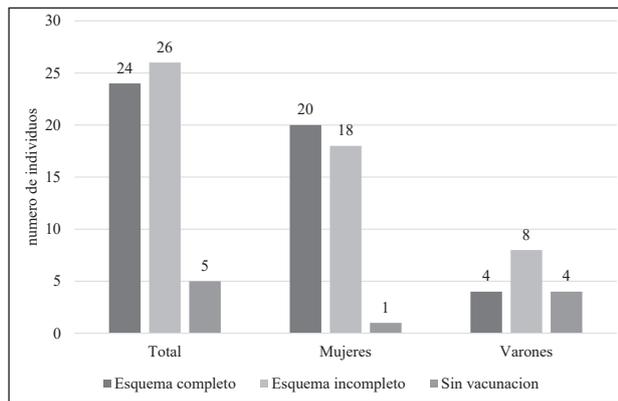


Figura 1: Distribución del personal según nivel de cumplimiento de esquema de vacunación para hepatitis B (n= 55 trabajadores)

Del total de trabajadores encuestados, 24 de 55 (43,7%) habían completado el esquema de vacunación. Esta cifra es inferior a lo reportado en profesionales y técnicos de hospitales de la provincia de Córdoba (77,6%) y en trabajadores de Atención Primaria de la Salud de Minas Gerais, Brasil (52,5%) (8-9).

Podemos observar en la figura 1 que el grupo mayoritario corresponde a los individuos que no completaron el esquema de vacunación. La mayoría de ellos habían recibido 2 dosis y no recibieron el refuerzo a los 6 meses, refiriendo como causa principal el olvido. Cinco participantes no habían recibido ninguna dosis, de ellos 4 eran varones. Al discriminar por sexo, se observó en las mujeres un mayor grado de cumplimiento con el esquema de vacunación con respecto a los hombres, sugiriendo mayor dificultad en la concientización de este último grupo.

Al valorar los niveles de anticuerpos para hepatitis B en el grupo con esquema completo, se observa en la figura número 2, que 20 de 55 trabajadores (36,4%) tenían niveles protectores, los 4 restantes iniciaron esquema completo, obteniendo todos ellos títulos protectores al mes de la tercera dosis.

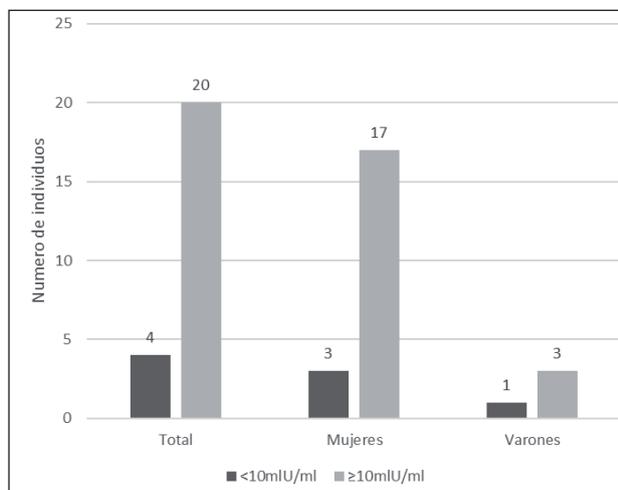


Figura 2: Niveles de anticuerpos para hepatitis B en trabajadores que presentaban esquema completo de vacunación(n=24).

Con respecto a los 26 trabajadores que presentaban esquema incompleto de vacunación (figura 3), podemos observar que 12 de los mismos poseían títulos protectores de anticuerpos, 11 de los cuales completaron las dosis de vacuna faltantes.

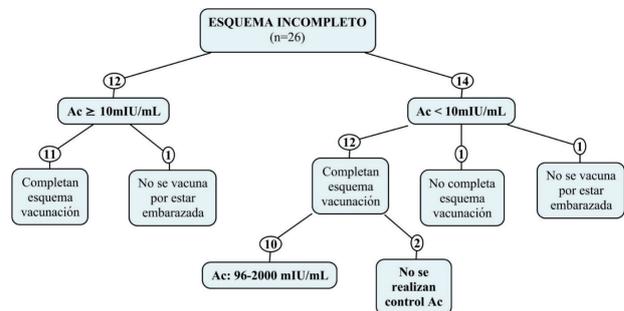


Figura 3: Niveles de anticuerpos y grado de cumplimiento de vacunación para hepatitis B en trabajadores que inicialmente presentaban esquema incompleto(n=26)

De los cinco trabajadores que nunca habían sido vacunados, tres completaron el esquema, dos de ellos con títulos protectores de anticuerpos (352-534 mUI/mL) y uno con niveles < a 10 mUI/mL, el cual debe reiniciar esquema completo de vacunación. Si en este último individuo, al repetir el control serológico, se obtiene resultado negativo por segunda vez, será considerado “no respondedor” y deberá recibir profilaxis post exposición con gammaglobulina específica contra la hepatitis B en caso de sufrir herida percutánea o exposición de mucosas con fuente positiva o de alto riesgo y no se deberán indicar esquemas adicionales de vacunación (7). Los dos trabajadores restantes solo recibieron dos dosis.

Al finalizar el estudio, 50 trabajadores sobre un total de 55 (91%), presentaban esquema completo de vacunación y 47 de 55 (85%), tenían esquema completo y niveles protectores de anticuerpos para Hepatitis B.

Conclusión

Al inicio del estudio se observó un bajo grado de cumplimiento del calendario de vacunación para Hepatitis B en el grupo de trabajadores, con sustanciales mejoras al finalizar la intervención. Es de resaltar la dificultad de concientizar al personal sobre la importancia de la vacunación.

Se propone que este tipo de actividad debería realizarse en todos los laboratorios de análisis clínicos e instamos a las autoridades de salud a implementar políticas de gestión orientadas a minimizar los riesgos laborales de sus trabajadores. La iniciativa del control inmunitario surgió del grupo de trabajadores de la institución.

Bibliografía

1. **Robbins, Patología Humana, Capítulo 16: Hígado, vesicular biliar y vías biliares**, Editorial Interamericana; 8ª Edición. p. 654-660. 2008.

2. Farreras-Rozman, *Medicina Interna, Capítulo 39: Hepatitis vírica aguda*, Editorial Elsevier; 15ª Edición. p. 338-343. 2004.
3. Cubide, V.L.; Suarez, Q.C. y Quintero Alvarez P., *Epidemiología e historia natural de la hepatitis B*. Rev. Col. Gastroenterol., 24(1): p.4s-12s. 2009.
4. Miranda, J. y Cabezas, C., *Hepatitis B en trabajadores de salud*, Rev. Gastroenterol. Perú, 21(2): p.128-135. 2001.
5. Lewis, J.D., Enfield, K.B. and Sifri, C.D., *Hepatitis B in healthcare workers: Transmission events and guidance for management*, *World J. Hepatol.*, 7(3): p.488-497. 2015.
6. Stecher, D., Katz, N. y Vizzotti, C., *Hepatitis B en Argentina. Situación actual y estrategia de vacunación universal para su control y eliminación*, <http://www.huesped.org.ar/wpcontent/uploads/2014/11/ASEI-83-18-21.pdf>. 2014. (verified 16 Abr. 2020).
7. <http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000042cnt-03-normas-vacunacion-pdf.2008>. (verified 15 Abr. 2020).
8. Acevedo, G., Fariás, A. y Demaría, M.J., *Estado de vacunación en profesionales y técnicos del equipo de salud de hospitales estatales de la provincia de Córdoba, Argentina*, *Revista Salud Pública*, 19(3): p.21-31. 2015.
9. Martins, A.M.E.B.L., Costa, F.M., Ferreira, R.C., Santos-Neto, P.E., Magalhães, T., Sá, M.A. and Pordeu, I.A., *Factors associated with immunization against Hepatitis B among workers of the Family Health Strategy Program*, *Rev Bras Enferm*, 68(1): p.77-84. 2015.

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 89–95

Disfunción tiroidea y factores de riesgo cardiovascular en adultos de la ciudad de Obligado-Paraguay

Thyroid dysfunction and cardiovascular risk factors in adults of the city of Obligado-Paraguay

Lilian Kolbe Dickel¹, Williams R. Pedrozo^{1,2}, Rocío M. Ares^{1,2}, Graciela A. Bonneau^{1,2,*}

1- Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

2- Ministerio de Salud Pública provincia de Misiones. Argentina.

* E-mail: grabonneau@gmail.com

Recibido: 11/11/2019; Aprobado: 08/09/2020

Resumen

Las disfunciones tiroideas representan una de las alteraciones endócrinas más prevalentes, siendo reconocidos factores de riesgo para enfermedades cardiovasculares. El objetivo del estudio fue evaluar la enfermedad tiroidea y su asociación con factores de riesgo cardiovascular en adultos. Se realizó un estudio descriptivo transversal, donde fueron analizados 323 pacientes que asistieron al Sanatorio Alemán de Obligado, Paraguay durante 2015-2016. Se determinó TSH, T3, T4 y T4 libre, glucemia y perfil lipídico y se tomaron medidas de peso, talla y presión arterial. El 21% de los individuos tenían hipotiroidismo y 3.4% hipertiroidismo. Hubo relación entre índice de masa corporal y niveles de TSH. El hipotiroidismo se asoció con síndrome metabólico y dislipidemia. Los niveles de TSH correlacionaron significativamente con triglicéridos, circunferencia de cintura, colesterol total, LDL y HDL. Atendiendo que en este estudio las alteraciones se vieron en etapas tempranas de la vida, queda evidenciada la importancia de la detección precoz de dichas alteraciones.

Palabras clave: Hormonas tiroideas; Hipotiroidismo; Perfil lipídico; Síndrome metabólico.

Abstract

Thyroid dysfunctions represent one of the most prevalent endocrine alterations, being recognized as risk factors for cardiovascular diseases. The objective of the study was to evaluate the thyroid disease and its association with cardiovascular risk factors in adults. 323 patients who attended the German Sanatorium in Obligado, Paraguay during 2015-2016 were analyzed through a cross-sectional descriptive study. TSH, T3, T4 and free T4, glycemia and lipid profile were determined by taking weight, height and blood pressure measurements. 21% of the individuals showed hypothyroidism and 3.4% showed hyperthyroidism.

There was a relationship between body mass index and TSH levels. Hypothyroidism was associated with metabolic syndrome and dyslipidemia. TSH levels significantly correlated with triglycerides, total cholesterol, LDL and HDL. Considering that the alterations were observed in the initial life stages, the early detection of these alterations are evidenced as relevant matter.

Keywords: Thyroid hormones; Hypothyroidism; Lipidic profile; Metabolic syndrome.

Introducción

La glándula tiroidea produce dos hormonas yodoamino ácidas, la 3, 5,3'-triyodotironina (T3) y la 3, 5,3',5'-tetrayodotironina (T4) las cuales regulan la expresión genética, la diferenciación tisular y el desarrollo en general (1-6). Las Hormonas tiroideas (HT) deben mantenerse a un nivel saludable; esto se logra mediante un ciclo complejo regulado por la hipófisis mediante la secreción de tirotrófina (TSH) (7-12).

Las enfermedades que afectan a la glándula tiroidea representan una de las alteraciones endócrinas más prevalentes, siendo las disfunciones tiroideas (DT) factores de

riesgo para distintos procesos patológicos tales como las enfermedades cardiovasculares (ECV), diabetes mellitus, obesidad y síndrome metabólico (SM) (13). La DT trae consigo manifestaciones clínicas propias de un hipo o hipertiroidismo, las cuales se pueden acentuar si el individuo no recibe tratamiento, haciéndolo vulnerable a padecer afecciones como falla cardíaca, fibrilación auricular y coma mixedematoso que conducen a un deterioro de la calidad de vida del paciente (14-16).

Las HT participan de manera importante en el metabolismo de los lípidos, estimulando por acción enzimática y por estimulación b-adrenérgica la degradación de estos en el tejido adiposo, favoreciendo así la b-oxidación de los

lípidos a nivel del músculo e hígado. Así mismo, estas hormonas, facilitan la excreción de colesterol, su conversión a ácidos biliares y aceleran el recambio de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), quizás por estimulación en la síntesis de sus receptores o por la degradación de ésta (16,17). Es decir, estas hormonas influyen en todos los aspectos del metabolismo de los lípidos, incluyendo la síntesis, la movilización y la degradación de los metabolitos. En la DT, la dislipidemia, las anomalías metabólicas y hemodinámicas coexisten, acarreado un alto riesgo de ECV (17). En estudios previos (13,18,19), se han señalado incrementos en los indicadores de riesgo cardiovascular (RCV) especialmente en mujeres de edad avanzada con cuadros de hipotiroidismo. También se observa que los factores de riesgo analizados por separados, no muestran concordancia en su totalidad, aunque analizados en conjunto marcan un estado de riesgo para el paciente. Las HT ejercen acciones importantes sobre el corazón y los vasos, lo que induce diversas modificaciones que incluyen alteraciones hemodinámicas y efectos mediados sobre las células miocárdicas a través de la expresión de varios genes (20,21). Diversos estudios han confirmado que T3 es el efector de la mayoría de las acciones biológicas tiroideas, entre ellas los efectos sobre el corazón y las células musculares lisas de los vasos sanguíneos. Cuando T3 ingresa al miocito, ésta interactúa con los receptores nucleares de HT (RT3). La unión de estos receptores a la T3 conduce a la transcripción óptima de secuencias específicas de ácido desoxirribonucleico (ADN); estos genes codifican tanto proteínas regulatorias como estructurales relacionadas con la función contráctil (20,22).

Cuando la función tiroidea está disminuida es posible encontrar bradicardia sinusal, hipertensión arterial (HTA) leve de predominio diastólico, una presión de pulso o diferencial reducida (debido a un incremento de la resistencia vascular sistémica) (21).

La condición hipotiroidea induce alteraciones en el metabolismo de las lipoproteínas sanguíneas, que conducen a grados importantes de hipercolesterolemia, que a su vez determina un proceso de aterosclerosis acelerada y desarrollo de enfermedad coronaria, ya que aumenta el colesterol LDL y disminuyen los receptores hepáticos de LDL y también su actividad, lo cual determina una disminución en la depuración sanguínea del colesterol LDL. El hipotiroidismo es un factor de riesgo independiente para hiperlipidemia, favoreciendo el aumento de colesterol total, triglicérido, colesterol LDL, aumentando el RCV (23,24).

El síndrome metabólico (SM) y la obesidad son entidades que han incrementado de manera alarmante su prevalencia a nivel mundial, siendo ambas consideradas como factores de RCV. El SM combina una serie de factores genéticos que asociados al estilo de vida aumentan la predisposición a eventos cardiovasculares (25). Diferentes estudios han evaluado la posibilidad de una relación o asociación tanto de SM y obesidad con el hipotiroidismo

(26,27). Existen reportes que describen al hipotiroidismo como una condición frecuente en sujetos con SM (26). En otros estudios se ha descrito una prevalencia similar de SM entre sujetos con hipotiroidismo o eutiroideos (28). Respecto a la relación del mismo con los componentes de SM, se ha descrito una asociación directa entre la elevación de TSH y la elevación de triglicéridos o disminución de HDL en sujetos con SM (29).

Otro estudio reportó una asociación significativa entre elevación de TSH e incremento de IMC, triglicéridos y el número de casos de SM, pero utilizando un corte de TSH en 2,5mIU/ml (30). La correlación entre el hipotiroidismo y el SM varía en relación con las características demográficas y geográficas (18,31).

Respecto a obesidad e hipotiroidismo existen estudios en los cuales se describe que incrementos en los valores de TSH (en rangos de hipotiroidismo subclínico) están asociados con aumento de peso u obesidad en la población general (27,30). Sin embargo en algunos de ellos solo se describe una asociación, más no una relación de causalidad (27). Otros reportes no encuentran relación o asociación entre obesidad e hipotiroidismo (18).

En América Latina 75% de la mortalidad total en adultos se debe a enfermedades crónicas. Desde la década de los 70 del siglo pasado se conoce la relación entre la DT y la mortalidad por ECV (26). Estudios recientes consideran al hipotiroidismo como un factor de riesgo independiente y aditivo para enfermedad coronaria silente (29). Sin embargo, el papel del hipotiroidismo como factor de RCV es debatible aún, ya que la mayoría de los estudios actuales son discordantes.

Por ello nos propusimos evaluar la enfermedad tiroidea a través del perfil tiroideo y la clínica del paciente y su relación con factores de riesgo cardiovascular como la dislipidemia, síndrome metabólico, alteraciones del metabolismo hidrocarbonado y obesidad, en individuos adultos, que asistieron al Sanatorio Alemán de la ciudad de Obligado-Paraguay en el periodo enero 2015 - julio 2016.

Materiales y Métodos

Tipo de estudio

Se realizó un estudio de tipo descriptivo, transversal.

Población

En el periodo comprendido entre el 01 de enero del 2015 al 30 de julio del 2016 concurrieron al sanatorio Alemán de Obligado un total de 323 pacientes. Todos los pacientes asistieron a realizarse perfil tiroideo y lipídico por solicitud médica.

Criterios de Inclusión

Individuos entre 20 y 45 años que firmaron su consentimiento informado y que contaron con la ficha completa para ingresar en el estudio.

Criterios de Exclusión

Todos los pacientes con antecedentes personales de patología tiroidea (diagnóstico previo al estudio) o que ya estaban en tratamiento, aquellos que estaban cursando alguna enfermedad infecciosa, renal u oncológica, embarazadas y al (diagnosticados previamente), pacientes con tratamiento antihipertensivo y los que se negaron a formar parte del estudio.

Metodología

Los individuos fueron invitados a participar del estudio; se les explicó en qué consistía y firmaron su consentimiento. Luego se procedió a extraerles sangre con ayuno de 12 horas.

Se realizaron las siguientes determinaciones: TSH, T3, T4, T4 L, que fueron procesados empleando métodos de ELFA, con equipo de Minividas. También se midió glucosa y perfil lipídico en analizador automático Metrolab 2100 (Buenos Aires, Argentina). Los Coeficientes de Variación Interensayo (CVInter) a lo largo de los cinco años de seguimiento oscilaron entre los siguientes valores: glucemia CVInter = 2,37-3,47%, triglicéridos CVInter = 1,62-3,61% y colesterol HDL CVInter = 1,84-4,42%.

La concentración sérica de glucemia (Coeficiente de Variación entre-ensayos (CV= 2,43%), colesterol total (CV= 2,13%), y triglicéridos (CV= 2,45%) se determinó utilizando métodos enzimáticos colorimétricos con colorimetría final según Trinder. El col HDL (CV= 3,41%) se determinó por precipitación selectiva con ácido fosfotúngstico y medición enzimática del colesterol en el sobrenadante. El col LDL (CV= 3,55%) se determinó por precipitación selectiva mediante el agregado de polímeros de alto peso molecular (polivinilsulfato), y luego de centrifugar, en el sobrenadante, se midió el col VLDL+col HDL, y por diferencia con el colesterol total se obtuvo el col LDL. En aquellos individuos que presentaban triglicéridos (TG) menor a 200 mg/dl se lo calculó por la fórmula de Friedewald (1972)= col LDL = col-total - col HDL - (TG/5) mg/dl. El col VLDL se obtuvo a través del siguiente cálculo: col VLDL= Col-Total - (col HDL + col LDL).

Además, se tomaron las *medidas antropométricas*, el peso, en kg, en balanza de pie con altímetro, la talla en metros y centímetros, en posición de pie, con el paciente sin calzado ni objetos en la cabeza, en posición Frankfurt, con los talones juntos, los hombros relajados y ambos brazos al costado del cuerpo; luego de realizar una inspiración profunda. Con las medidas de peso y talla se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC), considerando normo peso cuando el IMC \geq a 18,50 kg/m² y < a 25 kg/m², sobrepeso: IMC \geq a 25 kg/m² y < a 30 kg/m² y obeso: IMC \geq 30 kg/m². La *circunferencia de cintura* se midió en centímetros y milímetros, en el punto medio de la zona abdominal entre el último arco costal y la cresta iliaca con una cinta métrica inextensible, según lo establecen los criterios de la OMS.

Se midió la *presión arterial* en posición sentado, utilizando esfigmomanómetro de mercurio, luego de 15 minutos de reposo, según la American Heart Association. Se realizaron dos mediciones en el brazo derecho con intervalos de 5 minutos entre cada medición, considerando al primer y último ruido de Korotkoff como valores de la presión arterial sistólica y diastólica, respectivamente, las dos mediciones fueron promediadas.

Definición de variables

Edad: se midió en años

Sexo: Femenino, Masculino

Eutiroides: TSH entre 0,3 - 4,8 uIU/ml; FT4 entre 0,65 - 1,90 ng/dl; T3 entre 0,69 - 2,02 ng/ml; T4 entre 4,8 - 11,6 ug/dl en mujeres y entre 4,4 - 10,8 ug/dl en hombres.

Hipotiroidismo: TSH mayor a 4,8 uIU/ml; FT4 menor a 1,10 ng/dl y T3 inferior a 0,69 ng/ml; T4 inferior a 4,8 ug/dl en mujeres e inferior a 4,4 ug/dl en hombres.

Hipertiroidismo: TSH menor a 0,3 uIU/ml; FT4 mayor a 1,10 ng/dl; T3 superior a 0,69 ng/ml; T4 superior a 11,6 ug/dl en mujeres e superior a 10,8 ug/dl en hombres.

Glucemia en ayunas alterada: \geq 100 mg/dl y < 126 mg/dl

Hipertrigliceridemia: triglicéridos (Tg) \geq 150 mg/dl.

Hipercolesterolemia: colesterol (Col) \geq 200 mg/dl.

Dislipidemia: se definió como la presencia de hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia y col HDL disminuido.

El criterio para definir **SM del ATPIII** (el adulto con tres o más de los siguientes parámetros es clasificado como portador del SM): 1) circunferencia de cintura: hombres > 102 cm y mujeres > 88 cm. 2) PA: sistólica \geq 130 mmHg o diastólica \geq 85 mmHg. 3) nivel de colesterol HDL en sangre: hombres < 40 mg/dl y mujeres < 50 mg/dl., 4) nivel de triglicéridos en sangre: \geq 150 mg/dl y 5) nivel de glucemia en sangre: \geq 110 mg/dl o en tratamiento hipoglucemiante.

Análisis Estadístico

Para el análisis de los datos de las fichas epidemiológicas y la elaboración de los cuadros y gráficos se utilizó el programa Excel. Se evaluó la distribución de la población con el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Para el análisis descriptivo de las variables paramétricas se utilizaron las medias y los desvíos estándares; para las variables no paramétricas se utilizaron medianas y percentiles. Para la comparación entre grupos, se utilizó Chi cuadrado. Para el análisis de correlación se utilizó el coeficiente de Spearman. Todos los análisis se realizaron con un nivel de confianza del 95% y con una significación <0.05.

Resultados

Tabla N° 1: Características clínicas y bioquímicas de la población en estudio (n=323).

Variable*	Femenino (N= 257)	Masculino (N=66)	Totales (N= 323)
CC (cm)	87 (76 – 95)	97,5 (88,5 – 121,75)	89 (78,75 – 29,42)
PAS (mmHg)	120 (100 – 120)	120 (110 – 130)	120(110 – 120)
PAD (mmHg)	70 (60 – 80)	80 (70 – 80)	70(70 – 80)
Glu (mg/dl)	76 (69 – 85)	83 (73 – 90)	77(69,75- 86)
Col (mg/dl)	189 (158 – 222)	180 (145 – 215)	184(154 – 221)
Tg (mg/dl)	123 (100 – 159)	127 (102 – 180)	124(100 – 165)
Col HDL (mg/dl)	40 (37 – 45)	38 (34 – 43)	40(36 – 45)
Col LDL (mg/dl)	116 (89 – 152)	110 (77 – 148)	115(86 – 151)
T3 (ng/ml)	1,03 (0,85 – 1,23)	1,02 (0,89 – 1,26)	1,02(0,86 – 1,23)
T4 (ug/dl)	7,38 (6,49 – 8,23)	7,33 (6,50 – 7,89)	7,36(6,49 – 8,10)
TSH (uUI/ml)	2,36 (1,37 – 3,96)	1,86(1,35 – 3,28)	2,29(1,36 – 3,83)
T4L (ng/dl)	1,23 (1,03 -1,38)	1,21 (1,10 - 1,40)	1,23(1,03 – 1,39)
Edad (años)	34 (28-40)	36 (30-43)	35 (28 – 40)

Referencias: CC: circunferencia de cintura; PAS: Presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; Glu: glucosa; Col: colesterol; Tg: triglicéridos; Col HDL: lipoproteína de alta densidad; Col LDL: lipoproteína de baja densidad; T3: triiodotironina; T4: tiroxina; TSH: hormona estimulante de la tiroides; T4L: tiroxina libre. *Los datos se expresan en medianas y percentiles 25 y 75.

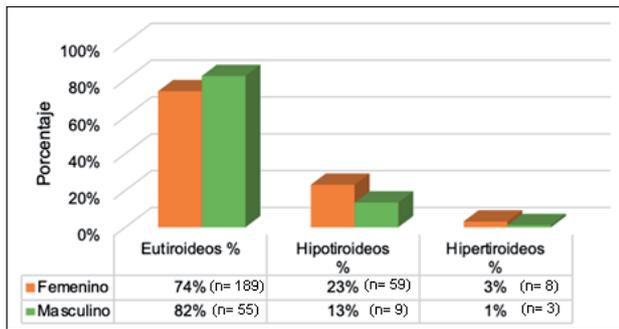


Gráfico N° 1: Prevalencia de las alteraciones de la función tiroidea según género (n=323).

Del total de 323 pacientes analizados, se encontró que el 75,5% eran eutiroides, el 21 % presentaba hipotiroidismo y el 3,5 % eran hipertiroides. Las mujeres presentaron el mayor porcentaje de alteraciones tiroideas.

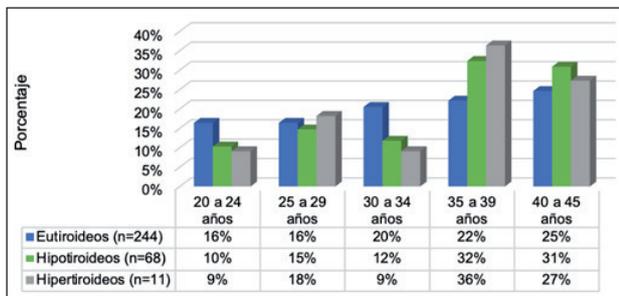


Gráfico N° 2: Distribución etaria de la población en estudio de acuerdo al compromiso tiroideo (n=323).

El rango de edad promedio en el cual los pacientes presentaron principalmente hipotiroidismo e hipertiroidismo fue entre los 35 a 45 años.

Tabla N° 2: Perfil tiroideo según el estado de la función tiroidea de los pacientes, al momento del diagnóstico (n=323).

Función Tiroidea	TSH (uUI/ml)	T3 (ng/ml)	T4 (ug/dl)	T4L (ng/dl)
Eutiroides n=244	1,89 (1,3-2,77)	1,05 (0,905-1,27)	7,42 (6,59-8,09)	1,23 (1,12-1,4)
Hipotiroides n=68	7,68 (5,74-14,10)	0,91 (0,69-1,05)	6,69 (5,75-7,8)	0,98 (0,67-1,205)
Hipertiroides n=11	0,10 (0,05-0,15)	1,03 (0,76-1,78)	8,99 (8,04-10,33)	1,46 (1,39-1,8)

Referencias: Valores expresados en mediana y percentiles 25 y 75. TSH: tirotrófina; T4: tiroxina total T3: triiodotironina; T4L: tiroxina libre.

Tabla N° 3: Correlación de niveles de TSH con factores de riesgo cardiovascular (n=323).

Parámetro	Rho	p
PAS mm Hg	0,127	NS
PAD mm Hg	0,098	NS
Col HDL (mg/dl)	-0,138	0,013
IMC	0,191	0,0001
Triglicéridos (mg/dl)	0,196	0,0001
Glucemia en ayunas (mg/dl)	0,078	NS
Colesterol total (mg/dl)	0,268	0,0001
Peso (kg)	0,123	0,027
T3 (ng/ml)	-0,219	0,0001
T4 (ug/dl)	-0,305	0,0001
T4L (ng/dl)	-0,439	0,0001
Col LDL mg/dl	0,214	0,0001
Circunferencia de cintura (cm)	0,159	0,0001

Referencias: PAS: Presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; Col HDL: lipoproteína de alta densidad; Col Ldl: lipoproteína de baja densidad; IMC: Índice de masa corporal; T3: triiodotironina; T4: tiroxina; TSH: hormona estimulante de la tiroides; T4Libre: tiroxina libre. NS: No significativo. Test estadístico: Rho de Spearman (Rho)

Al correlacionar los niveles de TSH con los parámetros de riesgo cardiovascular, se observó una correlación significativa con IMC, triglicéridos, colesterol de LDL, colesterol total y circunferencia de cintura.

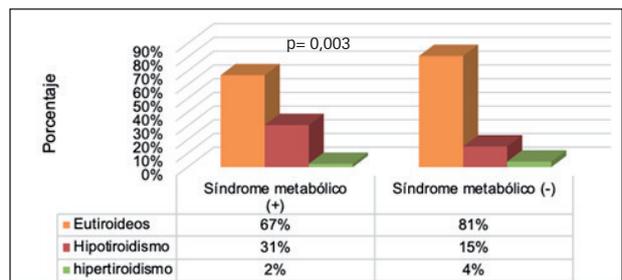


Gráfico N° 3: Alteraciones de la función tiroidea en pacientes con síndrome metabólico(n=323).

Referencias: test estadístico chi cuadrado.

La diferencia observada entre la presencia de SM y la condición tiroidea fue significativa (p=0,003) y se debe principalmente a la relación hallada entre el hipotiroidismo y el SM.

Tabla N° 4: Función tiroidea según peso normal, sobrepeso y obesidad (n=323).

	Eutiroides % (n)	Hipotiroides % (n)	Hipertiroides % (n)	P
Normopeso	82,2 (97)	12,7 (15)	5,1 (6)	0,075
Sobrepeso	71 (93)	26 (34)	3,1 (4)	
Obeso	73 (54)	25,7 (19)	1,4 (1)	

Referencias: test estadístico chi cuadrado.

De los 323 pacientes evaluados, 118 (36%) presentaron normopeso, 131 (41%) sobrepeso y 74 (23%) fueron clasificados como obesos; por lo tanto, el 64% de la población estudiada tenía exceso de peso. No se encontraron diferencias significativas entre alteraciones tiroideas de acuerdo a la clasificación según el índice de masa corporal.

Tabla N° 5: Alteraciones de la función tiroidea con niveles elevados de colesterol y triglicéridos (n=323).

	Eutiroides % (n)	Hipotiroides % (n)	Hipertiroides % (n)	P
Colesterol elevado	65,2 (88)	34,1 (46)	0,7 (1)	0,0001
Triglicéridos elevados	71 (74)	29 (30)	0	0,007

Referencias: test estadístico chi cuadrado.

El 42% (n=135) de la población total presentó colesterol elevado y el 32% (n=104) triglicéridos ≥ 150 . El 49% de aquellos con alteraciones tiroideas presentaron dislipidemia. Habiendo diferencias significativas en su relación con las alteraciones tiroideas. Se encontró que la relación del aumento de colesterol y triglicéridos se halla principalmente con el hipotiroidismo.

Discusión

El término DT describe un variado número de entidades con solapados e inespecíficos signos y síntomas que pueden ser equivocadamente atribuidos a otras enfermedades; la confirmación de dicha sospecha conlleva a la realización de una serie de pruebas analíticas para verificar el diagnóstico, su etiología y posteriormente, obliga a un seguimiento del paciente para controlar su evolución y tratamiento.

La OMS habla de que aproximadamente entre el 8 y 10 % de la población mundial padece de desórdenes de la función tiroidea, aclarando que cada región o país debe hacer su propio análisis de situación con respecto a estas patologías (32,33).

En el Reino Unido encuentran una prevalencia de disfunción tiroidea en adultos del 1 al 2% y en Estados Unidos el 5% de la población adulta (34,35).

En Chile, Liberman y col, analizaron 7627 muestras de personas sin antecedentes previos de ET y encontraron 3,4% de hipotiroides y 1,6% de hipertiroides (36); en cambio Lizazaburu-Robles y col, hallaron una prevalencia de hipotiroidismo en adultos de 14,5% (19).

En un trabajo realizado en el Hospital de Clínicas de Buenos Aires, el 8,33% de la población estudiada presentó DT, 7,63% de hipotiroidismo y 0,70% hipertiroidismo (37).

Las prevalencias encontradas en el presente trabajo

son superiores a otros estudios, debiendo resaltarse que se trató de una población que desconocía su estado tiroideo. En Paraguay, Vera y col. (38), encontraron que el 32% tenía hipotiroidismo y el 10% hipertiroidismo, estos datos corresponden a población general, donde también fueron incluidos pacientes con tratamiento.

Cabe destacar que las frecuencias de los diferentes trabajos difieren unos de otros y que lo importante es que cada región tenga su propio perfil epidemiológico, ya que estas patologías en gran parte están subdiagnosticadas.

Al analizar la distribución de las DT de acuerdo al sexo, hemos encontrado mayor prevalencia en mujeres, 23% de hipotiroidismo y 3% de hipertiroidismo, dato que coincide con otros trabajos (5,38-41); aunque otros autores refieren no encontrar diferencias entre sexos (36,42).

De acuerdo a la bibliografía la frecuencia de estas patologías aumenta con la edad (38,43-45), dato que coincide con nuestros hallazgos, donde la mayor frecuencia de hipo e hipertiroidismo se encontró en la tercera y cuarta década de la vida. La alerta en la vigilancia de estas patologías se debe dar, considerando que tener una mayor prevalencia en la tercera edad sería muy inferior a las edades reportadas por otros autores.

Varios autores (18,29,34,36), sostienen que el hipotiroidismo se asocia a ECV e incremento de la aterosclerosis y que una gran cantidad de estudios epidemiológicos muestran mayor riesgo de mortalidad cardiovascular por hipotiroidismo, pero también reconoce que no todos los estudios lo demuestran. Por lo tanto, evaluar factores de riesgo que predisponen a las ECV es prevenir futuras complicaciones y disminuir la morbimortalidad ocasionadas por estas.

Anteriormente, la bibliografía asociaba al sobrepeso/obesidad como uno de los signos característicos del hipotiroidismo, ha sido históricamente considerada un criterio para establecer el diagnóstico de hipotiroidismo, pero, la asociación entre ellos rara vez se encuentra en los pacientes (18,29). Hoy día el principal criterio metabólico es la ganancia de peso en la presencia de otros signos y síntomas del hipotiroidismo. El hipotiroidismo está claramente relacionado con el peso corporal y una mayor adiposidad, pero la gama de cambios hormonales relacionados con el aumento de peso sigue siendo un tema de debate. Las HT afectan muchos procesos metabólicos. Entre los varios cambios hormonales que se producen en la obesidad, la concentración de TSH en suero ha sido foco de recientes estudios con resultados contradictorios, específicamente en la asociación entre los cambios en las medidas antropométricas y la concentración de TSH sérica entre los sujetos con DT (18,29). Si bien hemos encontrado correlación significativa entre el índice de masa corporal y los niveles de TSH, pero, cuando relacionamos al IMC de acuerdo a su clasificación con las alteraciones tiroideas, no encontramos diferencias significativas. Por lo tanto, nuestros hallazgos refuerzan la idea contradictoria que se

viene planteando con respecto a las alteraciones tiroideas y el estado de sobrepeso/obesidad.

Uzunlulu (26) y Fox (27) explican que el SM y la obesidad son entidades que han incrementado de manera alarmante su prevalencia a nivel mundial, siendo ambas factores de RCV; han evaluado la asociación de SM y obesidad con el hipotiroidismo lo cual coincide en parte con los resultados de este estudio donde solo hemos encontrado relación del hipotiroidismo con el SM, coincidente con otros autores (29,30).

El hipotiroidismo es una causa reconocida de dislipidemia secundaria (43). El 49% de nuestra población que tenía alteraciones de la función tiroidea se presentó con dislipidemia. Se encontró correlación entre los valores de TSH y los niveles de triglicéridos (TG), Colesterol total, colesterol de LDL y con colesterol de HDL. Además cuando se comparó con los diferentes estados del perfil tiroideo, se halló relación entre dislipidemia e hipotiroidismo, estos datos son coincidentes con numerosos trabajos de otros autores (5,43-46).

Son muy escasos los estudios que se enfocan en la asociación de la DT y el RCV en la zona. Con este trabajo queremos resaltar la importancia de la realización de la búsqueda activa de estas patologías para obtener información y conocer a nuestra población.

Conclusiones

Del total de 323 individuos del estudio, se encontraron 68 pacientes con hipotiroidismo (21%) y 11 con hipertiroidismo (3%), con mayor prevalencia en mujeres, siendo el principal rango etario entre los 35 a 39 años de edad. Las prevalencias superiores y el rango etario son hallazgos propios que difieren de otros estudios.

Los niveles de TSH presentaron correlación altamente significativa con los siguientes parámetros de RCV; IMC, triglicéridos, colesterol total, LDL, HDL, circunferencia de cintura.

Existe una relación significativa entre el Síndrome Metabólico, los niveles elevados de colesterol y triglicérido con el hipotiroidismo en los pacientes.

De la evaluación de los factores cardiometabólicos, estos parámetros se presentan de forma similar a la bibliografía con un comportamiento dispar.

Finalmente, se concluye que la búsqueda y diagnóstico de alteraciones de la función tiroidea, en etapas tempranas de la edad adulta, es de suma importancia considerando que estas patologías pueden estar presentes sin ser detectadas, en forma oligosintomáticas o silentes, enmascarando otras enfermedades, o manifestando comportamientos esquivos por la gran sintomatología inespecífica que pueden llegar a presentar.

Referencias Bibliográficas

1. Casanueva F, Vázquez J. *Endocrinología clínica*. Ediciones Díaz de Santos; 1995. 432 p.
2. Reiriz J. *Sistema Endocrino*. *Infermera virtual*. 2008; 46.
3. Brandan N, Llanos I, Reyes J, Rodríguez A. *Hormonas hipotalámicas e hipofisarias*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste; 2011 p. 1-25.
4. Solo Ciencia. *Sistema endocrino - Hormonas* [Internet]. [citado 16 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.solociencia.com/medicina/sistema-endocrino-hormonas.htm>
5. Maldonado C. *Prevalencia de disfunción tiroidea en la población española*. Implicación del hierro en la fisiología tiroidea. [Tesis doctoral]. [Málaga, España]: Universidad de Málaga; 2017.
6. Alarcón G, Giménez G, Ochoa M. *Determinación de la TSH y T4 libre en adultos mayores del asilo "Hogar Cristo Rey" de la ciudad de Cuenca* [Tesis de grado]. [Ecuador]: Universidad de Cuenca; 2011.
7. Ballén M. *Monografía de la morfología de la glándula tiroidea* [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Colombia; 2012.
8. Vélez H, Rojas W, Borrero J, Restrepo J. *Endocrinología*. 6ta ed. Colombia: Corporación biológica; 2005.
9. Brandan N, Llanos I, Miño C, Ruiz Díaz D. *Hormonas tiroideas*. Universidad Nacional del Nordeste; 2007 p. 1-6.
10. Hershman J. *Introducción a la glándula tiroidea - Trastornos hormonales y metabólicos* [Internet]. Manual MSD versión para público general. s.f. [citado 12 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es/hogar/trastornos-hormonales-y-metab%C3%B3licos/trastornos-de-la-gl%C3%A1ndula-tiroidea/introducci%C3%B3n-a-la-gl%C3%A1ndula-tiroidea>
11. Ganong W. *Fisiología médica*. 12ma ed. México: El Manual Moderno; 1990. 791 p.
12. Fairview.org. *Función de la glándula tiroidea* [Internet]. 2014 [citado 17 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.fairview.org/patient-education/40208>
13. Fonseca E, Rojas M, Morillo J, Chávez C, Miquílana E, Gonzalez R, et al. *Valores de referencia de las hormonas tiroideas y TSH en individuos adultos de Maracaibo, Venezuela*. *Rev Latinoam Hipertens*. 2012;7(4):88.
14. Builes CA, Rosero Ó, García J. *TSH levels in the evaluation of thyroid dysfunction in a population group in Bogota*. *Acta Medica Colomb*. junio de 2006;31(2):66-70.
15. Guyton A, Hall J. *Tratado de Fisiología Médica*. 11^{ma} ed. Elsevier; 2007. 918-9430 p.
16. Marsiglia I. *La Tiroiditis Bifásica un Patrón Fisiopatológico en la Tiroiditis*. *Gac Med Caracas*. 2008;116:315-322.
17. Mathews C, Van Holde K. *Bioquímica*. 2da ed. México: Mc GRAW-HILL; 2001. 1283 p.
18. Calvo R, Gallego E, Lozano L, Navarro O, Páramo J, López F. *Hi-*

- potiroidismo Subclínico en Pacientes con Obesidad y Sobrepeso*. Rev Clin Med Fam. 2010;3(3).
19. Lizarzaburu-Robles JC, Cornetero-Muro V, Núñez-Quevedo V. *Hipotiroidismo subclínico y estimación de su frecuencia en síndrome metabólico y obesidad en un grupo poblacional urbano de Lima, Perú*. Rev Perú Epidemiol. 2013;17(1).
 20. Soto S. JR, Verbeke P. BQSM. *Disfunción tiroidea y corazón*. Rev Médica Clínica Las Condes. 2015;26(2):186-197.
 21. Perel C, Echin M. *Insuficiencia cardíaca y tiroides: Daño miocárdico en el hipotiroidismo*. Insufic Cardíaca. 2006;1(1):43-51.
 22. Kahaly G, Dillman W. *Thyroid hormone action in the heart*. Endocrine Rev. 2005;26:704-728.
 23. Farreras P, Rozman C. *Medicina Interna*. 18va ed. Vol. II. Barcelona, España: Elsevier; 1285-2663 p.
 24. Texas Heart Institute. *Factores de riesgo cardiovascular* [Internet]. Texas Heart Institute. [citado 26 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/factores-de-riesgo-cardiovascular/>
 25. Querales M, Cruces I, Rojas S. *Deficiencia de vitamina D: ¿Factor de Riesgo de Síndrome Metabólico?* Rev Med Chile. 2010;138:1312-1318.
 26. Uzunlulu M, Yorulmaz E, Oguz A. *Prevalence Of Subclinical Hypothyroidism In Patients With Metabolic Syndrome*. Endocrine Journal. 2007;54(1):71-76.
 27. Fox C, Pencina M, D'agostino R, Murabito J, Seely E, Pearce E. *Relations Of Thyroid Function To Body Weight: Crosssectional And Longitudinal Observations In A Community-Based Sample*. Arch Intern Med. 2008;168(6):587-592
 28. Garduno J, Alvirde U, López G, Padilla M, Arellano O. *Tsh And Free Thyroxine Concentrations Are Associated With Differing Metabolic Markers In Euthyroid Subjec*. Eur J Endocrinol. 2010;163(2):273-278.
 29. Roos A, Bakker S, Links T, Gans R, Wolffenbuttel B. *Thyroid Function Is Associated With Components Of The Metabolic Syndrome In Euthyroid Subjects*. J Clin Endocrinol Metab. 2007;92(2):491-496.
 30. Ruhla S, Weickert M, Arafat A, Osterhoff M, Isken F, Spranger J. *A high normal tsh is associated with the metabolic syndrome*. Clinical endocrinology. 2010;72(5):696-701.
 31. Gilkar S, Lone Su D, Javaid A. *Association Between Thyroid Function And Body Mass Index In Normal Population*. Al Ameen J Med Sci. 2011;4(3):254-262.
 32. Mirena EG de, Gil Y, Younes T, Perelli A, Calzolaio V, Superlano L, et al. *Disfunción Tiroidea Y Su Relación Con El Perfil Lipídico E Índices Aterogénicos En Individuos Antes Y Después De La Tiroidectomía*. Rev Venez Endocrinol Metab. 2014;12(1):4-11.
 33. La red 21. *OMS: Día Mundial de Tiroides, cuya patología afecta al 10% de la población mundial y en Uruguay preocupa al norte del país* [Internet]. LA-RED21. 2016 [citado 12 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.lr21.com.uy/salud/1289809-oms-dia-mundial-tiroides-salud-glandula-sistema-endocrino>
 34. Flynn R, Mc Donald M, Morris D, Jung R, Leese G. *The thyroid epidemiology, audit and research study: Thyroid dysfunction in the general population*. J Clin Endocrinol Metab. 2014;89:3879-3884.
 35. Hollowell J, Staehling N, Flanders W, et al. *Serum TSH, T4 and thyroidantibodies in the United States population (1988 to 1994): National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III)*. J Clin Endocrinol Metab. 2010;(87):489-499.
 36. Liberman C. *Enfermedad tiroidea subclínica: revisión y enfoque clínico*. Rev Médica Clínica Las Condes. 2013;24(5):748-753.
 37. Urciuoli C, Abelleira E, Balonga MC, Arevalo de Crossa G, Schmidt A, Sala M, et al. *Prevalencia de enfermedades tiroideas en una población del área metropolitana de Buenos Aires*. Rev Argent Endocrinol Metab. 2016;53(2):67-72.
 38. Vera L, Martínez K, Kaimen F, Saldivar C. *Perfil Tiroideo de pacientes ambulatorios que acudieron al Laboratorio del Hospital Nacional*. Nac. 2012;4(2):6.
 39. Guevara-Sánchez O, Holst-Schumacher I, Boza-Oreamuno S, Barrantes-Santamaría M, Chinchilla-Monge R, Alvarado-Ulate P. *Disfunción tiroidea subclínica en población adulta costarricense*. An Fac Med. 2015;76(4):333-338.
 40. Iglesias P, Lázaro J, Velasco G, Díez JJ. *Disfunción tiroidea en población laboral hospitalaria*. Rev Clínica Esp. 2010;210(10):505-508.
 41. Romero J. *Valoración de hormonas tiroideas en relación al hipertiroidismo en adultos de 20 a 60 años atendidos en Solca- Loja*. [Loja, Ecuador]: Universidad Nacional de Loja; 2012.
 42. Escobar I. *Hipotiroidismo*. Colombia: Instituto de Diabetes y Endocrinología; p. 13-20.
 43. Tagami T, Kimura H, Ohtani S, Tanaka T, Hata S, Saito M. *Multi-center study on the prevalence of hypothyroidism in patients with hypercholesterolemia*. Endocr J. 2011;58:449-457.
 44. De Luis D, González J, Aller R, González M, Cuellar L, Terroba M. *Hipotiroidismo: implicaciones clínicas y económicas en un área de salud*. An Med Interna. marzo de 2003;20(3):25-31.
 45. Rodríguez M, Rodríguez A, Pose A, Rodríguez J. *Tratamiento del hipotiroidismo*. An Esp Pediatr. 2002;56(4):53-61.
 46. García S, Taboada M, Álvarez P. *Disfunción tiroidea subclínica*. Rev MEDIFAM. 2001;11(5):253-264.

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 96–100

Resistencia a fosfomicina, tigeciclina y colistina en enterobacterias provenientes de ambientes acuáticos del Chaco, Argentina

Resistance to fosfomicin, tigecycline and colistin in enterobacteria from aquatic environments from Chaco, Argentina

José Alexander Balcaza¹, Ingrid Kurz¹, Cristela Itatí Macin¹, María Silena Mosquera¹, Alejandro Sandi¹, Diego López¹, Salvador Rolando Leyes¹, Liliana Silvina Lösch¹, Luis Antonio Merino^{1,*}

1- Facultad de Medicina. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.

* E-mail: luisantoniomerino@gmail.com

Recibido: 03/07/2019; Aprobado: 29/10/2020

Resumen

El objetivo fue detectar la resistencia frente a fosfomicina (FOS), colistina (COL) y tigeciclina (TGC) en enterobacterias recuperadas de fuentes superficiales y profundas de agua del Chaco (Argentina).

Se incluyeron aislamientos provenientes de muestras de agua de ríos, lagunas y pozos.

Se analizaron 70 muestras de agua (40 de origen superficial y 30 subterráneas). Se obtuvieron 106 aislamientos de enterobacterias (68 en fuentes superficiales y 38 en fuentes subterráneas). En aguas superficiales se encontraron 10 (14,7%) aislamientos resistentes a alguno de los antimicrobianos estudiados mientras que en aguas subterráneas resultaron resistentes 3 (7,9%) aislamientos; en total: FOS (8), TGC (1), COL (1), FOS+TGC (2) y FOS+COL (1).

El presente es el primer trabajo realizado en nuestro país cuyo foco es la detección de enterobacterias resistentes a FOS, COL y TGC en ambientes acuáticos. El número de aislamientos resistentes encontrados es bajo pero su sola presencia debe alertar sobre el posible pasaje de este tipo de bacterias desde el ambiente al hombre, considerando al agua como un reservorio y medio de transmisión.

Palabras clave: Fosfomicina; Colistina; Tigeciclina; Enterobacterias; Ambientes acuáticos

Abstract

The objective was to detect resistance against fosfomicin (FOS), colistin (COL) and tigecycline (TGC) in enterobacteria recovered from surface and deep water sources in the province of Chaco (Argentina). Isolations from water samples from rivers, lagoons and wells were included. Resistance profiles were studied by disk diffusion and broth dilution. A total of 70 water samples were analyzed (40 from a surface origin and 30 from the underground). 106 enterobacteria isolates were obtained (68 from the superficial sources and 38 from the underground ones). In surface waters 10 isolates (14.7%) were resistant to some of the antimicrobials studied while in groundwater, 3 (7.9%) isolates were resistant. It made a total of FOS (8), TGC (1), COL (1), FOS+TGC (2) y FOS+COL (1). This is the first study carried out in our country that focusses on the detection of enterobacteria resistant to FOS, COL and TGC in aquatic environments. Although the amount of resistant isolation found is relatively low, its mere presence should alert about the possible passage of this type of bacteria from the environment to humans, considering water as a reservoir and means of transmission.

Keywords: Fosfomicin, Colistin, Tigecycline, Enterobacteria, Aquatic environments.

Introducción

La resistencia a los antimicrobianos supone una amenaza a la esencia misma de la medicina moderna y a la sostenibilidad de una respuesta de salud pública mundial eficaz ante la amenaza persistente de las enfermedades infecciosas. Sin embargo, el mal uso y el abuso sistemático de estos fármacos, así como las prácticas clínicas sobre humanos y animales, en agricultura y en la producción animal (usos profilácticos, metafilácticos y como promotores del crecimiento) han puesto en riesgo a todas las naciones [1][2].

Se sabe que el ambiente (incluyendo el suelo y el agua) puede constituirse en reservorio de bacterias resistentes que llegan a través de efluentes domésticos, hospitalarios y agropecuarios o por contaminación directa con desechos humanos y animales [3]but to date there is still lack of a quantitative model to properly assess the risks. Concerns over the health risk of antibiotic residues in the environment are mainly (1.

Estas bacterias multirresistentes pueden llegar al hombre ya sea por contacto directo con el suelo o el agua o de forma indirecta a través de alimentos contaminados

(principalmente frutas y verduras que se consumen crudas), a la vez que se ha postulado que el uso abusivo de desinfectantes y la presencia de metales pesados en el ambiente contribuyen a la selección de bacterias resistentes a diferentes familias de antibióticos [4].

Dado que estas bacterias se asocian con una mortalidad considerable, se llegó a la necesidad de reevaluar y reintroducir algunos agentes terapéuticos ya existentes como la fosfomicina, colistina y tigeciclina para colocarlos en la lista de los pocos antibióticos de última elección para tratar infecciones causadas por bacterias resistentes a varias familias de medicamentos [5][6][7].

La vigilancia de la resistencia antimicrobiana es una herramienta inestimable para entender la epidemiología de su diseminación y asegurar una información exacta que permita establecer y modificar pautas del tratamiento [8].

Con el propósito de contribuir a la vigilancia de la resistencia antimicrobiana desde la perspectiva de “Una Salud” planteada por la Organización Mundial de la Salud, para el presente trabajo se estableció el objetivo de detectar la resistencia frente a fosfomicina (FOS), colistina (COL) y tigeciclina (TGC) en enterobacterias recuperadas de fuentes superficiales y profundas de agua de la provincia del Chaco.

Materiales y métodos

Se utilizó un diseño observacional descriptivo con recolección prospectiva de datos. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, tratando de seleccionar diferentes tipos de fuentes agua, en base a su ubicación con respecto a los centros urbanos y de acuerdo a la actividad antrópica por los que se ven afectados.

De cada sitio seleccionado (ríos, lagunas y pozos) se tomaron muestras de 1 litro de agua, las que fueron remitidas inmediatamente al laboratorio para su estudio. Cien mililitros de cada muestra se colocaron en caldo Lauril Sulfato para su enriquecimiento [9]. Luego de 24 hs de incubación a $35\pm 2^\circ\text{C}$ se realizó siembra para aislamiento en placas de agar Eosina Azul de Metileno. Tras 24 hs de incubación a $35\pm 2^\circ\text{C}$, se identificaron las colonias mediante pruebas bioquímicas clásicas.

En aquellos aislamientos pertenecientes a la Familia *Enterobacteriaceae* se evaluó el perfil de sensibilidad/resistencia frente los tres antimicrobianos por el método de difusión con discos en agar Mueller Hinton utilizando discos de FOS (50 µg), COL (10 µg) y TGC (15 µg) y se utilizaron como controles cepas de la *American Type Culture Collection* (ATCC), según procedimientos estandarizados [10][11][12]. La interpretación de los resultados se realizó según recomendaciones vigentes, según se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Puntos de corte para interpretar los resultados de las pruebas de difusión con discos.

Antimicrobiano	Sensible	Intermedio	Resistente	Referencia
Fosfomicina	≥ 15 mm	13-14 mm	≤ 12 mm	[13] routine laboratories are forced to test these drugs using minimum inhibitory concentration (MIC)
Colistina	≥ 14 mm	Realizar CIM	≤ 10 mm	[10]
Tigeciclina	≥ 18 mm	-	≤ 17 mm	[12]

En los aislamientos que se consideraron resistentes a FOS, COL y/o TGC en el antibiograma, se confirmó la resistencia mediante la determinación de las Concentraciones Inhibitorias Mínimas (CIMs) por microdilución en caldo mediante el sistema *Sensititre* (*Thermo Scientific*^{MR}) de acuerdo a las especificaciones del fabricante [14]. Los valores considerados para la interpretación se muestran en la Tabla 2.

No se tuvieron en cuenta las resistencias intrínsecas de los aislamientos estudiados (*Proteus*, *Providencia*, *Morganella* y *Serratia* son naturalmente resistentes a COL; *Proteus*, *Providencia* y *Morganella* son naturalmente resistentes a TGC; *Morganella morganii* es resistente natural a FOS) [11].

Tabla 2: Puntos de corte para interpretar los resultados de las Concentraciones Inhibitorias Mínimas mediante microdilución en caldo.

Antimicrobiano	Sensible	Resistente	Referencia
Fosfomicina	≤ 32 µg/ml	≥ 64 µg/ml	[12]
Colistina	≤ 2 µg/ml	≥ 4 µg/ml	[11]
Tigeciclina	$\leq 0,5$ µg/ml	≥ 1 µg/ml	[12]

Resultados

En total se analizaron 70 muestras de agua (40 de origen superficial y 30 subterráneas), a partir de las que se obtuvieron 106 aislamientos de enterobacterias (68 provenientes de fuentes superficiales y 38, de fuentes subterráneas).

En aguas superficiales se encontraron 10 (14,7%) aislamientos resistentes a alguno de los antimicrobianos estudiados mientras que en aguas subterráneas resultaron resistentes 3 (7,9%) aislamientos (Gráfico 1).

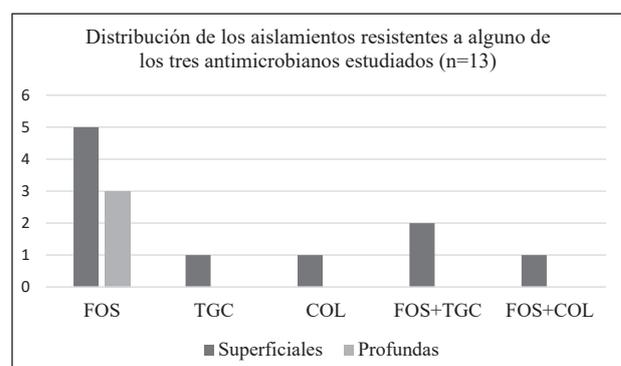


Gráfico 1: distribución de los aislamientos resistentes a alguno de los tres antimicrobianos estudiados (n=13).

Los resultados de las resistencias encontradas teniendo en cuenta los antimicrobianos por separado se muestran en el Gráfico 2.

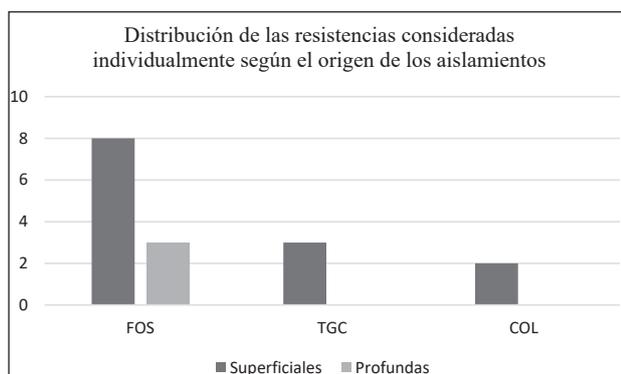


Gráfico 2: Distribución de las resistencias consideradas individualmente según el origen de los aislamientos.

Los aislamientos resistentes desagregados de acuerdo al género y/o especie se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Distribución de los aislamientos resistentes según el género y/o la especie involucrada.

Género	FOS	TIG	COL	FOS+TIG	FOS+COL	Total
<i>Citrobacter spp</i>				1		1
<i>Cedecea spp</i>		1				1
<i>Enterobacter cloacae</i>	1		1			2
<i>Escherichia coli</i>	2				1	3
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	5				1	6
Total	8	1	1	1	2	13

Discusión

Estudios previos mostraron la contribución del agua como reservorio de bacterias resistentes a los antimicrobianos, incluyendo al agua potable urbana [15], a los sistemas de tratamiento de aguas residuales [16], y a los ríos receptores [17], destacando el efecto de diferentes actividades antropogénicas en la distribución de estas bacterias.

Sin embargo, el único antecedente publicado sobre bacterias resistentes a antimicrobianos en ambientes acuáticos en nuestro país data del año 2008 y en esa oportunidad no se probó la resistencia a FOS, COL y TGC [18].

Por su parte, en diversos países se estudió la presencia de bacterias resistentes en medios acuáticos pero en muy pocos se focalizó el estudio sobre esos tres antimicrobianos, sino que se buscaron bacterias resistentes a drogas de uso común en clínica humana [19–21].

En China, sobre 30 muestras de agua de río, detectaron 18 aislamientos resistentes a colistina (17 *Escherichia coli* y 1 *Enterobacter cloacae*); esa elevada prevalencia estaría justificada por la gran cantidad de bacterias resistentes a ese antimicrobiano en el país de estudio, principalmente relacionada con la cría intensiva de cerdos [22].

En playas de Brasil, se estudiaron 11 muestras de agua de mar y se recuperaron 3 aislamientos de *Escherichia coli* resistentes a COL, lo que debería resaltar la importancia de las aguas de uso recreacional como reservorios medioambientales de bacterias resistentes en sitios con elevado recambio turísticos [23].

En Argelia se estudiaron 152 muestras de agua de mar partir de 62 playas durante el verano de 2016, recuperándose solamente 2 aislamientos de resistentes a colistina [24].

En lo que respecta a enterobacterias resistentes a FOS en muestras de agua, los estudios son más escasos.

En Columbia Británica (Canadá) se aisló una cepa de *Enterobacter cloacae* resistente a fosfomicina en una muestra de agua proveniente de las proximidades de la desembocadura del río Salmon [25].

Kappell y cols. encontraron entre un 17% y un 48% de aislamientos de *E. coli* resistentes a FOS en muestras provenientes de agua de puertos y efluentes en Milwaukee (Wisconsin, Estados Unidos) [26].

Los informes sobre enterobacterias resistentes a TGC se presentan con respecto a entornos médicos, pero son raros los relacionados con el medio ambiente, uno de ellos es el informe de dos aislamientos de *Klebsiella pneumoniae* resistentes a TGC recuperados del río Mura en Graz (Austria) [27].

Los hallazgos propios y los publicados por otros autores resaltan la gran variación en la frecuencia de aparición de aislamientos resistentes a COL y FOS, lo que está influenciado principalmente por las actividades antrópicas y las características geográficas de cada sitio de muestreo.

De acuerdo a Ben y cols, los residuos de antibióticos en el ambiente condicionan la supervivencia de bacterias resistentes y las principales necesidades futuras de investigación para permitir una mejor evaluación de la resistencia a los antibióticos asociada con los residuos de antibióticos en el medio ambiente son las siguientes: a) configuración de una guía estandarizada de monitoreo de los residuos de antibióticos y de la resistencia antimicrobiana en el medio ambiente, b) estudio de la relación entre los niveles de antibióticos y el desarrollo bacterias patógenas resistentes en diferentes entornos y c) determinar la relación dosis-respuesta entre bacterias patógenas resistentes a los antibióticos y diversas enfermedades infecciosas [3].

Conclusiones

El presente es el primer trabajo realizado en nuestro país cuyo foco es la detección de enterobacterias resistentes a FOS, COL y TGC en ambientes acuáticos.

El número de aislamientos resistentes encontrados es bajo pero su sola presencia debe alertar sobre el posible pasaje de este tipo de bacterias desde el ambiente al hombre, considerando al agua como un reservorio y medio de transmisión.

La identificación de reservorios ambientales de

bacterias resistentes contribuye al entendimiento de la epidemiología de estos patógenos a la vez que permite evaluar, localmente, en qué situaciones deben extremarse las medidas para prevenir la diseminación de la multiresistencia.

Bibliografía

1. OMS. *Plan de acción mundial sobre la resistencia a los antimicrobianos* [Internet]. Ginebra, Suiza; 2016. Available from: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/255204/1/9789243509761-spa.pdf>
2. Davies J, Davies D. *Origins and evolution of antibiotic resistance*. Microbiol Mol Biol Rev [Internet]. 2010;74(3):417–33. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20805405>
3. Ben Y, Fu C, Hu M, Liu L, Wong MH, Zheng C. *Human health risk assessment of antibiotic resistance associated with antibiotic residues in the environment: A review*. Environ Res [Internet]. 2019;169(July 2018):483–93. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.040>
4. Waseem H, Williams MR, Stedtfeld RD, Hashsham SA. *Antimicrobial Resistance in the Environment*. Water Environ Res. 2017;89(10):921–41.
5. Michalopoulos AS, Livaditis IG, Gougoutas V. *The revival of fosfomicin*. Int J Infect Dis [Internet]. 2011;15(11):e732–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijid.2011.07.007>
6. Giske C. *Contemporary resistance trends and mechanisms for the old antibiotics colistin, temocillin, fosfomicin, mecillinam and nitrofurantoin*. Clin Microbiol Infect [Internet]. 2015 May 28 [cited 2015 Aug 11];21(10):899–905. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1198743X15005546>
7. Greer N. *Tigecycline (Tygacil): the first in the glycylcycline class of antibiotics*. Proc (Bayl Univ Med Cent). 2006;19(2):155–61.
8. Masterton R. *The importance and future of antimicrobial surveillance studies*. Clin Infect Dis [Internet]. 2008;47 Suppl 1:S21–31. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18713046>
9. APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association. 23° ed. Washington, DC. 2017.
10. WHONET. *Protocolo de Trabajo Red WHONET Argentina* [Internet]. CABA; 2018. Available from: <http://antimicrobianos.com.ar/ATB/wp-content/uploads/2014/10/Protocolo-WHONET-consensuado-agosto-2014-FINAL-2.pdf>
11. CLSI. *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*. 28th ed. CLSI supplement M100. Wayne, PA; 2018.
12. EUCAST. *Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone Version 9.0, 2019*. [Internet]. 2019. Available from: <http://www.eucast.org>.
13. Pasteran F, Lucero C, Rapoport M, Guerriero L, Barreiro I, Albornoz E, et al. *Tigecycline and intravenous fosfomicin zone breakpoints equivalent to the EUCAST MIC criteria for Enterobacteriaceae*. J Infect Dev Ctries. 2012;6(5):452–6.
14. ANMAT. *Disposición No1313* [Internet]. CABA; 2015. Available from: http://www.anmat.gov.ar/boletin_anmat/febrero_2015/Dispo_1313-15.pdf
15. Xu L, Ouyang W, Qian Y, Su C, Su J, Chen H. *High-throughput profiling of antibiotic resistance genes in drinking water treatment plants and distribution systems*. Environ Pollut [Internet]. 2016;213:119–26. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.02.013>
16. Di Cesare A, Eckert EM, D'Urso S, Bertoni R, Gillan DC, Wattiez R, et al. *Co-occurrence of integrase 1, antibiotic and heavy metal resistance genes in municipal wastewater treatment plants*. Water Res [Internet]. 2016;94:208–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2016.02.049>
17. Zheng J, Gao R, Wei Y, Chen T, Fan J, Zhou Z, et al. *High-throughput profiling and analysis of antibiotic resistance genes in East Tiaoxi River, China*. Environ Pollut [Internet]. 2017;230:648–54. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.025>
18. Lösch L, Alonso J, Merino L. *Occurrence of antimicrobial-resistant Enterobacteriaceae in water from different sources in a subtropical region of Argentina*. Ocorrência de Enterobacteriaceae resistentes aos antimicrobianos nas águas de diferentes fontes em uma região subtropical de Arge. Rev Ambient Agua. 2008;3(2):28–36.
19. Szekeres E, Chiriac CM, Baricz A, Szóke-Nagy T, Lung I, Soran ML, et al. *Investigating antibiotics, antibiotic resistance genes, and microbial contaminants in groundwater in relation to the proximity of urban areas*. Environ Pollut. 2018;236:734–44.
20. Wyres KL, Holt KE. *Klebsiella pneumoniae as a key trafficker of drug resistance genes from environmental to clinically important bacteria*. Curr Opin Microbiol [Internet]. 2018;45:131–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.mib.2018.04.004>
21. Su HC, Liu YS, Pan CG, Chen J, He LY, Ying GG. *Persistence of antibiotic resistance genes and bacterial community changes in drinking water treatment system: From drinking water source to tap water*. Sci Total Environ [Internet]. 2018;616–617:453–61. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.318>
22. Luo Q, Yu W, Zhou K, Guo L, Shen P, Lu H, et al. *Molecular epidemiology and colistin resistant mechanism of mcr-positive and mcr-negative clinical isolated Escherichia coli*. Front Microbiol. 2017;8(NOV):1–13.
23. Fernandes M, Sellera F, Esposito F, Sabino C, Cerdeira L, Lincopan N. *Colistin-resistant mcr-1-positive Escherichia coli on public beaches, an infectious threat emerging in recreational waters*. Antimicrob Agents Chemother.

2017;61(7):7–10.

24. Drali R, Berrazeg M, Zidouni LL, Hamitouche F, Abbas AA, Deriet A, et al. *Emergence of mcr-1 plasmid-mediated colistin-resistant Escherichia coli isolates from seawater. Sci Total Environ* [Internet]. 2018;642:90–4. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.387>
25. Xu L, Ouyang W, Qian Y, Su C, Su J, Chen H. *High-throughput profiling of antibiotic resistance genes in drinking water treatment plants and distribution systems. Environ Pollut.* 2016;213:119–26.
26. Kappell AD, De Nies MS, Ahuja NH, Ledebøer NA, Newton RJ, Hristova KR. *Detection of multi-drug resistant Escherichia coli in the urban waterways of Milwaukee, WI. Front Microbiol.* 2015;6(APR):1–12.
27. Hladicz A, Kittinger C, Zarfel G. *Tigecycline resistant Klebsiella pneumoniae isolated from Austrian river water. Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(10):11–3.

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 101–106

Evaluación de la sensibilidad de hongos dermatofitos aislados de muestras clínicas a los antifúngicos

Evaluation of the sensitivity of dermatophyte fungi isolated from clinical samples to antifungals

Beda E. Mereles Rodríguez^{1,*}, Jacqueline N. Fiedler¹, Azucena Bruquetas¹, Miriam E. Chade¹

1- Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Mariano Moreno 1375. Posadas. Misiones. Argentina.

*E-mail: bedamereles@gmail.com

Recibido: 09/03/2020; Aprobado: 02/11/2020

Resumen

Los dermatofitos causan infecciones que en ocasiones no responden adecuadamente al tratamiento antifúngico implementado, sin embargo, se han publicado muy pocos estudios de sensibilidad a nivel mundial. El objetivo de este trabajo fue evaluar *in vitro*, la sensibilidad de hongos dermatofitos aislados de muestras clínicas frente a tres antifúngicos de uso habitual. Se trabajó con 50 cepas de las especies: *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton rubrum*, *Microsporum canis*, *Nannizzia gypsea*, *Trichophyton tonsurans* y *Epidermophyton floccosum*. Los antifúngicos probados fueron terbinafina, itraconazol y fluconazol. Para el estudio de la sensibilidad se desarrolló la técnica de microdilución en caldo según el documento M38-3^a ed. del Clinical and Laboratory Standards Institute. El inóculo fue ajustado a 10³ UFC/ml. Se incubaron a 35° C con lecturas diarias hasta las 96 horas. Terbinafina fue la de mayor actividad antifúngica (CIM entre 0,03 y 0,50 µg/ml), seguida por itraconazol (CIM entre 0,12 y 4 µg/ml). Fluconazol mostró la menor actividad antifúngica (CIM de 8 a > 64 µg/ml). Se concluye que la terbinafina presenta la mayor actividad antifúngica *in vitro* frente a las cepas de dermatofitos estudiadas.

Palabras clave: Tiñas, dermatofitos, antifúngicos, sensibilidad.

Abstract

Dermatophytes cause infections that do not adequately respond to antifungal treatment. In spite of this fact, worldwide susceptibility researches are scarce. The objective of this work was to evaluate the *in vitro* susceptibility of dermatophytes which were isolated from clinical samples facing three commonly used antifungals. Fifty dermatophytes strains of the following species were used: *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton rubrum*, *Microsporum canis*, *Nannizzia gypsea*, *Trichophyton tonsurans* and *Epidermophyton floccosum*. The antifungals tested were terbinafine, itraconazole, and fluconazole. Antifungal susceptibility testing was performed by using the broth microdilution technique and following the document M38-3rd ed. that belongs to the Clinical and Laboratory Standards Institute. The inoculum was adjusted at 10³ CFU / ml. Plates were incubated at 35 ° C with ninety-six-hour daily readings. The terbinafine was the strongest antifungal drug (MIC values between 0.03 and 0.50 µg / ml), followed by the itraconazole (MIC values ranging from 0.12 to 4 µg / ml); while the fluconazole showed the weakest antifungal activity (MIC values from 8 to > 64 µg / ml). It can be concluded that the terbinafine has the best antifungal *in vitro* activity considering the dermatophyte strains under study.

Keywords: Ringworms, dermatophytes, antifungals, susceptibility

Introducción

Los dermatofitos (DMT) son hongos pluricelulares, hialinos, filamentosos y septados, patógenos para el hombre y los animales, que provocan una infección denominada dermatofitosis o, más comúnmente, tiña (1). Poseen gran capacidad de adaptación a condiciones ambientales diversas y tienen especial afinidad para parasitar estructuras queratinizadas (piel, pelo, uñas), por lo que reciben el nom-

bre de hongos queratinofílicos (2, 3, 4). Las dermatofitosis producidas por estos hongos suelen estar restringidas al estrato córneo de la piel y sus apéndices, aunque también pueden afectar la dermis y el tejido subcutáneo, causando granulomas o seudomicetomas. En individuos inmunocompetentes, solo afectan la capa córnea. Por razones desconocidas, hay individuos con mayor predisposición a padecer dermatofitosis que otros (3, 5).

Los dermatofitos se agrupan en tres géneros: *Trichophy-*

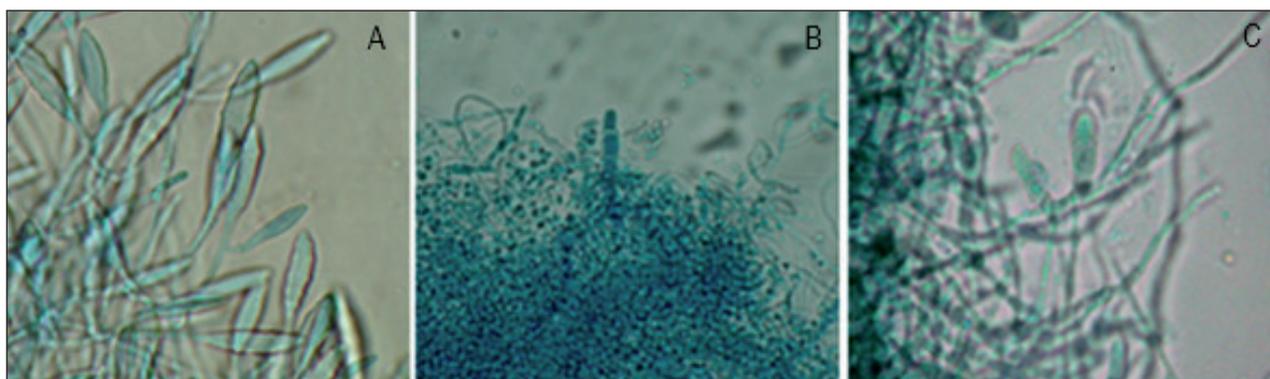


Figura N° 1: Morfología microscópica de A. *Nannizzia gypsea*, B. *Trichophyton mentagrophytes*, C. *Epidermophyton floccosum*

ton, *Microsporium* y *Epidermophyton*; diferenciándose por los elementos que intervienen en la reproducción asexual (microconidios y macroconidios) y por sus estructuras vegetativas. Los teleomorfos de los géneros *Trichophyton* y *Microsporium* pertenecen a los géneros *Arthroderma* y *Nannizzia*. No se ha descrito fase teleomorfa para el género *Epidermophyton* (1, 6, 7, 8, 9). (Figura N° 1).

De acuerdo a su hábitat natural, se clasifican en tres grupos: antropófilos, zoófilos y geófilos. El reservorio de las especies antropófilas es exclusivamente el ser humano y se transmiten de un ser humano a otro directamente o indirectamente por fómites. En el caso de los zoófilos su hábitat natural son los animales, pero ocasionalmente pueden afectar al ser humano. Los geófilos se encuentran en el suelo, sobre restos de queratina desprendidos de animales y personas, que caen al suelo y se descomponen, pudiendo parasitar al hombre esporádicamente (2, 5, 6, 8,10). Tabla N°1.

Tabla N° 1: Distribución ecológica de las especies de dermatofitos más frecuentes.

Geófilos	Zoófilos	Antropófilos
<i>Nannizzia gypsea</i>	<i>Microsporium canis</i>	<i>Epidermophyton floccosum</i>
<i>Microsporium cookei</i>	<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	<i>Microsporium audouinii</i>
<i>Microsporium fulvum</i>	<i>Microsporium equinum</i>	<i>Trichophyton violaceum</i>
	<i>Microsporium gallinae</i>	<i>Trichophyton rubrum</i>
	<i>Microsporium persicolor</i>	<i>Trichophyton interdigitale</i>
	<i>Trichophyton verrucosum</i>	<i>Trichophyton tonsurans</i>
	<i>Trichophyton equinum</i>	

Estas especies no se aíslan con la misma frecuencia en los laboratorios, ya que existe variabilidad climática, geográfica, socioeconómica etc., que generan cambios en la distribución de los agentes etiológicos de las dermatofitosis. Si bien su distribución es universal, predominan en zonas tropicales con climas cálidos y húmedos. En la provincia de Misiones (Argentina) las especies más frecuentes son: *M. canis* causante de más del 90% de las tiñas de cuero cabelludo en niños; *T. rubrum* y *T. mentagrophytes*, en lesiones interdigitales y de uñas y, en menor proporción: *T. tonsurans*, *E. floccosum*, *N. gypsea* y *T. verrucosum* (2).

Diversas circunstancias favorecen estas infecciones: lugares húmedos, malos hábitos higiénicos, el hacinamiento, uso de duchas comunitarias, el uso de zapatos cerrados,

zapatillas, ropa sintética, etc. (2, 3, 5, 11). Por otro lado, existen enfermedades que predisponen a la aparición de dermatofitosis como la diabetes, Síndrome de Cushing, linfomas, pacientes infectados por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) e inmunodeprimidos en general, como así también traumatismos (2, 8, 11).

Para el tratamiento se utilizan antifúngicos (ATF), acompañado de medidas higiénicas adecuadas que aseguren la limpieza de la zona afectada, manteniéndola seca, aireada, y que eviten la autocontaminación (8, 12, 13, 14). Estos medicamentos pueden ser de origen natural o sintético y tienen la capacidad de evitar el crecimiento o provocar la muerte del hongo. Su mecanismo de acción depende del sitio diana en la célula fúngica. Pueden ser de uso tópico o sistémico como la griseofulvina; ATF azólicos como el clotrimazol, itraconazol o el fluconazol; alilaminas como la terbinafina y nuevas moléculas antifúngicas (6, 7, 12, 13, 14, 15).

Sin embargo, existen casos de mala respuesta al tratamiento, que pueden ser atribuibles a deficiencias inmunológicas, baja biodisponibilidad o alteraciones metabólicas de los antifúngicos, interacciones medicamentosas y resistencia antifúngica primaria y/o secundaria, lo que obliga a repetir el tratamiento, prolongar la administración o cambiar de fármacos y, aun así, obtener una respuesta deficiente, aumentando considerablemente los costos. Por ello, al aumentar la frecuencia de la resistencia (primaria o secundaria) de estos microorganismos a los antimicóticos, surge la sospecha de que estas situaciones se manifiestan, principalmente en quienes reciben estos medicamentos como profilaxis (en casos de trasplantes, síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), enfermedades autoinmunes tratadas con corticosteroides) o tratamientos repetidos por micosis recidivantes (16, 17,18, 19).

Al considerar estas situaciones, es necesario estudiar desde el punto de vista clínico, tanto la resistencia *in vitro*, como la resistencia clínica, ya que el tratamiento de estas afecciones, no solamente dependen de la concentración inhibitoria mínima (CIM) del ATF, sino también del huésped (18, 20, 21).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar mediante una técnica cuantitativa, la sensibilidad de hongos derma-

tofitos aislados de muestras clínicas, frente a fluconazol, itraconazol y terbinafina.

Materiales y Métodos

Se utilizaron aislamientos de hongos dermatofitos obtenidos a partir de muestras clínicas de pacientes del área del Gran Posadas, derivados al servicio de diagnóstico micológico "Aislamientos Fúngicos de Interés Médico" de la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales (Universidad Nacional de Misiones), durante el período 2016-2019. Tipo de estudio es descriptivo transversal, con muestreo no probabilístico por conveniencia. Los aislamientos fúngicos fueron identificados mediante métodos micológicos clásicos, que incluyeron observación microscópica directa del material clínico en busca de elementos fúngicos; cultivos en una batería de medios de cultivo que aseguren el aislamiento del hongo (agar Sabouraud dextrosa 4% (Merck-Merck Química Argentina), agar hongos y levaduras (Britania), agar selectivo para hongos patógenos (Merck-Merck Química Argentina). Los cultivos se incubaron a 28° C. Los controles se efectuaron periódicamente hasta detectar el crecimiento. La identificación de las especies fúngicas se realizó en base a características morfológicas macroscópicas, microscópicas y fisiológicas de los cultivos desarrollados. Para diferenciar *T. rubrum* de *T. mentagrophytes* se realizaron prueba de ureasa y perforación del pelo *in vitro*. Las cepas aisladas fueron conservadas en agar agua (AA) y agar harina de avena (AHA) para evitar el pleomorfismo o pérdida de capacidad de esporulación y refrigeradas a 4-8° C. Para las pruebas de sensibilidad a los antifúngicos se utilizó el método de microdilución en caldo estandarizado según el documento M 38-3ra ed. del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) (22). Para la obtención de los inóculos a utilizar, los aislamientos fueron subcultivados en medio AHA durante 7 días a 30 °C. Las colonias obtenidas se cubrieron con 1-2 ml de solución fisiológica estéril, raspando con un ansa la superficie para obtener suspensiones del micelio aéreo de las colonias. La suspensión fúngica así obtenida de conidios e hifas se transfirió a un tubo cónico estéril dejando reposar durante 10 min para permitir la precipitación de las partículas más pesadas. El sobrenadante se transfirió a otro tubo estéril y se agitó en vórtex (15 seg). Para ajustar el inóculo fúngico, se realizaron conteos de conidios en cámara de Neubauer. La suspensión de conidios tuvo el doble de concentración que la concentración final para la prueba ($1-3 \times 10^3$ UFC/ml). Por otro lado, en los pocillos de las placas de microdilución se añadieron 100 µl del medio RPMI1640 y del respectivo ATF. Una vez obtenida la suspensión, se inocularon 100 µl por pocillo. La columna N° 12 se utilizó como control de esterilidad. Inoculadas las placas, se incubaron a 35°C, sin agitación, dentro de una caja de plástico con papel de filtro humedecido para prevenir la evaporación del medio. Las lecturas se reali-

zaron a las 24, 48, 72 y 96 h en forma visual (Figura N° 2). Se emplearon los siguientes antifúngicos: fluconazol, terbinafina e itraconazol.

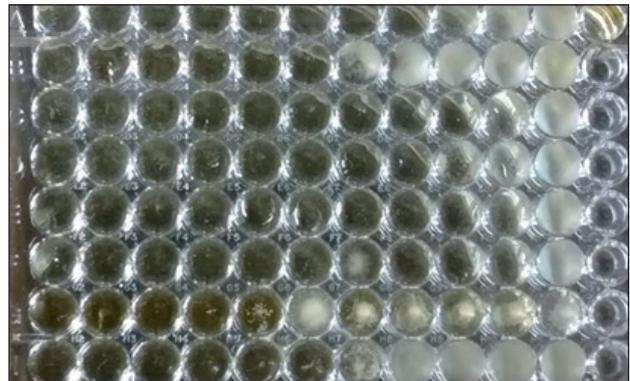


Figura N° 2: Placa de microcultivo con 96 h de incubación.

Resultados

Se recuperaron 50 cepas puras de dermatofitos de diferentes sitios anatómicos (piel lampiña, pelo y uñas), 12 cepas de *T. mentagrophytes*, 13 cepas de *T. rubrum*, 16 cepas de *M. canis*, 6 cepas de *N. gypsea*, 3 cepas de *T. tonsurans* y 2 de *E. floccosum*.

En la tabla N° 2 se observa el número de las diferentes especies de aislamientos clínicos de hongos DMT y el % acumulativo de inhibición frente a los antifúngicos probados. La terbinafina mostró una CIM que osciló entre 0,03-0,50 µg/ml, itraconazol CIM entre 0,12-4 µg/ml y fluconazol CIM entre 8 a > 64 µg/ml frente a las cepas de dermatofitos estudiadas.

Discusión

Es sabido que las especies de dermatofitos pueden presentar variación en cuanto a su distribución geográfica. Las especies aisladas y estudiadas en el presente trabajo, son las especies que con mayor frecuencia están involucradas en dermatofitosis en la provincia de Misiones, Argentina (2).

Para el tratamiento de estas micosis se emplean antifúngicos tópicos y orales, entre ellos los más utilizados en la práctica médica son fluconazol, itraconazol, terbinafina, griseofulvina y clotrimazol (6, 7, 16). Para el correcto tratamiento de las dermatofitosis, es conveniente conocer el perfil de sensibilidad a los antifúngicos disponibles mediante la ejecución de técnicas estandarizadas como la utilizada en el presente trabajo. Este tipo de estudio, podrá permitir también la identificación de especies resistentes a medicamentos específicos, así como la aparición de nuevas resistencias (23-25). A pesar de que las dermatofitosis son afecciones muy frecuentes, de tratamiento costoso y en el caso de las onicomicosis muy difíciles de erradicar, se encuentran pocas publicaciones de estudios de sensibilidad a los antifúngicos a nivel mundial y ninguno de ellos en Misiones.

Tabla N° 2: Número de aislamientos de especies de DMT y % acumulativo de inhibición frente a los ATF probados

ATF	Especie	Valores de CIM (µg/ml)													n
		Nro de aislados (% acumulado de inhibición)													
		0,03	0,06	0,12	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32	64	>64	
Terbinafina	<i>T. mentagrophytes</i>	6(50)		1(58)	2(75)	3(100)									12
	<i>T. rubrum</i>	6(46)	4(77)			3(100)									13
	<i>M. canis</i>		10(63)	5(94)	1(100)										16
	<i>N. gypsea</i>		3(50)		2(83)	1(100)									6
	<i>T. tonsurans</i>	1(33)	2(100)												3
	<i>E. floccosum</i>		1(50)	1(100)											2
Itraconazol	<i>T. mentagrophytes</i>			1(8)	3(33)	8(100)									12
	<i>T. rubrum</i>				4(31)	9(100)									13
	<i>M. canis</i>					5(31)	2(44)	8(94)	1(100)						16
	<i>N. gypsea</i>						2(33)	4(100)							6
	<i>T. tonsurans</i>					1(33)	1(66)		1(100)						3
	<i>E. floccosum</i>					1(50)		1(100)							2
Fluconazol	<i>T. mentagrophytes</i>										2(17)	7(75)	1(83)	2(100)	12
	<i>T. rubrum</i>									2(15)	5(54)	2(69)	1(77)	3(100)	13
	<i>M. canis</i>										6(38)	4(63)	1(69)	5(100)	16
	<i>N. gypsea</i>											3(50)		3(100)	6
	<i>T. tonsurans</i>													3(100)	3
	<i>E. floccosum</i>											1(50)	1(100)		2

En este trabajo, se decidió probar la sensibilidad de los DMT frente a terbinafina, itraconazol y fluconazol, teniendo en cuenta que los dos primeros ATF son considerados como los más efectivos para las dermatofitosis, y el fluconazol como de tercera línea (26, 27). Todas las cepas de *T. mentagrophytes* probadas en este estudio frente a la terbinafina fueron inhibidas a una CIM < 1 µg/ml, en coincidencia con lo reportado por varios autores (28-32). Asimismo, frente a todas las cepas de la misma especie, el itraconazol presentó CIM < 1 µg/ml, valores comprendidos dentro del rango establecido para la combinación *T. mentagrophytes* ATCC MYA-4439/itraconazol en el documento del CLSI M61, 1st ed. (33) y coincidentes con lo informado por Díaz Jarabrán y Perez-Cardenas y cols (30, 31). Otros autores reportaron valores < 4 µg/ml (29, 32). El fluconazol, para *T. mentagrophytes*, presentó CIM con valores > 16 µg/ml; resultados comparables a los de Perez-Cardenas, pero inferiores a los publicados por Santos y cols. que fueron > 64 µg/ml y muy discordantes con los reportados por Díaz Jarabrán que informaron valores < 1 µg/ml (29-31).

En el caso de las cepas de *T. rubrum*, frente a la terbinafina e itraconazol nuestros resultados arrojaron valores de CIM < 1 µg/ml y para el fluconazol valores > 8 µg/ml, estos resultados son similares a los publicados por otros grupos de investigación (30-32). En el caso del fluconazol, nuestros resultados son coincidentes con los de Perez-Cardenas e inferiores a los informados por Santos y cols. Sin embargo, se observó mucha discrepancia con lo publicado por otros autores donde comunicaron CIM muy

inferiores a nuestros resultados (32, 34).

Frente a las cepas de *M. canis*, la terbinafina presentó valores de CIM < 1 µg/ml; el itraconazol valores más elevados que llegaron hasta 4 µg/ml y el fluconazol, CIM > 16 µg/ml, resultados similares fueron reportados por algunos autores (28, 29). Manzano Gayosso, informó resultados similares a los nuestros para terbinafina e itraconazol; no así con la CIM del fluconazol donde hallaron resultados inferiores a los nuestros.

Frente a las cepas estudiadas de *T. tonsurans*, la terbinafina, el itraconazol y el fluconazol presentaron valores de CIM < 1 µg/ml, hasta 4 µg/ml y > 64 µg/ml respectivamente. Algunos investigadores publicaron valores de CIM comparables a los nuestros pero con valores inferiores (29, 32).

Con las cepas de *N. gypsea*, la terbinafina, el itraconazol y el fluconazol presentaron CIM < 1 µg/ml, hasta 2 µg/ml y > 32 µg/ml respectivamente. Nuestros resultados para terbinafina e itraconazol son similares a los obtenidos por otros autores (28, 32). Cabe destacar que Serrano Martino informa CIM muy similares a las nuestras en el caso de fluconazol frente a esta especie fúngica.

Con las cepas de *E. floccosum*, la terbinafina presentó valores de CIM < 1 µg/ml, el itraconazol hasta 2 µg/ml y el fluconazol > 32 µg/ml. Frente a esta especie fúngica, Gupta y cols. (35) informaron valores de CIM para terbinafina < 2 µg/ml, para itraconazol < 8 µg/ml y para fluconazol hasta 64 µg/ml. Por otro lado, Petranyi y cols. (36) experimentaron solamente con terbinafina y hallaron valores de CIM mucho más bajos que los nuestros que oscilaron entre 0,0015 y 0,006 µg/ml.

Los resultados obtenidos permiten posicionar a la terbinafina y al fluconazol como los antifúngicos de mayor y de menor actividad antidermatofítica respectivamente, frente a los aislamientos clínicos evaluados. Sin embargo, es necesario continuar el estudio con un mayor número de cepas para conocer con certeza el perfil de sensibilidad de estos hongos dermatofitos aislados en el área del Gran Posadas.

Conclusión

Se concluye que la terbinafina es el antifúngico más activo frente a los dermatofitos estudiados, seguido por el itraconazol. Siendo el fluconazol el antifúngico que muestra menor actividad.

Referencias bibliográficas

1. Cabañes Saenz F J. *Identificación de hongos dermatofitos*. En: Guía Práctica de Identificación y Diagnóstico en Micología Clínica. 2da ed. Bilbao, España: Rev Iberoam Micol. Asociación española de Micología. 2007; Cap. 12. p.1-11.
2. Medvedeff M, Mereles B E, Vedoya M C y Chade M E. *Micosis superficiales y cutáneas*. Argentina: Editorial Universitaria UNaM; 2003.
3. Sánchez-Saldaña L, Matos-Sánchez R y Kumakawa Sena H. *Infecciones Micóticas Superficiales*. Dermatología Peruana 2009. 19 (3):226-266. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/dermatologia/v19_n3/pdf/a09v19n3.Pdf. Acceso: 10/06/20.
4. Vilata Corell J J. *Micosis cutáneas*. Madrid, España: Ed Médica Panamericana. 2006.
5. Ausina Ruiz V. y Moreno Guillén S. *Tratado SEIMC de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana; 2006.
6. Arenas Guzmán R. *Dermatofitosis*. En: Micología Médica Ilustrada. 5ta ed. Madrid, España: Ed. Mc Graw Hill; 2014. p. 61-89.
7. Bonifaz Trujillo J A. *Micosis superficiales. Dermatofitosis*. En: Micología Médica Básica. 4ta ed. Madrid, España: Ed. Mac Graw Hill. 2012; p 93-134.
8. Velasco Pastor M., García-Melgares Linares M. L., Gimeno Carpio E., Roche Gamón E. y J. Vilata Corell. *Dermatofitosis*. En: Vilata Corell J. *Micosis Cutáneas*. Madrid, España: Ed Panamericana. 2006; p. 49-69.
9. Sybren de Hoog G, Dukik K, Monod M, Packeu A, Stubbe D, Hendrickx M, Kupsch, C., Stielow, B., Freeke, J., Göker, M., Rezaei-Matehkolaei, A., Mirhendi, H. y Gräser, Y. *Toward a Novel Multilocus Phylogenetic Taxonomy for the Dermatophytes*. Mycopathologia. 2017. 182:5-31 DOI 10.1007/s11046-016-0073-9. Acceso: 10/08/2020.
10. Sandoval N, Arenas R, Giusiano G, Chávez L y Zúniga P. *Diagnóstico y tratamiento de dermatofitosis y pitiriasis versicolor*. Rev Med Hondur. 2012; 80 (2): 66 -73.
11. Prats G. *Microbiología Clínica*. Buenos Aires; Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2007; p. 83-107.
12. Garrote A. *Micosis Cutáneas*. Rev Offarm. 2002; 21 (8):82-90. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-micosis-cutaneas-13035868> Acceso: 10/08/2020.
13. Crespo-Erchiga V. y Delgado-Florencio V. *Micosis cutáneas*. Dermatomicosis. Rev Med Clin. 2005; 125 (12):467-74. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-micosis-cutaneas-13079613> Acceso: 08/07/2020.
14. Lumbrerasa C, Lizasoaina M, Aguado J M. *Antifúngicos de uso sistémico*. Rev Enferm Infecc Microbiol Clin. 2003; 21 (7):366-80.
15. García V. *Introducción a la microbiología*. 2da ed. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 2014.
16. Allevato M A J, Negroni R y Galimberti R. *Antifúngicos: Ayer, hoy y mañana*. Act Terap Dermatol. 2007; 30 (8): 1-12. Disponible en: http://www.atdermae.com/pdfs/atd_30_01_02.pdf Acceso: 10/06/2019.
17. Gregori Valdes B.S. *Estructura y actividad de los antifúngicos*. Rev Cubana Farm. 2005; 39(2). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v39n2/far12205.pdf> Acceso: 08/06/2019.
18. Méndez-Tovar L J, Manzano-Gayosso P, Velásquez-Hernández V, Millan- Chiu B, Hernández- Hernández F, Mondragón-González R y López-Martínez R. *Resistencia a compuestos azólicos de aislamientos clínicos de Trichophyton spp*. Rev Iberoam Micol. 2007; 24 (4): 320-322.
19. Manzano-Gayosso P, Méndez-Tovar L J, Hernández- Hernández F y López-Martínez R. *La resistencia a los antifúngicos: un problema emergente en México*. Gac Méd Méx 2008; 144 (1): 23-26. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2008/gm081e.pdf> Acceso: 05/02/2019.
20. Pontón J y Quindós G. *Mecanismos de resistencia a la terapéutica antifúngica*. Rev Med Clin Barcelona. 2006; 126(1):56-60.
21. Mukherjee P, Leidich S, Isham N, Leitner I, Ryder N, Ghannoum M. *Clinical Trichophyton rubrum Strain Exhibiting Primary Resistance to Terbinafine Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2003; 47 (1) 82-86. Disponible en: <https://aac.asm.org/content/47/1/82> Acceso: 08/06/2020.
22. Clinical and Laboratory Standards Institute. *Reference method for broth dilution antifungal susceptibility testing of filamentous fungi*. CLSI document M38, 3rd ed. Wayne, PA, USA. 2017.
23. Córdoba S B, Davel G e Isla M G. *Manual Curso a Distancia y Taller "Determinación de la resistencia a los antifúngicos en el laboratorio"*. Departamento de Micología. INEI. Dr. C. G. Malbrán. 2016.
24. Guelfand L, Cataldi S, Arechavala A y Perrone M. *Manual Práctico de Micología Médica*. Pruebas de sensibilidad Antifúngica. Acta Bioquím Clín Latinoam. 2015;

- Supl.1: 65-81.
25. Cantón Lacasa E, Martín Mazuelos E y Espinel-Ingroff A. *Métodos estandarizados por el CLSI para el estudio de la sensibilidad a los antifúngicos*. En: Guía Práctica de Identificación y Diagnóstico en Micología Clínica. 2da ed. Bilbao, España: Rev Iberoam Micol. Asociación española de Micología. 2007; Cap.15. p.1-24.
 26. Carrillo-Muñoz A J, Tur-Tur C, Hernández-Molina J M, Santos P, Cárdenas D y Giusiano G. *Antifúngicos disponibles para el tratamiento de las micosis ungueales*. Rev Iberoam Micol. 2010; 27(2), 49-56.
 27. Eisman S y Sinclair R. *Fungal nail infection: diagnosis and management*. Clinical Review. BMJ. 2014; 348, g1800. Disponible en <https://doi.org/10.1136/bmj.g1800> Acceso: 10/02/2020.
 28. Serrano-Martino M, Chávez Caballero M, Valverde Conde A, Claro R, Pemán J y Martín-Mazuelos E. *Actividad in vitro de voriconazol y otros tres antifúngicos frente a dermatofitos*. Rev Enferm Infecc Microbiol Clin. 2003; 21(9), 484-487. Disponible en <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-actividad-in-vitro-voriconazol-otros-13052331> Acceso 20/06/2020.
 29. Santos P E, Córdoba S, Rodero L, Carrillo-Muñoz A J y Lopardo H A. *Tinea capitis. Experiencia de 2 años en un hospital de pediatría de Buenos Aires, Argentina*. Rev Iberoam Micol. 2010; (27):104 -106.
 30. Pérez-Cárdenas J E, Hoyos Zuluaga A M y Cárdenas Henao C. *Sensibilidad antimicótica de diferentes especies de hongos aislados de pacientes con micosis ungueal en la ciudad de Manizales*. Caldas, Colombia. Rev Biosalud. 2013; 11 (2): 26-39.
 31. Díaz Jarabran M C, Díaz Gonzalez P, Espinoza Rodríguez J y Carrillo Muñoz A.J. *Evaluación del perfil de sensibilidad in vitro de aislamientos clínicos de Trichopython mentagrophytes y Trichophyton rubrum*. Santiago de Chile. Rev Iberoam Micol. 2015; 32:83-87.
 32. Manzano-Gayosso P, Zabicky-López J, Hernández-Hernández F, Méndez-Tovar L J, Bazán-Mora E, Córdova-Martínez E y López-Martínez R. *Reactivación morfológica de algunas especies de dermatofitos y su sensibilidad a antifúngicos*. Rev Mex Mic. 2015; (41): 47-53.
 33. Clinical and Laboratory Standards Institute. *Performance Standards for Antifungal susceptibility Testing of Filamentous Fungi*. CLSI document M61, 1st ed. Wayne, PA, USA. 2017.
 34. Gross Martínez N, Ureña Sanchez M y Chaves Madrigal O. *Sensibilidad al Fluconazol de aislamientos de Trichophyton rubrum*. Acta Médica Costarricense. 2014; 56 (1): 23-26.
 35. Gupta A K, Kohli Y y Batra R. *In vitro activities of posaconazole, ravuconazole, terbinafine, itraconazole and fluconazole against dermatophyte, yeast and non-dermatophyte species*. Medical Mycology. 2005; 43 (2): 179-185.
 36. Petranyi G, Meingassner J G y Mieth H. *Antifungal activity of the allilamine derivative terbinafine in vitro*. Antimicrobial agents and chemotherapy. 1987; 31 (9): 1365-1368.

RECYT

Año 22 / N° 34 / 2020 / 107-114

Impacto económico y social de la ciencia y la tecnología en el desarrollo

Economic and social impact of science and technology in development

Carlos Alberto Hernández Medina^{1,*}, Alexander Báez Hernández², Magdalys Alibet Carrasco Fuentes³

1- Centro Universitario. Municipal Camajuaní. Independencia 126-B. Camajuaní. 52500. Villa Clara. Cuba.

2- Universidad Central de Ecuador. Ave. de las Américas. Quito. Ecuador.

3- Centro Universitario Municipal Camajuaní. Joaquín Paneca 62-A. Camajuaní. V. Clara. Cuba.

*E-mail: cahm862@uclv.edu.cu

Recibido: 20/12/2019; Aprobado: 06/07/2020

Resumen

El artículo tiene el objetivo de encontrar las bases conceptuales para el diseño de políticas científico - tecnológicas y su reflejo a nivel local. Los métodos y técnicas fundamentales empleados para la obtención de la información que se utilizaron fueron la revisión bibliográfica y el análisis de documentos. Entre los resultados principales encontrados está que cada vez más el papel de la ciencia en todas las esferas de la vida se incrementa, los productos que utilizamos tienen incorporada una tecnología más cercana a las fronteras del conocimiento y es imprescindible la aplicación de innovación tecnológica para poder lograr desarrollo. Se concluyó que los Sistemas de Ciencia y Tecnología generan, aumentan y difunden el conocimiento científico y tecnológico, le conciben nuevas aplicaciones y el papel central de la ciencia como fuerza productiva nueva en el incremento de la productividad es evidente.

Palabras clave: Ciencia, tecnología, desarrollo sostenible, impacto.

Abstract

This article aims at finding the conceptual bases for the design of scientific and technological policies and their reflection at local level. In order to obtain information about the fundamental methods and techniques used in this work, both bibliographic reviews and documental analysis were used. Among the main results, it was found that the role of science is increasing in all the spheres of people's lives and the products they use need to have technological innovation to achieve greater development. It was concluded that the Science and Technology Systems generate, increase and disseminate scientific and technological knowledge and provide them with new applications. the central role of science as a new productive force in increasing productivity was also evident.

Keywords: Science, technology, sustainable development, impact.

1. Introducción

En los últimos años ha crecido, en círculos académicos y políticos, el interés por el impacto social y económico de la ciencia y la tecnología. [1] El papel de la ciencia en todas las esferas de la vida se incrementa. Cada día los productos y servicios que usamos tienen incorporadas tecnologías más cercanas a la frontera del conocimiento y prestaciones impensables hace poco tiempo. Eso se debe en gran medida a que el tiempo transcurrido en aplicar el nuevo conocimiento a la praxis social se acorta cada día.

Como mecanismo de crecimiento económico, competitividad o, en fin, como mecanismo para incrementar el bienestar social y lograr desarrollo local, se destaca la influencia que la ciencia y la tecnología poseen sobre esas variables. [2] En la esfera de la producción y los servicios, servicios sociales o al servicio de la comunidad, es im-

prescindible aplicar la innovación tecnológica para lograr resultados de calidad.

El acrecido interés por esas cuestiones ocurre en todos los países y se relaciona con el auge del fenómeno de globalización. Cuba no está al margen de esa dinámica. Aumenta la importancia de aplicar tecnología de punta para mejorar la calidad de vida y las condiciones de trabajo, comunicación, estudio y uso del tiempo libre. [3]

Este artículo se integra en ese contexto y pretende responder al problema de investigación de encontrar las bases conceptuales para el diseño de políticas científico - tecnológicas y su reflejo a nivel local, según Hernández (2015) [4]. Conceptualiza el impacto social y económico de ciencia y tecnología sobre el modelo teórico- metodológico de Sistema de Innovación Local para el desarrollo local en un país subdesarrollado del Tercer Mundo.

Desarrollo del Artículo

Materiales y Métodos

Los métodos científicos utilizados en la investigación fueron: Observación, Análisis-síntesis, Análisis de documentos, Inducción-deducción, Histórico-lógico e Investigación Documental. Las técnicas empleadas para la obtención de la información que se utilizaron fueron: Revisión bibliográfica y análisis de documentos. La metodología y los enfoques utilizados durante la investigación se guiaron por los principios de la gestión del conocimiento, el análisis multi-metodológico y el uso de un enfoque transdisciplinario.

Se tuvieron en cuenta los tres enfoques de redes para construir marcos analíticos: 1. Análisis de Redes Sociales que profundiza en el estudio de las estructuras sociales que subyacen a los flujos de conocimiento. Su aplicación al estudio de la colaboración en I+D es novedosa. 2.. Enfoque basado en la Teoría del Actor Red (TAR), donde la noción de red tiene un estatuto teórico mayor pues trata de descifrar la complejidad de los fenómenos ligados en particular a la difusión de las innovaciones y 3. El enfoque de la red como mecanismo de integración, inscrito en las teorías de la coordinación social. [5]

La aproximación metodológica, que se construyó a partir de las influencias mencionadas, ha considerado las dimensiones: 1: morfología: actores que participan; intereses y motivaciones; cuándo entran o salen de escena. 2: génesis y dinámica: forma como se coordinan e interactúan los participantes; sus formas de integración y la forma en que abordan los conflictos, solucionan los problemas y toman las decisiones. 3: naturaleza de los flujos de conocimiento que tienen lugar en el contexto de la red: ¿Qué intercambian los actores, cuáles son los canales para el intercambio (movilidad), qué efectos tienen en la mejora de productos y/o procesos, la naturaleza del conocimiento que se intercambia (codificado, tácito), si el impacto es directo e inmediato, ¿Qué tipo de información de intercambia: de mercado, técnica, científica; qué tipo de conocimiento: ideas, habilidades, experiencia, métodos y 4: impacto de la red de conocimiento en: formación de recursos humanos; nuevos o mejorados procesos/productos; Solución de un problema económico o social y apertura de nuevas líneas de investigación y de investigación básica.

Las dimensiones metodológicas que fueron utilizadas para el análisis de las redes de conocimiento presentes en el municipio se basaron en el estudio de su morfología, génesis y dinámica, flujos del conocimiento existentes e impactos causados. [6] y [7]

Resultados y discusión

El amplio trabajo de estudio de documentos y revisión de bibliografía nos permitió conformar críticamente un marco teórico que definió, a partir de la toma de partido

entre las definiciones de innumerables autores, una serie de conceptos que expondremos y discutiremos a continuación.

Tecnología y Desarrollo

Al definir qué se entiende por tecnología, esta puede ser, según Pampillón (1991) [8], un factor de producción formado por un conjunto de conocimientos que sirven para fabricar bienes y prestar servicios. Otra definición de Molero y Buesa (1997) [9] engloba los conocimientos teóricos y empíricos que se contienen en los equipos, métodos, procedimientos, organización, rutinas y saber hacer de empresas e instituciones y se usan para producir bienes y servicios.

El progreso técnico es el conocimiento que permite mayor producción o producir con calidad superior a partir de iguales recursos [10]. Pampillón (1991) [8] cree que se relaciona íntimamente con la tecnología y son cambios en la tecnología logrados al combinar investigación, desarrollo e innovación. Vegara (1989b) [11] indica que el cambio técnico se refiere a la invención, innovación, transferencia y difusión de tecnologías, sus efectos e impactos. Entonces entendemos por tecnologías a los conocimientos y por técnicas a los sistemas físicos que los hacen operacionales.

Según Stoneman (1987) [12] frecuentemente el cambio técnico se traduce en progreso técnico, pero aclara que esos términos no son sinónimos. No todo cambio es un avance, aunque todo avance será un cambio.

Investigación y Desarrollo

Por investigación básica se entiende la búsqueda de conocimiento original para el avance de la ciencia pura, sin objeto comercial. No se dirige a aplicaciones prácticas y genera conocimiento científico sin necesitar resultados económicos. Que esos conceptos científicos no posean todavía utilidad directa en la producción y servicios no impide que puedan tenerla tras años de estudio y experimentación. [13]

La investigación aplicada busca nuevo conocimiento científico con objetivo comercial. Da solución práctica a problemas concretos y plasma los avances teóricos de la investigación básica en nuevos productos o procesos. Su resultado es la invención, susceptible de patentar. Una invención o invento es la primera creación de un conocimiento que puede o no derivarse de las diversas ciencias. Es la generación de nuevas ideas.

Patente es un título otorgado por la autoridad pública que garantiza al inventor monopolio de explotación temporal de su invención registrada en la oficina de patentes y publicada por esta. El titular disfruta en exclusividad del resultado industrial del invento por un período de tiempo o concede licencia de explotación por el pago de un royalty. [8]

La Investigación y Desarrollo (I+D) es un espectro de actividades relacionadas con la actividad económica que

comienza con actividades básicas de investigación y va a etapas de aplicación comercial. La incertidumbre técnica y económica asociada en cada fase disminuye mientras la rentabilidad y apropiabilidad de los resultados aumenta.

Innovación y Desarrollo

La innovación tecnológica es la aplicación de la investigación con éxito comercial al acoplar en un ámbito espacial preciso una nueva oportunidad tecnológica con una necesidad o demanda solvente. Su origen puede ser una invención o la transferencia de tecnología. Si la invención es generación de nuevas ideas, la innovación abarca transformar nuevas ideas en productos que pueden llevarse al mercado. Las invenciones no llevan a innovaciones si no encuentran aplicación comercial.

La innovación surge de los procesos anteriores y de la función empresarial de lanzar al mercado el invento, obtener recursos para ello y organizar el modo de llevarlo a cabo. La definición de Hall (1994) [14] propone: "... Cuando una empresa produce un bien o servicio o utiliza un método o input que le es novedoso, está realizando cambio técnico. El primero que produce determinado cambio técnico es un innovador. Su acción es la innovación..."

Otro concepto clásico de innovación lo debemos a Schumpeter, citado por Vegara (1989c) [15] que propone 5 tipos de innovación: 1) introducción de un nuevo bien con el que no se hayan familiarizado los consumidores o de una nueva calidad de un bien; 2) introducción de un método de producción no probado que no precisa fundarse en un descubrimiento científico nuevo y puede consistir en una nueva forma de manejar comercialmente una mercancía; 3) apertura de un nuevo mercado en el cual no se haya entrado aún, a pesar de existir anteriormente; 4) conquista de una nueva fuente de aprovisionamiento de materias primas o bienes semi-manufacturados, haya o no existido anteriormente y 5) creación de una nueva organización en cualquier industria, que de una posición de monopolio o anule un monopolio anterior. Esta clasificación deja claro que no todas las innovaciones implican un cambio técnico. Como se aprecia, las 3 últimas son innovaciones no tecnológicas.

Institucionalización del Mecanismo de Desarrollo

El Sistema de Ciencia y Tecnología (SCT) de un país lo forma el conjunto de personas, instituciones, actividades y operaciones interrelacionadas dirigidas a generar, aumentar y difundir conocimiento científico y tecnológico o concebirle nuevas aplicaciones. Posee dos misiones: generar, difundir y aplicar conocimiento científico y tecnológico propio y asimilar adecuadamente el foráneo. [16] Sus agentes son las empresas, centros de investigación, universidades y la administración pública que actúan como agentes diseñadores y ejecutores de política tecnológica

actuando como productores de ciencia y tecnología; contribuyendo a sufragar gastos; facilitando información y asesoría tecnológica y fomentando la difusión de la nueva tecnología.

Los inventores independientes tienen importancia cada vez más marginal. La complejización de la investigación llevó a que se realice en equipos. Las actividades más próximas a las fases finales del proceso innovador y más ligadas al mercado y las ventas, escapan a esta norma, por razones comerciales, ser menos costosas, presentar menos incertidumbre y riesgo y sus rendimientos ser fácilmente apropiables por las empresas.

Difusión del conocimiento y desarrollo

La transferencia de tecnología en sentido estricto supone la transmisión y asimilación a través de las fronteras de conocimientos y elementos materiales que hacen posible la innovación. [17]

La difusión es el proceso que se manifiesta en el creciente número de usuarios de una innovación o su adopción por los agentes. El impacto económico de una innovación depende mayormente del proceso de difusión. No todas las innovaciones son difundidas de forma exitosa. En algunas ocasiones la difusión se realiza por imitación. [17]

La expresión transferencia de tecnología es la cesión de conocimientos de un país a otro, su transferencia internacional. Se puede realizar mediante tecnología incorporada a los bienes de capital; a los recursos humanos con contratos de asistencia técnica, programas internacionales de cooperación, servicios de consultoría; o a lo que llamamos tecnología desincorporada, o cesión del derecho de uso de una patente a través de una licencia.

Con la importación de tecnología surge el concepto asimilación de tecnología extranjera que es la capacidad del SCT del país de adaptar y transformar la tecnología importada y difundirla a lo largo del sistema productivo nacional. A veces se distingue entre los conceptos de I+D creativa y de I+D adaptada o asimilada.

Modelos

Los conceptos anteriores forman lo que se llama el modelo lineal del cambio técnico. Según dicho modelo, el cambio técnico sigue una secuencia de actividades o de resultados que podría caracterizarse, por actividades, de la forma: Investigación básica-Investigación aplicada-Desarrollo-Fabricación industrial-Comercialización y ventas; o bien por la siguiente: Invención-Innovación-Difusión. En cada etapa ocurre un proceso de selección y sólo una parte de las nuevas ideas será finalmente difundida ampliamente en la economía.

El modelo lineal es un proceso unidireccional que sigue el orden y consume determinado tiempo entre fases. Esa visión del cambio técnico separa cada etapa, conside-

rándolas autónomas. El modelo lineal es muy criticado, proponiéndose aproximaciones alternativas al cambio técnico que lo entienden como un proceso muy complejo.

El papel de la ciencia según Marx

Marx fue consciente de que el capitalismo, como sistema económico, logró incrementos enormes en la productividad y el dominio humano sobre la naturaleza. La burguesía creó fuerzas productivas más masivas y colosales que las generaciones precedentes (Marx y Engels, en Rosenberg (1979) [18]). El capitalismo es tan productivo porque creó enormes incentivos para el cambio tecnológico e introducir nuevas tecnologías que reducen costos.

El crecimiento de la productividad no puede ser sólo una función del desarrollo de las instituciones capitalistas. Esto sería condición necesaria, pero no suficiente. La vitalidad tecnológica del capitalismo ha estado unida al estado del conocimiento científico y la capacidad de la industria de explotarlo. [19]

Para Marx la ciencia no es una variable exógena o independiente. Su papel central en el incremento de la productividad surgió después que el capitalismo, bien entrado el siglo XIX. Tres juegos de fuerzas permitieron el crecimiento de la productividad de la industria moderna: a) el incentivo a la acumulación creado por las instituciones capitalistas; b) la disponibilidad de saber científico y tecnológico apropiados para solucionar problemas industriales y c) una tecnología poseedora de ciertas características especiales.

Marx defiende una visión del progreso científico dependiente de la demanda, donde las fuerzas de oferta desempeñan un papel secundario, pero también atendió a factores de oferta. Para él la ciencia no se aplicó antes a la industria porque las fases artesanal y manufacturera de la producción carecían de base tecnológica que permitiera aplicar el conocimiento científico a solucionar los problemas productivos. Esta base tecnológica emergió luego y permitió la industria moderna.

En *El Capital*, Marx señala que la industria moderna hace de la ciencia una fuerza productiva distinta del trabajo y la presiona al servicio del capital. Esto lleva a la exigencia de que las máquinas sean construidas por máquinas para liberarse de la restricción impuesta por las limitaciones humanas al realizar el trabajo productivo. Ese avance técnico en el sector productor de bienes de equipo permite introducir innovaciones ahorradoras de capital que incrementan la tasa de beneficio.

Algunas de estas innovaciones son: perfeccionar la construcción de maquinaria al sustituir madera por metal; cambio técnico en sectores suministradores de bienes de equipo; reducción de costos de operación en la maquinaria; comercialización de residuos y subproductos de la producción en gran escala; mejoras en transporte, comunicaciones e infraestructuras que reducían el volumen de capital circulante necesario. [20]

Criterios de adopción del cambio tecnológico

El mecanismo que empuja al capitalista a introducir nuevos métodos de producción es la presión de la competencia y la obligación de reducir costos. Sólo así obtienen beneficios para su crecimiento. El criterio de reducir costos y la fuerza de la competencia explican y motivan la introducción de nuevos métodos de producción. [21]

Se puede obtener mayor beneficio incrementando la plusvalía al introducir el cambio tecnológico. El capitalista compra la fuerza de trabajo en el mercado y obtiene trabajo que no puede comprar directamente, surge así el problema de extraer la máxima cantidad de trabajo a la fuerza de trabajo. El proceso de control es el mecanismo que permite conseguir máxima eficiencia en esa conversión. La historia del capitalismo es la historia de los modos de control que han surgido en el tiempo. Una tipología clásica de los modos de control es la de Edwards (1983) [22], que distingue: control simple, técnico y burocrático.

Introducir el cambio técnico incrementa la plusvalía al aumentar la producción que realiza el trabajador. Marx define, en este contexto, lo que denomina composición orgánica del capital, el cociente entre el capital constante (capital físico) y el capital variable (fuerza de trabajo).

Marco conceptual del cambio tecnológico en la teoría neoclásica de producción

Para exponer la teoría del cambio tecnológico en el modelo neoclásico sencillo nos basamos en Hall (1994) [14]. Cambio tecnológico es una adición al conjunto de maneras en las cuales la producción se efectúa. Si la nueva forma de producir utiliza mayor cantidad de materias primas, energía y trabajo que otros métodos no hay avance tecnológico. Si el producto se elabora con menor gasto hay avance tecnológico. Este modifica la función de producción y permite producir con menos materia prima, energía y trabajo.

En el modelo neoclásico sencillo, la empresa actúa como maximizadora del beneficio que es la diferencia ingresos/costos. La función de producción relaciona las cantidades de factores con la de producto, pero nada indica sobre los costos de la empresa. Éstos tendrán que ver con la cantidad de factores usada y los precios que éstos tengan en el mercado.

Aporte de Schumpeter a la economía del cambio técnico

Schumpeter introduce la innovación, tecnológica o no, en su teoría del desarrollo. Como señala Vegara (1989c) [15], existe en sus obras una notable permanencia en las grandes cuestiones que definen su sistema. Parte del concepto de corriente circular, cuyas características son la libre competencia y la repetición indefinida de las tareas económicas lo que facilita el aprendizaje y la formación de expectativas. En ese marco los riesgos son asegurable, el beneficio no existe pues el producto se reparte entre tierra y

trabajo y el tipo de interés de los préstamos por actividades productivas es nulo. [15]

En ese modelo no hay lugar para el desarrollo económico. Schumpeter utiliza este esquema como instrumento analítico y metodológico para construir su sistema. Entiende que el mundo real no es así y que la competencia perfecta no es el estado habitual. Al partir de la idea de corriente circular, surge la cuestión de los cambios que pueden producirse y distingue dos tipos: los cambios continuos, pequeños, que no introducen discontinuidades en el curso de la corriente y cambios bruscos, no continuos, pero que la alteran y modifican. Estos últimos, sus causas y sus consecuencias, son su objeto de estudio.

El proceso de desarrollo está ligado a los cambios discontinuos, cualitativos, que generan rupturas. Así, Schumpeter, al discutir el papel de las innovaciones se preocupará de las radicales, no de las incrementales. Considera desarrollo los cambios de vida económica no impuestos desde el exterior, sino los de origen interno. Señala las transformaciones que surgen del sistema y desplazan tanto su equilibrio que no puede recuperarlo por alteraciones infinitesimales. Considera el fenómeno de desarrollo como proceso endógeno, que no puede existir sin esos cambios cualitativos. A partir del estado estacionario determinado por la corriente circular, Schumpeter estudia cómo se realiza el proceso de desarrollo. Señala que las innovaciones son el medio por el que se producen los cambios discontinuos y el desarrollo es la puesta en práctica de nuevas combinaciones, la introducción de innovaciones.

El papel de las innovaciones

A diferencia de otras importantes visiones teóricas sobre el cambio técnico, para Schumpeter la innovación casi siempre aparece en la esfera de la vida industrial y comercial, no en la de las necesidades de los consumidores de productos acabados. El motor de la innovación no es la demanda sino la oferta. Ello es coherente con el papel que le asigna a la figura del empresario.

Lo que distingue a las innovaciones, más allá de su tipo, es su capacidad para crear beneficios y romper la corriente circular. Las innovaciones radicales generan ciclos económicos y otorgan superioridad al introductor. Crean nuevas empresas o renuevan las existentes. Schumpeter otorga importancia capital a las innovaciones pero, en su sistema, las invenciones carecen de importancia económica al menos mientras no se ponen en práctica convirtiéndose en innovaciones. Como se desprende de la tipología, no es relevante económicamente que la innovación comporte o no novedades científicas. Inventar e innovar son funciones diferentes que requieren aptitudes diferentes, de agentes diferentes

Al surgir ciertas innovaciones, las empresas que las producen experimentan considerable expansión. De no reaccionar, las demás son eliminadas. Si este proceso se

generaliza porque las otras empresas, so pena de desaparecer, imitan la innovación o generan otras, la economía experimenta un auge. Las recesiones y depresiones aparecen cuando se agota el potencial generado por la innovación previa. Se reducen los beneficios y la innovación se frena.

Introducir innovaciones genera beneficios diferenciales con respecto a la competencia. Así, cuando un empresario produce una innovación y obtiene un beneficio, los competidores responden imitando esa innovación o generando otras, con lo que el beneficio diferencial posee Un examen de estas cuestiones puede leerse en Freeman et al. (1985). [23]

En relación con el papel del empresario Schumpeter (1994) [24] reflexionó sobre una tendencia en la realidad económica de su tiempo a la progresiva sustitución del impulso personal del empresario innovador por la racionalización de la tarea innovadora llevada a cabo en el seno de la gran empresa. Así, el empresario es reemplazado por funcionarios de la innovación y de esta manera el proceso innovador se sistematiza y toma pautas estables. Esa tendencia sigue hoy.

La percepción de este estado de cosas al analizar la aportación de Schumpeter es esencial porque él desarrolló, de hecho, dos modelos del cambio técnico. En el primero hace partir la innovación de inventos exógenos a las empresas y estructuras de mercado existentes, con lo que, si bien la innovación es endógena a motivaciones económicas, la invención no lo es. En el segundo modelo la invención y la innovación son generadas por fuerzas económicas en el seno de la gran corporación capitalista [23], [25]. Explica el cambio de enfoque las modificaciones del capitalismo entre la IGM y los años cuarenta.

En la tendencia a burocratizar la función innovadora en la gran empresa, el autor percibe lo que puede acabar al sistema capitalista. Al destruirse elementos sociales e instituciones económicas esenciales que juegan un papel protector del capitalismo, éste puede experimentar peligro real de extinción. [15]

Orígenes del cambio técnico

Según el modelo lineal el cambio tecnológico es un proceso regido por el conocimiento científico básico, aunque éste quede al margen del análisis económico que impulsa el conocimiento tecnológico y lleva a productos concretos, las innovaciones, que se dan en el mercado. A esta forma de ver el proceso tecnológico se las llama del empuje tecnológico (technology-push) o empuje científico (science-push). También se le denomina enfoque de oferta, puesto que es la oferta de conocimiento científico y tecnológico quién impulsa el proceso, imprimiéndole determinada velocidad y alcance.

Como señaló Steinmueller (1994) [26], el modelo lineal puede contemplarse en 3 ópticas, cada una de las que incurre en una debilidad:

- a) Es un marco para diferenciar procesos de crear cono-

cimiento de acuerdo a sus fines comerciales. Distingue entre investigación básica, aplicada y en desarrollo. Pero esta visión desvía la atención de los determinantes económicos y sociales de la investigación científica.

b) Es una teoría de la producción de conocimiento y cada nivel produce outputs que son a su vez inputs para el siguiente. El modelo lineal ignora el papel de la tecnología para dar forma a los fines, métodos y productividad de la ciencia y desdeña los orígenes no científicos de muchos desarrollos tecnológicos.

c) Es una teoría epistemológica. El conocimiento se va adaptando y particularizando de una etapa a otra y de una forma deductiva: de lo general se va a lo particular. Se adaptan principios generales y universales a utilizaciones y fines específicos. No obstante, el modelo lineal crea distinciones que un examen más detallado de la actividad científica y tecnológica desmentiría.

Pese a las anteriores críticas, Steinmueller (1994) [26] concluye que no debe descalificarse al modelo lineal, como herramienta útil, que simplifica el conocimiento, mientras las teorías alternativas están en y solo cuestionan aspectos del modelo. Es el fundamento de los métodos de recopilación de información estadística sobre actividades de investigación, para organizar la investigación económica de los beneficios sociales de la investigación científica y para explicar el papel de la ciencia en la innovación industrial. No es sólo una caracterización general abstracta del proceso del cambio tecnológico, también puede aplicarse a la actuación de la empresa innovadora concreta.

El modelo lineal presupone determinada división del trabajo innovador, asignando general, aunque no exclusivamente a la empresa las partes finales del proceso, dejando las primeras para el estado, los centros de investigación, las universidades. Otras críticas inciden en que sesga el análisis del cambio técnico hacia las innovaciones radicales. Se critica que es válido para las grandes innovaciones, las radicales, pero ignora el impacto de mejoras incrementales que actúan modesta, pero acumulativamente con tener tanta importancia como las radicales.

Este modelo se caracteriza por existir en él frecuentes realimentaciones entre las diversas etapas. Así, la ciencia no sólo tiene por qué estar presente en la invención; la verificación puede inducir un nuevo diseño o un problema no detectado puede inducir una nueva etapa en la investigación. Se debe adoptar un criterio amplio y pragmático a la hora de tratar los factores que influyen en la dirección del progreso tecnológico e incluir la demanda, cambios de capacidad, dimensiones y crecimiento de la industria, adelantos de la ciencia y educación y el desarrollo de una base científica en un modelo unificador que los englobara sistemáticamente.

Relaciones entre ciencia y tecnología

La tendencia general es que la tecnología depende cada vez más de la ciencia. Se fundamenta crecientemente en la

ciencia, hasta el punto de que algunas ramas tecnológicas son designadas como actividades tecnológicas de base científica. Algunos autores prefieren sostener que sería preferible utilizar la expresión tecnología relacionada con la ciencia antes que basada en la ciencia, que da una idea de causalidad unidireccional rígida. (Freeman (1975) [27])

El conocimiento tecnológico ha precedido en muchos casos al científico. La falta de comprensión científica no necesita ser un obstáculo insuperable, sobre todo cuando aparecen suficientes incentivos económicos poderosos. Así, la tecnología ha servido como depósito de conocimiento empírico examinable y evaluable por los científicos. La solución de ingeniería genera después la investigación subsiguiente que explica las causas.

Una segunda dimensión de la interacción entre ciencia y tecnología es que el progreso tecnológico juega un papel muy importante en la formulación del futuro de la ciencia. La trayectoria natural de ciertas mejoras tecnológicas identifica y define los límites de mejoras posteriores que, a su vez, orientan la subsiguiente investigación científica. La mejora tecnológica no se limita a generar la necesidad de tipos específicos de nuevo conocimiento. El avance de éste tiene lugar frecuentemente sólo por experiencia real de una nueva tecnología en su medio operativo. Típico de las ramas de alta tecnología es que el progreso tecnológico identifica de forma no ambigua las orientaciones de la nueva investigación científica ofreciendo un alto potencial de retorno, al reducir sensiblemente la incertidumbre.

Otro factor que cuenta es el de los cambios en la estructura de los incentivos económicos. Si un material es más barato como resultado de las mejoras tecnológicas se usa con más frecuencia y el menor precio hace que se le considere más en serio para otros usos potenciales. Lo que generará investigación y ensayos por parte de nuevas clases de usuarios.

Otra vía que lleva de la tecnología a la ciencia es la instrumentación. Sus mejoras son un determinante principal del progreso científico, toda vez que permiten mejorar las técnicas de observación, ensayo y medición. Perfeccionar determinadas clases de instrumentos es una forma de hacer avanzar un campo de la ciencia.

Relaciones entre cambio técnico y crecimiento económico

Una de las explicaciones, ofrecidas a mediados del siglo XX, del fenómeno del crecimiento económico consistía en entenderlo como el resultado de una aceleración en la formación de capital en la economía. Así, el incremento de la productividad del trabajo se debía al incremento del capital por persona y el crecimiento económico requería una aceleración de la formación de capital para que pudiera tener lugar.

En un trabajo ya clásico, Solow (1993) [28] pretendió estudiar cuáles eran los determinantes del crecimiento de la productividad del trabajo, o si se quiere, de la renta per

cápita. Los gastos en I+D no recogen toda la importancia del cambio técnico: éste no proviene sólo de los gastos en investigación y desarrollo, sino que su origen puede estar en la importación de nueva tecnología, en el progreso técnico incorporado en bienes de equipo, en el proceso de aprendizaje dentro de la empresa o de la economía en su conjunto.

Otra crítica es que este enfoque sólo hace referencia a los procesos de invención e innovación, mientras que el proceso de difusión no queda integrado en él. Esto es grave porque es la difusión lo que genera los efectos beneficiosos del progreso técnico. Además, los procesos de difusión son lentos y costosos, requieren una determinada cantidad de tiempo y de recursos, hechos que son completamente ignorados, y pueden llevar a una sobreestimación de los rendimientos de la inversión en I+D. [10]

Ciertos autores latinoamericanos, comparten algunos planteamientos relevantes sobre los efectos que aquí se están tratando. Se podrían entresacar los siguientes: [29]

1. Los flujos y tendencias del comercio y sus repercusiones en términos de renta dependen de las diferencias internacionales en los niveles tecnológicos y en la capacidad de innovación.
2. Los mecanismos de equilibrio del ajuste internacional y sectorial son débiles y el comercio influye en los niveles de actividad macroeconómica en cada economía modificando las cuotas de mercado mundial de los países en cada sector.
3. La distribución de las cuotas de mercado internacionales dentro de un mismo sector y su evolución temporal dependen del conjunto de ventajas o desventajas absolutas de un país, sin que medien ajustes de precio o cantidades entre sectores o entre rendimientos de los factores.
4. La tecnología no es un bien libre: no es posible utilizar gratuitamente la tecnología existente. Así, los países utilizarán diversas tecnologías.
5. Las pautas de asignación inducidas por el comercio internacional poseen implicaciones dinámicas que pueden generar tanto círculos viciosos como virtuosos en el largo plazo.

Dentro de estas visiones alternativas, conviene destacar dos modelos interesantes: el de la brecha tecnológica y los ligados al ciclo de vida del producto

Los modelos de la brecha tecnológica parten del supuesto de que la tecnología no es un bien gratuito, instantáneo y universalmente disponible, sino que partir primero supone una ventaja sustancial. Existe una brecha temporal, un retardo entre el momento en que un país comienza a producir un determinado bien y que se incorporan otros. Ese progreso, incorporado en un determinado bien, es inductor del comercio internacional durante el período que le lleva al resto del mundo imitar la innovación.

Los países pueden desarrollar su propia tecnología y una vez generada se difundirá a través del sistema econó-

mico. Las autoridades económicas pueden promover a su vez tanto la generación como la difusión mediante políticas específicas. Sin embargo, la tecnología puede importarse y puede exportarse. Dos cuestiones surgen cuando se contempla la cuestión de la exportación y la importación de tecnología: a) qué razones hacen preferible a una empresa importar tecnología antes que generarla ella misma y b) por qué una empresa exporta una tecnología antes que producir domésticamente con esa tecnología. [30]

Conclusiones

1. Los aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología y sus impactos sobre la economía y sobre el bienestar de los ciudadanos han crecido en interés.

2. La tecnología puede caracterizarse como el conjunto de conocimientos teóricos y empíricos que se contiene en los equipos, métodos, procedimientos, organización, rutinas y saber hacer de empresas e instituciones y se utilizan en las actividades de producción de bienes y servicios.

3. El cambio técnico es la evolución de ese conjunto de conocimientos y prácticas.

4. Se señala la importancia del cambio técnico como factor de crecimiento.

5. Al estudiar los determinantes del cambio técnico, ha existido una importante discusión teórica acerca de si las fuerzas de oferta con las aportaciones realizadas por la ciencia y la tecnología al frente o las de la demanda o los requerimientos de los clientes han impulsado la generación y difusión del cambio técnico. Algunas aportaciones modernas han conciliado ambas posturas ofreciendo modelos en los que tanto los factores de oferta como los de demanda juegan un papel importante.

Referencias bibliográficas

1. Hernández, C., *Utilización del trabajo por proyectos para incentivar la Innovación Tecnológica en los estudiantes universitarios*. HEKADEMUS. 3(8). Abril. 2010.
2. Hernández, C., *Aporte para un marco teórico sobre la gestión del conocimiento en las organizaciones*. Kaipós. 1(3): p. 29-40. Julio - Dic. 2014. ISSN: 2007-7882. UAM. <http://tesiuami.uam.mx/revistasuam/kaipos/include/getdoc.php?id=29&article=19&mode=pdf>
3. Hernández, C., Garcés, R., Orrantía, R., *Aplicación de indicadores de Desarrollo Agropecuario Local y de Gestión Universitaria del Conocimiento en el Municipio de Camajuaní, Cuba*. GUCID. 4(46): p. 27-36. 2014.
4. Hernández, C., *Editorial: Relación Universidad Sociedad en Función del Desarrollo*. Revista digital Lámpsakos. 12(14): p. 10-12, Julio - Diciembre. 2015. <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/1706/1421>
5. Casas, R., *Literatura sobre vinculación*. Taller de Re-

- lación Universidad – Empresa. Universidad de San Gerónimo. Ciudad de La Habana, 9-12 febrero. 2015.
6. Casas, R., de Gortari, R., Luna, M., *University, knowledge production and collaborative patterns with industry*. In: Cimoli, M. (Ed.), *Developing Innovation Systems*. Continuum, London. 2000.
 7. De Fuentes, C., Dutrénit, G., *Best channels of academia–industry interaction for long-term benefit*. Res. Policy. 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.026>
 8. Pampillón, R., *El déficit tecnológico español*. Colección Estudios, Instituto de Estudios Económicos, Madrid. 1991.
 9. Molero, J. y Buesa, M., *Innovación y cambio tecnológico*. Cap. 6 en GARCÍA, J., *Lecciones de economía española*. Tercera edición. Colección Tratados y manuales, Editorial Civitas, Madrid. 1997.
 10. Rosenberg, N., *Historiografía del progreso técnico*, Cap. 1 en ROSENBERG, N., *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*, Hogar del Libro-ICT, Barcelona. 1993.
 11. Vegara, J. M. (1989b), *El cambio tecnológico: un panorama selectivo*. Cap. 1. VEGARA, J.M. (1989a), *Ensayos económicos sobre innovación tecnológica*, Alianza Editorial, Madrid. 1989.
 12. Stoneman, P., *The Economic Analysis of Technology Policy*, Clarendon Press, Oxford. 1987.
 13. Hernández, C.; Carrasco, M.; Garcés, R.; Casas, R., *Vinculation of Municipal University Center in innovation local network*. Case study of Camajuani, Cuba. Proceedings GLOBELICs 2015 Congress. Ciudad de La Habana. 23 -25 Sept. 2015.
 14. Hall, P., *Innovation, Economics and Evolution*. Theoretical Perspectives on Changing Technology in Economic Systems, Harvester-Wheatsheaf, Nueva York. 1994.
 15. Vegara, J. M. (1989c), *Schumpeter: innovación y desarrollo*. Capítulo 3 de VEGARA, J.M. (1989a). *Ensayos económicos sobre innovación tecnológica*, Alianza Editorial, Madrid. 1989.
 16. Báez, A.; C. A. Hernández; J. M. Perdomo; R. Garcés y M. A. Carrasco. (2018a), *Praxis de una Red Local GUCID y Desarrollo Local*. Rev. Ing. Industrial. 8(3): p. 253-266. 2018.
 17. Báez, A.; C. A. Hernández; J. M. Perdomo; R. Garcés y M. A. Carrasco., *Modelo de gestión del conocimiento para el desarrollo agropecuario local*. Estudios Sociales. 51(28): p. 2-26. Enero – Junio. 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.24836/es.v28i51.517>
 18. Rosenberg, N., *Karl Marx y el papel económico de la ciencia*. En ROSENBERG, N. (1979a). *Tecnología y economía*, Cap. 7. Gustavo Gili, Barcelona. 1979.
 19. Hernández, C., Carrasco, M., Garcés, R. y Casas, R., *Colaboración y alianzas del CUM a la Red Local de Conocimiento e Innovación: estudio de caso de Camajuani, Cuba*. En Núñez, J. y Alcázar, A. (coord.), *Universidad y desarrollo local: contribuciones latinoamericanas*. México: Ed. Univ. Félix Varela-UDUAL. pp. 111. 2016.
 20. Blaug, M., *Teoría económica en retrospectiva*, 3ª Ed. Fondo de Cult. Econ. México. 1985.
 21. Hernández, C.; Garcés, R.; Perdomo, J. M.; Carrasco, M. A., *Gestión universitaria del conocimiento para el desarrollo local*. Lámpsakos. 18: p. 44-57. julio-diciembre. 2017. ISSN: 2145-4086. DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2317>
 22. Edwards, R., *Conflicto y control en el lugar de trabajo*. Cap. 6 en: TOHARIA, L., *El mercado de trabajo: teorías y aplicaciones*, Alianza Editorial, Madrid. 1983.
 23. Freeman, C. et al., *Desempleo e innovación tecnológica*. Un estudio de las ondas largas y el desarrollo económico, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. 1985.
 24. Schumpeter, J., *Historia del análisis económico*, Ariel, Barcelona. 1994.
 25. Rosenberg, N. (1994b): *Joseph Schumpeter: radical economist*, capítulo 3 de ROSENBERG, N. (1994a). *Exploring the black box. Technology, economics, and history*, Cambridge University Press, Cambridge. 1994.
 26. Steinmueller, W., *Basic Research and Industrial Innovation*, Cap. 5. DODGSON, M. y ROTHWELL, R. (eds.), *The Handbook of Industrial Innovation*, Edgard Elgar. 1994.
 27. Freeman, C., *La teoría económica de la innovación industrial*, Alianza Edit. Madrid. 1975.
 28. Solow, R., *Technical change and the aggregate production function*. En MANSFIELD, E. (ed.), *The Economics of technical change*, Cap. 1. Edgard Elgar. 1993.
 29. Dosi, G., L. Tyson, Zysman J., *Trade, Technologies and Development: framework for discussing Japan*. En Johnson C., Tyson, L., Zysman J. *Politics and Productivity*. NY: Ballinger Pub. 1990.
 30. Báez, A.; C. A. Hernández y M. A. Carrasco., *Gestión universitaria del conocimiento para el desarrollo local*. Lámpsakos. 3(18):44-57. Jul.- Dic. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2317>

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

I. ALCANCE DE LA REVISTA

1) La Revista de Ciencia y Tecnología (RECyT) publica artículos originales que representan una contribución para el desarrollo científico-tecnológico. Incluye trabajos de investigación básica y aplicada y de desarrollo tecnológico, revisiones bibliográficas de alto impacto, notas técnicas y, eventualmente, estudios de casos que por su relevancia ameriten publicarse¹.

2) Las áreas de incumbencia de la revista son Ingeniería, Tecnología, Informática, Biología, Genética, Bioquímica, Farmacia, Educación Científica y Tecnológica, con su correspondiente tecnología. La decisión última sobre la incumbencia de un artículo presentado, quedará a cargo del Cuerpo Editorial.

3) Los autores interesados en publicar artículos en la RECyT, deberán enviar sus trabajos de acuerdo con las normas que se estipulan más abajo.

4) Los artículos sometidos para publicación no deberán tener "Derechos de Autor" otorgados a terceros, a la fecha de envío del artículo. Caso contrario, el autor deberá gestionar, ante quien corresponda, la autorización por escrito para su nueva publicación en la RECyT.

5) Los conceptos y opiniones vertidos en los artículos publicados y del uso que otros puedan hacer de ellos, son de exclusiva responsabilidad de los autores, la cual se asume con la sola presentación del artículo enviado por los autores para su publicación. Los artículos se publicarán en español, inglés o portugués, con resúmenes, títulos y palabras clave en los tres idiomas.

II. PRESENTACIÓN Y REVISIÓN DE ARTÍCULOS

6) Los idiomas oficiales de la RECyT son español, inglés y portugués. Los manuscritos en español deberán ajustarse a las normas y usos gramaticales que establece el Diccionario y la Gramática de la Lengua Española de la Real Academia Española en sus últimas ediciones. Se debe evitar el uso de términos en otros idiomas, si existe uno equivalente en español. Los manuscritos en inglés deberán ajustarse a las normas y usos gramaticales que establece el Longman Dictionary of Contemporary English 4th Edition, aplicándose aquí también, lo expresado respecto del español. Los manuscritos en portugués deberán ajustarse a las normas y usos gramaticales que establece el Dicionário

Aurélio da Língua Portuguesa 5ta Edição, aplicándose aquí también, lo expresado respecto del español.

7) El manuscrito se presentará en formato electrónico como archivo tipo Word, anexo por correo electrónico a la dirección: recyt@fceqyn.unam.edu.ar. Todas las comunicaciones con los autores (revisión y aceptación de artículos) se realizarán por correo electrónico.

8) Los trabajos presentados para publicar serán sometidos a una primera evaluación interna de incumbencia, calidad general y categoría a cargo del Cuerpo Editorial y posteriormente a una evaluación externa de pertinencia y calidad científica por miembros del Comité de Revisión. El Comité de Revisión está integrado por reconocidos especialistas en los temas de incumbencia de la RECyT.

9) El proceso general de evaluación consiste en una exhaustiva revisión crítica de los contenidos y la estructura del artículo, la recomendación, o no, de su publicación y eventuales correcciones.

10) El Cuerpo Editorial se reserva el derecho de rechazar el trabajo por no ajustarse a las áreas involucradas, no cumplir las normas establecidas o no poseer la calidad científica requerida.

También se reserva el derecho de realizar modificaciones menores de edición para una mejor presentación final del trabajo.

11) El Cuerpo Editorial notificará al autor la aceptación o rechazo del artículo. De ser necesario, le solicitará que realice las modificaciones recomendadas para proceder a los trámites pertinentes previos a su publicación.

12) Los autores deberán realizar las correcciones y modificaciones requeridas por el Cuerpo Editorial y el CE en el plazo de 30 días. Los autores podrán solicitar aclaraciones sobre las correcciones. El Cuerpo Editorial decidirá sobre el particular, y realizará la revisión del trabajo modificado.

13) La aceptación del trabajo en su forma definitiva será comunicada por escrito a los autores. A partir de ese momento no se aceptarán modificaciones, salvo solicitud explícita y fundamentada al Cuerpo Editorial.

14) Los trabajos originales quedarán en poder de la RECyT, se publiquen o no.

1- Un artículo se considera trabajo cuando representa el resultado y las conclusiones de una investigación completa. Este tendrá categoría de nota técnica cuando trate de cuestiones como calibraciones, propuestas metodológicas, opiniones sobre normas, resolución de problemas operativos, etc.

III. NORMAS DE ELABORACIÓN DE ORIGINALES

Artículos

15) Los artículos completos deberán tener como máximo 6.000 palabras, 12 figuras y hasta 20 páginas. El Cuerpo Editorial podrá aceptar trabajos de mayor extensión en casos especiales.

En todos los casos deberá utilizarse letra tipo Arial tamaño 11 puntos, y formato de hojas tipo A4, numeradas en el margen inferior derecho, con interlineado doble, sin separación automática de sílabas al fin de línea y con los cuatro márgenes de 2,5 cm.

16) Las tablas y figuras deberán insertarse en el texto del artículo y deberán ubicarse lo más cerca posible del sitio en el que son mencionadas. De acuerdo con su tamaño, podrán presentarse por separado, correctamente identificadas.

Las figuras escaneadas deberán estar en formato TIFF y EPS, con 300 dpi de resolución. El CD podrá pedir a los autores, una vez aceptado el trabajo, que entregue las imágenes y los gráficos del artículo, con el formato, tamaño, dimensiones, resolución, etc. necesarios para la edición.

17) Los artículos científico-técnicos escritos en español e inglés se organizarán siguiendo el esquema general en orden sucesivo: título en español, nombres del (los) autores, nombres y direcciones de la institución a la que pertenecen, resumen y palabras clave en español, título en inglés, resumen y palabras clave en inglés. Los artículos científico-técnicos escritos en portugués se organizarán siguiendo el esquema general en orden sucesivo: título en español, nombres del (los) autores, nombres y direcciones de la institución a la que pertenecen, resumen y palabras clave en español, título en inglés, resumen y palabras clave en inglés, título en portugués, resumen y palabras clave en portugués. Posteriormente, en el idioma que corresponda, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, (juntos o separados), conclusiones, lista de abreviaturas (si corresponde), agradecimientos, referencias y apéndices o anexos (si corresponde).

18) Título en español: deberá ser breve (no mayor de 15 palabras), conciso y reflejar aspectos específicos del trabajo. Deberá corresponderse con el título en inglés y/o portugués.

19) Autores: se colocarán los autores separados por punto y coma, situando primero el o los apellidos seguidos de una coma, y a continuación, el primer nombre e inicial del segundo con un punto.

20) Dirección: debajo de los autores se indicará la institución a la que pertenecen o dónde fue llevado a cabo el

trabajo. Si los autores pertenecen a distintas instituciones, luego de cada nombre se colocará un número entre paréntesis, estableciéndose así la referencia a las instituciones y sus respectivas direcciones. Se sugiere incluir los nombres de las secciones y dependencias imprescindibles. Señalar, entre paréntesis, las direcciones electrónicas personales.

21) Resumen en español: deberá ser una condensación de todas las partes del trabajo en 150 palabras como máximo, sintetizando los objetivos, los métodos, los resultados y las conclusiones. Debe corresponderse al contenido del Resumen en inglés y/o portugués.

22) Palabras clave en español: el artículo deberá contener 5 palabras clave en idioma español, que servirán para catalogarlo en las bases de datos².

23) Título en inglés: deberá ser breve (no mayor a 15 palabras), conciso y reflejar aspectos específicos del trabajo. Deberá corresponderse con el título en español y/o portugués.

24) Resumen en inglés (Abstract): deberá ser una condensación de todas las partes del trabajo en 150 palabras como máximo, sintetizando los objetivos, los métodos, los resultados y las conclusiones. Debe corresponderse al contenido del Resumen en español y/o portugués.

25) Palabras clave en inglés (Key words): el artículo deberá contener 5 palabras clave en idioma inglés, que servirán para catalogarlo en las bases de datos².

26) Título en portugués: deberá ser breve (no mayor a 15 palabras), conciso y reflejar aspectos específicos del trabajo. Deberá corresponderse con el título en español e inglés.

27) Resumen en portugués (Resumo): deberá ser una condensación de todas las partes del trabajo en 150 palabras como máximo, sintetizando los objetivos, los métodos, los resultados y las conclusiones. Debe corresponderse al contenido del Resumen en español e inglés.

28) Palabras clave en portugués (Palavras-chave): el artículo deberá contener 5 palabras clave en idioma portugués, que servirán para catalogarlo en las bases de datos².

29) Introducción: debe presentar claramente el tema, haciendo solamente referencia a los antecedentes bibliográficos de interés. Los objetivos y las hipótesis deberán estar adecuadamente explicados.

30) Materiales y Métodos: el trabajo deberá describir en forma completa los materiales y metodologías utilizados.

Las normas reconocidas deberán ser citadas pero no explicadas.

Las técnicas publicadas deberán presentar en forma resumida sus características principales y las referencias correspondientes. Deberán detallarse todas las modificaciones efectuadas a cualquier norma o técnica³.

2- Si la disciplina que trata el artículo posee tesauros publicados, se sugiere utilizarlos para la definición de las palabras clave.

3- El criterio general es que con los datos de este ítem se pueda replicar correctamente el trabajo experimental. 4- Además de las que poseen signatura, se podrán colocar referencias inéditas o en prensa (indicando la revista en que se publicarán), comunicaciones personales y páginas web.

31) Resultados y Discusión: estas dos secciones podrán incluirse juntas o separadas. Los resultados se expondrán con estilo conciso y fácilmente entendible. La discusión de los resultados incluirá la comparación con resultados previos (propios o de otros autores, con las referencias correspondientes).

Se deberá evitar la duplicación de información en tablas y gráficos.

32) Conclusiones: deben presentarse en párrafos cortos y concretos. No deben hacer referencia a trabajos futuros ni a hipótesis no incluidas en el trabajo.

33) Agradecimientos: podrán incluirse a los organismos que financiaron el trabajo, así como a los colaboradores y al personal técnico o especializado, especificando las tareas realizadas por cada uno. Como referencia institucional de los autores se colocará el nombre completo de la entidad y la sigla entre paréntesis, por ejemplo, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

34) Referencias: las citas bibliográficas deberán consignarse con números correlativos colocados entre corchetes o paréntesis, de tamaño igual al del texto. El texto puede incluir nombres de autores, pero conjuntamente figurar el número de referencia bibliográfica correspondiente. En el ítem correspondiente, se consignarán según el orden en que aparezcan en el texto. No se incluirán referencias que no figuran en el texto. Las referencias se colocarán según el estilo de la disciplina correspondiente, figurando, en todos los casos: apellido e iniciales de los nombres de los autores en ese orden; nombre de la publicación periódica completo o con las abreviaturas oficiales; volumen; número, páginas inicial y final, año de publicación⁴. En el caso de libros: nombre; capítulo; editorial, páginas y año de edición. Las páginas web deberán tener la fecha de consulta.

Ejemplos orientativos:

1. Atanassov, Z; Zheringe, P y Wharton D., Evaluation of Wheat Response to Fusarium Head Blight Bases on Seed Set., Appl. Environm, Chem. 48: p. 993–998.1994.

2. Cole, R.J. y Cox R.H., Handbook of Toxic Fungal Metabolites, Assoc.Press, New York. p 356–379.1981.

3. Cotty, P.J., Agriculture, Aflatoxins and Aspergillus in The genus Aspergillus, K. A. Powell, Editor. Plenum Press, New York. p 1–27.1994.

4. National Agricultural Statistics Service (1997) Crops county data [Online]. Available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/data-sets/crops/9X100> (verified 30 Nov. 1998).

35) Apéndices o Anexos: se reservan para detallar técnicas originales utilizadas o análisis teóricos que impedirían seguir fluidamente el trabajo si se incluyeran en el texto.

Las tablas de los apéndices pueden llevar números correlativos con los del texto o comenzar otra numeración.

36) Figuras: las figuras (gráficos, cuadros, fotografías, otros) deberán numerarse correlativamente en orden de aparición en el texto y deberán incluir un breve título explicativo en la parte inferior de la figura. Las imágenes y fotografías se designarán como figuras.

37) Tablas: las tablas deberán numerarse correlativamente según su orden de aparición en el texto y en forma independiente de las figuras. Deberán incluir un título explicativo en su parte superior. De ser necesario se agregarán al pie notas explicativas para detallar abreviaturas, signos, medidas, otros, de tal manera que el lector pueda comprender su contenido sin recurrir al texto.

38) Fórmulas: las fórmulas y expresiones matemáticas deberán ser escritas dejando dos espacios sobre, debajo y entre cada una de ellas. Las fórmulas se ajustarán al margen izquierdo y serán numeradas correlativamente y entre paréntesis sobre el margen derecho. Debe quedar definido el significado y las unidades utilizadas en cada término de las expresiones.

39) Unidades: debe utilizarse el sistema internacional de unidades (SI).

40) Presentar además:

- Un título resumido del trabajo, de 9 palabras como máximo.

- Datos de los autores: 80 palabras como máximo. Apellido y Nombres; Título de Grado; Estudios de Posgrado; Cargo / Posición en el lugar de trabajo; Categoría en el Sistema de Incentivos a los Docentes–Investigadores (si es argentino) o similar. Correo electrónico.

Notas técnicas

41) La Nota Técnica es el formato recomendado de presentación de investigaciones originales en los siguientes casos: divulgación de nuevos métodos, comparación del funcionamiento de instrumentos o técnicas, y descripción de los resultados experimentales de interés para la comunidad científica cuando no se pueden realizar investigaciones completas por alguna causa justificada. Deberán limitarse a 10 páginas o 3500 palabras, con no más de 4 figuras y tablas, y no más de 15 referencias, combinando resultados y discusión en una sola sección. El resto del formato será igual al de los artículos. Las Notas Técnicas son sometidas al mismo proceso riguroso de revisión por pares que los artículos.

4- Además de las que poseen signatura, se podrán colocar referencias inéditas o en prensa (indicando la revista en que se publicarán), comunicaciones personales y páginas web.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

I. Scope of the journal

1) The Journal of Science and Technology (RECyT) publishes original articles which represent a contribution to scientific and technological development. It includes works on basic and applied research and technological development, high-impact bibliographical reviews, technical notes, and occasionally case studies which, due to their relevance, deserve their publication¹.

2) The areas of concern are Engineering, Technology, Computer Science, Biology, Genetics, Biochemistry, Pharmacy, Scientific and Technological Education, with their corresponding technology. The final decision on the relevance of an article submitted will be the responsibility of the Editorial Board.

3) Authors who are interested in publishing articles in the RECyT should send their manuscripts in accordance with the norms established below.

4) The articles submitted for publication should not have "Copyright" granted to a third party at the date of submission of the article. Otherwise, the author should request written permission for a new publication in the RECyT.

5) The concepts and opinions expressed in the articles published and their use by others are the sole responsibility of the authors, which is assumed by merely submitting the paper for publication. Articles will be published in Spanish, English or Portuguese, with their abstracts, titles and keywords in three languages.

II. Submission and review of articles

6) The official languages of RECyT are Spanish, English and Portuguese. Contributions in Spanish must conform to the grammatical rules and practices established by the Dictionary and Grammar of Spanish Language of the Spanish Royal Academy in its latest edition. It is advisable to avoid terms in other languages, as long as there is an equivalent in Spanish. Manuscripts in English should conform to the grammatical rules and practices established by the Longman Dictionary of Contemporary English 5th Edition, authors should comply with the norms established for manuscripts in Spanish. Manuscripts in Portuguese should conform to Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa 5ta Edição, authors should also comply with the norms established for manuscripts in Spanish.

7) The manuscript should be submitted electronically

as a Word file, attached by email to: recyt@fceqyn.unam.edu.ar. All the communications with the authors (review and acceptance of articles) will be carried out by email.

8) Manuscripts submitted for publication will first undergo an internal evaluation regarding its relevance, overall quality and category, by the Editorial Board and later, to an external evaluation of relevance and scientific quality by Members of the Review Committee. The Review Committee comprises recognized specialists of the subject area of the RECyT.

9) The general process of Evaluation consists of a comprehensive critical evaluation of the contents and structure of the article, the recommendation or not, of its publication and possible corrections.

10) The Editorial Board reserves the right to reject the work if it does not conform to the areas involved, does not meet the standards established, or does not have the required scientific quality. It also reserves the right to make minor editing changes for a better final presentation of the work.

11) The Editorial Board will notify the author the acceptance or rejection of the article. If necessary, the recommended changes will be asked to proceed with the pertinent steps previous to its publication.

12) Authors should make the corrections and modifications required by the Editorial Board within 30 days. Authors could ask for clarification about the corrections made. The Editorial Board will decide whereafter, and will carry out the modifications requested.

13) The final acceptance of the manuscript will be notified to authors in written. After this step, no further changes will be accepted, unless explicitly requested and clearly justified to the Editorial Board.

14) The original manuscripts will be kept by the RECyT, whether published or not.

III. Manuscript writing rules

Articles

15) Full papers should be up to 6000 words, 12 figures and 20 pages. The Editorial Board may accept longer works in special cases. In all cases, authors should use Arial font, point size 11, and A4 sheets, numbered in the lower right margin, with double spacing, without automatic hyphenation at end of the line, and all margins of 2.5 cm.

16) Tables and figures should be inserted within the text

¹- A manuscript will be considered a full paper when it represents the outcome and conclusions of a full investigation. It will be considered a technical note when dealing with issues such as calibration, methodological proposals, opinions about standards, resolution of operational problems, etc

of the article and located as close as possible to the paragraph where they are mentioned. According to their size, they may be submitted separately, and correctly identified. The scanned figures should be in TIFF and EPS formats, with a 300 dpi resolution. The EB could ask authors to submit the images and graphs of the article, with the format, size, dimensions, resolution, etc. necessary for the edition, once the article has been accepted.

17) Scientific-technical articles written in Spanish and English will be organized following a general scheme as follows: title in Spanish, name of author/s, affiliation (name and address), abstract and keywords in Spanish, title in English, abstract and keywords in English. Scientific-technical articles written in Portuguese will be organized following a general scheme as follows: title in Spanish, name of author/s, affiliation (name and address), abstract and key words in Spanish, title in English, abstract and keywords in English, title in Portuguese, abstract and key words in Portuguese. Then, in the corresponding language: introduction, materials and methods, results and discussion (separately or together), conclusions, list of abbreviations (if applicable), acknowledgments, references and appendices or annexes (if applicable) in the corresponding language (i.e. Spanish, English or Portuguese).

18) Title in Spanish: it should be brief (no more than 15 words) and concise, and should reflect the specific aspects of the work. It must correspond to the title in English.

19) Authors: the authors should be separated by semicolons, placing first the last name followed by a comma, and then the first name and middle initial.

20) Institutional affiliation: affiliation of authors or where the work was carried out should be indicated below the authors. If the authors have different affiliations, a number will be placed in parenthesis after each name, thus establishing the reference to the institutions and their respective addresses. It is suggested that only the names of the essential sections and departments be included. The email addresses of each author should be indicated between parentheses.

21) Abstract in Spanish: It must be a condensation of all parts of the work in 150 words or less, summarizing the objectives, methods, results and conclusions. It must correspond to the content of the Abstract in Spanish and/or Portuguese.

22) Key words in Spanish: The article should contain five key words in Spanish, which will serve to categorize the work in databases².

23) Title in English: It should be brief (no more than 15 words) and concise, and should reflect the specific aspects of the work. It must correspond to the title in Spanish and/

or Portuguese.

24) Abstract in English: It must be a condensation of all parts of the work in 150 words or less, summarizing the objectives, methods, results and conclusions. It must correspond to the content of the Abstract in Spanish and/or Portuguese.

25) Key words in English: The article should contain five key words in English, which will serve to categorize the work in databases².

26) Title in Portuguese: It should be brief (no more than 15 words) and concise, and should reflect the specific aspects of the work. It must correspond to the title in Spanish and English.

27) Abstract in Portuguese (Resumo): it should be a condensation of all parts of the work in 250 words or less, summarizing the objectives, methods, results and conclusions. It must correspond to the content of the Spanish and English abstract.

28) Key words in Portuguese (Palavras-chave): The article should contain five key words in Portuguese, which will serve to categorize the work in databases².

29) Introduction: it should present the subject clearly, making reference only to bibliography of interest. The objectives and hypotheses must be adequately explained.

30) Materials and Methods: The paper must fully describe the materials and methodology used. Recognized norms should be quoted but not explained. The techniques published should briefly include their main features and the corresponding references. Details of all modifications made to any norm or technique should be indicated³.

31) Results and Discussion: These two sections may be included either together or separately. The results should be presented concisely and should be easy to understand. The discussion of the results should include a comparison with previous results (either the authors' own previous results or those of others, with the corresponding references). The authors should avoid duplication of information in tables and graphs.

32) Conclusions: the conclusions should be presented in short and concise paragraphs and must not refer to future work and hypotheses not included in the work.

33) Acknowledgements: these could include the organisms funding the work, as well as the names of the collaborators and technical or specialized staff, specifying the tasks performed by each. For institutional reference of authors, the name of the entity in full and the acronym in parentheses, for example, "Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)" should be.

34) References: References should be mentioned with consecutive numbers in parentheses or square brackets, and

2- If the article is about a discipline which has published thesauri, it is suggested that they be used to define the key words.

3- The general criterion is that the experimental work could be replicated correctly with the data in this item.

should be equal in size to that of the text. The text can include authors' names, but should also include the corresponding reference number. They should be listed according to the order in which they appear in the text. References not mentioned in the text should not be listed. References will be written according to the style of the corresponding discipline, mentioning in all cases: the last name and initials of the authors' names, the complete name or the official acronym of the journal, the volume, number, initial and final pages, and year of publication. For books: name, chapter, publisher, pages and year of publication. The web pages must have the date of access⁴. For books: name; chapter; publishers; pages and year of edition. Web pages should include the date they were retrieved.

Examples:

1. Atanassov, Z.; Zheringe, P. and Wharton D., Evaluation of Wheat Response to Fusarium Head Blight Bases on Seed Set, *Appl. Environm., Chem.* 48: p 993-998. 1994.
2. Cole, R.J. and Cox R.H., *Handbook of Toxic Fungal Matabolites*, Assoc. Press, New York. p 356-379. 1981.
3. Cotty, P.J., *Agriculture, Aflatoxins and Aspergillus in The genus Aspergillus*, K.A. Powll, Editor. Plenum Press, New York. p 1-27. 1994.
4. National Agricultural Statistics Service (1997) Crops county data [Online]. Available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/data-sets/crops/9X100> (verified 30 Nov. 1998).

35) Appendices or Annexes: Appendices and Annexes are reserved to describe in detail the original techniques used, or theoretical analysis that would prevent the reader from following the manuscript fluently if they were included in the text. The tables in the appendices may bear numbers that correlate to the text or new numbers.

36) Figures: figures (graphs, charts, photographs, etc.) should be numbered in the order in which they appear in the text and should include a brief caption at its bottom. Images and photographs will be designated as figures.

37) Tables: Tables should be numbered in the order in which they appear in the text and independently of the figures. They must include an explanatory title on the top. If necessary, explanatory notes should be added as footer, detailing abbreviations, symbols, dimensions, etc, so that

the reader can understand their content without referring to the text.

38) Formulas: Formulas and mathematical expressions should be written leaving two spaces above, below and between each other. Formulas should be adjusted to the left margin and should be numbered correlatively and in parentheses on the right margin. The meaning and units used in each term of the expressions should be defined.

39) Units: the International System of Units (SI) should be used.

40) The authors should also provide:

- A short title of the work, comprising nine words or less.
- Authors' information: 80 words or less. Surname and Names; degree; postgraduate studies; position in the place of work; category in the Incentive System for Lecturers-Researchers (if they are Argentine) or similar; email address.

Technical Notes

41) A technical note is the recommended format for submission of original research in the following cases: description of new methods, comparison of the performance of instruments or techniques, and description of the experimental results of interest to the scientific community when a full investigation cannot be carried out for any reason. They should be limited to 10 pages or 3500 words, with no more than four figures and tables, and no more than 15 references, combining results and discussion into one section. The rest of the format will be equal to that of the articles. Technical Notes will be subjected to the same rigorous peer review process as the articles.

4- Besides those which have signature, unpublished references or in press (indicating the magazine where they will be published), personal communications and web pages can also be mentioned.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

I. Alcance da revista

1) A Revista de Ciência e Tecnologia (RECyT) publica artigos originais que representam uma contribuição para o desenvolvimento científico-tecnológico. Inclui trabalhos de investigação básica e aplicada e de desenvolvimento tecnológico, revisões bibliográficas de alto impacto, notas técnicas e eventualmente, estudos de casos que pela sua relevância mereçam ser publicados¹.

2) As áreas de incumbência da Revista são Engenharia, Tecnologia, Informática, Biologia, Genética, Bioquímica, Farmácia, Educação Científica e Tecnológica, com sua correspondente tecnologia. A decisão última sobre a incumbência de um artigo apresentado ficará a cargo do Conselho de Direção (CE).

3) Os autores interessados em publicar artigos na RE-CyT, deverão enviar seus trabalhos segundo as normas apresentadas mais abaixo.

4) Os artigos submetidos para a publicação não deverão ter “Direitos de Autor” outorgados a terceiros, à data de envio do artigo. Caso contrário, o autor deverá gerenciar, ante quem corresponder, a autorização por escrito para sua nova publicação na RECyT.

5) Os conceitos e opiniões expostos nos artigos publicados e o uso que outros possam fazer deles, são de exclusiva responsabilidade dos autores, a qual é assumida com a só apresentação do artigo para sua publicação. Os artigos se publicarão em espanhol, inglês ou português, com resumos, títulos e palavras-chave nos três idiomas.

II. Apresentação e revisão de artigos

6) Os idiomas oficiais da RECyT são o espanhol, o inglês e o português. Os manuscritos em espanhol deverão se ajustar às normas e usos gramaticais que estabelece o Dicionário e a Gramática da Língua Espanhola da “Real Academia Espanhola” em suas últimas edições. Deve-se evitar o uso de termos em outros idiomas, caso exista um equivalente em espanhol. Os manuscritos em inglês deverão se ajustar às normas e usos gramaticais que estabelece o Longman Dictionary of Contemporary English 4th Edition, aplicando-se aqui também, o expreso respeito do espanhol. Os manuscritos em português deverão se ajustar às normas e usos gramaticais que estabelece o Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa 5ta Edição, aplicando-se aqui também o expreso respeito do espanhol.

7) O manuscrito se apresentará em formato eletrônico como arquivo tipo Word, anexo por correio eletrônico ao endereço: recyt@fceqyn.unam.edu.ar. Todas as comunicações com os autores (revisão e aceitação de artigos) se realizarão pelo correio eletrônico.

8) Os trabalhos apresentados para publicar serão submetidos a uma primeira avaliação interna de pertinência, qualidade geral e categoria a cargo do Corpo Editorial e, posteriormente a uma avaliação externa de pertinência e qualidade científica pelos integrantes do Comitê de Revisão. O Comitê de Revisão está integrado por reconhecidos especialistas nos temas de incumbência da RECyT.

9) O processo geral de avaliação consiste numa exaustiva revisão crítica dos conteúdos e da estrutura do artigo, a sugestão, o não, de sua publicação e eventuais correções.

10) A Corpo Editorial se reserva o direito de rejeitar o trabalho por não se ajustar às áreas em referência, não cumprir as normas estabelecidas ou não possuir a qualidade científica requerida. Também se reserva o direito de realizar modificações menores de edição para uma melhor apresentação final do trabalho.

11) A Corpo Editorial notificará ao autor a aceitação ou rejeição do artigo. Caso ser necessário lhe solicitará que faça as modificações sugeridas para continuar com os trâmites pertinentes prévios a sua publicação.

12) Os autores deverão realizar as correções e modificações requeridas pela Corpo Editorial num prazo de 30 dias. Os autores poderão solicitar esclarecimentos sobre as correções. O CE decidirá sobre o particular e realizará a revisão do trabalho modificado.

13) A aceitação do trabalho em forma definitiva será comunicada por escrito aos autores. A partir desse momento não se aceitarão modificações, exceto solicitude explícita e fundamentada à Corpo Editorial.

14) Os trabalhos originais ficarão no poder da RECyT, se publiquem ou não.

III. Normas para a elaboração de originais

Artigos

15) Os artigos completos deverão ter no máximo 6.000 palavras, 12 figuras e até 20 páginas. A Corpo Editorial poderá aceitar trabalhos de maior extensão em casos especiais.

Em todos os casos se deverão utilizar letra tipo Arial, corpo 11 e formato de folha tipo A4, numeradas na margem

1- Um artigo se considera trabalho quando apresenta os resultados e conclusões de uma pesquisa completa. Este terá categoria de Nota Técnica quando apresente questões como calibrações, propostas metodológicas, opiniões sobre normas, resolução de problemas operativos, etc.

inferior direita, com espaçamento duplo, sem separação automática de sílabas no fim de linha e com as quatro margens de 2,5 cm.

16) As tabelas e figuras se deverão inserir no texto do artigo e deverão se colocar o mais perto possível do sítio no qual são nomeadas. Tendo em conta seu tamanho poderão se apresentar por separado, corretamente identificadas.

As figuras scaneadas deverão estar em formato TIFF e EPS, com 300 dpi de resolução. A Corpo Editorial poderá pedir aos autores, uma vez aceito o trabalho, que façam entrega das imagens e os gráficos do artigo, com o formato, tamanho, dimensões, resolução, etc. necessários para a edição.

17) Os artigos científicos - técnicos escritos em espanhol e inglês se organizarão seguindo o esquema geral em ordem sucessivo: título em espanhol, nome (s) de o (os) autor (es), nomes e endereços da instituição a qual pertencem, resumo e palavras-chave em espanhol, título em inglês, resumo e palavras-chave em inglês.

Os artigos científicos- técnicos escritos em português se organizarão seguindo o esquema geral em ordem sucessivo: título em espanhol, nome (s) de o (os) autor (es), nomes e endereços da instituição a qual pertencem, resumo e palavras-chave em espanhol, título em inglês, resumo e palavras-chave em inglês, título em português, resumo e palavras-chave em português. Logo, no idioma que corresponder, introdução, materiais e metodologia, resultados e discussão, (juntos ou separados), conclusões, lista de abreviaturas (se corresponder), agradecimentos, referências e apêndices ou anexos (se corresponder).

18) Título em espanhol: Deverá ser breve (no maior a 15 palavras), conciso e dar conta de aspectos específicos do trabalho. Deverá se corresponder com o título em inglês e/ou português.

19) Autores: Deverão ser nomeados separados por ponto e vírgula. Primeiro os sobrenomes seguidos de vírgula, e a continuação, o primeiro nome e inicial do segundo com um ponto.

20) Endereço: Em baixo dos autores se indicará a instituição a qual pertencem ou onde foi desenvolvido o trabalho. Caso os autores pertençam a diferentes instituições, logo de cada nome se escreverá um número entre parênteses, se estabelecendo assim a referência as instituições e seus respectivos endereços. Sugere-se incluir os nomes das seções e dependências imprescindíveis. Indicar, entre parênteses, os endereços eletrônicos pessoais.

21) Resumo em espanhol: Deverá ser uma condensação de todas as partes do trabalho num máximo de 150 palavras sintetizando os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões. Deve se corresponder com o conteúdo do Resumo em inglês e/ou português.

22) Palavras - chave em espanhol: O artigo deverá conter 5 palavras-chave no idioma espanhol, que servirão para catalogá-lo nas bases de dados².

23) Título em inglês: Deverá ser breve (no maior a 15 palavras), conciso e dar conta dos aspectos específicos do trabalho. Deverá se corresponder com o título em espanhol e/ou português.

24) Resumo em inglês (Abstract): Deverá ser uma condensação de todas as partes do trabalho num máximo de 150 palavras, sintetizando os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões. Deve se corresponder com o conteúdo do resumo em espanhol e/ou português.

25) Palavras - chave em inglês (Key words): O artigo deverá conter 5 palavras-chave no idioma inglês, que serão de utilidade para catalogá-lo nas bases de dados².

26) Título em português: Deverá ser breve (no maior a 15 palavras), conciso e dar conta dos aspectos específicos do trabalho. Deverá se corresponder com o título em espanhol e inglês.

27) Resumo em português (Resumo): Deverá ser uma condensação de todas as partes do trabalho num máximo de 150 palavras, sintetizando os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões. Deve se corresponder com o conteúdo do Resumo em espanhol e inglês.

28) Palavras - chave em português (Palavras - chave): O artigo deverá conter 5 palavras-chave no idioma português, que servirão para catalogá-lo nas bases de dados².

29) Introdução: Deve apresentar com clareza o tema, fazendo referência somente aos antecedentes bibliográficos de interesse. Os objetivos e as hipóteses deverão estar adequadamente explicados.

30) Materiais e Metodologia: O trabalho deverá descrever de maneira completa os materiais e metodologias utilizados. As normas reconhecidas deverão ser citadas mas não explicadas.

As técnicas publicadas deverão apresentar em forma resumida suas características principais e as referências correspondentes. Deverão se detalhar todas as modificações realizadas a qualquer norma o técnica³.

31) Resultados e Discussão: Estas duas seções poderão se incluir juntas ou separadas. Os resultados serão expostos com estilo conciso e facilmente compreensível. A discussão dos resultados incluirá a comparação com resultados prévios (próprios ou de outros autores, com as referências correspondentes). Deverá - se evitar a duplicação de informação em tabelas e gráficos.

32) Conclusões: Devem se apresentar em parágrafos curtos e concretos. Não devem fazer referência a trabalhos futuros nem a hipóteses não incluídas no trabalho.

33) Agradecimentos: Poderão se incluir os órgãos que financiaram o trabalho, assim como os colaboradores e o pessoal técnico ou especializado, especificando as tarefas

2- Caso a disciplina que é abordada pelo artigo possua tesouros publicados, se sugere utilizá-los para a definição das palavras-chave.

3- O critério geral é que com os dados deste item se possa replicar corretamente o trabalho experimental.

realizadas por cada um. Como referência institucional dos autores se escreverá o nome completo da entidade e a sigla entre parênteses, por exemplo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

34) Referências: As citas bibliográficas deverão se consignar com números correlativos, entre parênteses, de tamanho igual ao do texto. O texto pode incluir nomes de autores, mas conjuntamente figurar o número de referência bibliográfica correspondente. No item correspondente, se consignarão segundo a ordem na que apareçam no texto.

Não se incluirão referências que não figuram no texto. As referências se colocarão segundo o estilo da disciplina em questão, figurando, em todos os casos: sobrenome e iniciais dos nomes dos autores nessa ordem; nome da publicação periódica completa ou com as abreviaturas oficiais, volume, número, página inicial e final, ano de publicação⁴. No caso de livros: nome, capítulo, editorial, página e ano de edição. As páginas web deverão ter a data de consulta.

Exemplos:

1. Atanassov, Z; Zheringe, P y Wharton D., Evaluation of Wheat Response to Fusarium Head Blight Bases on Seed Set., Appl. Environm, Chem. 48: p. 993–998.1994.

2. Cole, R.J. y Cox R.H., Handbook of Toxic Fungal Metabolites, Assoc.Press, New York. p 356–379.1981.

3. Cotty, P.J., Agriculture, Aflatoxins and Aspergillus in The genus Aspergillus, K. A. Powll, Editor. Plenum Press, New York. p 1–27.1994.

4. National Agricultural Statistics Service (1997) Crops county data [Online]. Available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/data-sets/crops/9X100> (verified 30 Nov. 1998).

35) Apêndices ou Anexos: Reservam-se para detalhar técnicas originais utilizadas ou análises teóricos que seriam de impedimento para seguir fluidamente o trabalho caso foram inclusos no texto.

As tabelas dos apêndices podem levar números correlativos com os do texto ou iniciar outra numeração.

36) Figuras: As figuras (gráficos, Quadros, fotografias, outros) deverão se numerar correlativamente em ordem de aparição no texto e deverão incluir um breve título explicativo na parte inferior da figura. As imagens e fotografias se designarão como figuras.

37) Tabelas: As tabelas deverão se numerar correlativamente segundo sua ordem de aparição no texto e de maneira independente das figuras. Deverão incluir um título explicativo na parte superior. Caso ser necessário se somará no rodapé notas explicativas para esclarecer abreviaturas, signos, medidas, outros, de maneira que o leitor possa compreender seu conteúdo sem ter que ir para o texto.

38) Fórmulas: As fórmulas e expressões matemáticas deverão ser escritas deixando dois espaços sobre, embaixo e entre cada uma delas. As fórmulas se ajustarão à margem esquerda e serão numeradas correlativamente e entre parênteses sobre a margem direita. Deve ficar definido o significado e as unidades utilizadas em cada termo das expressões.

39) Unidades: Deve se utilizar o sistema internacional de unidades (SI).

40) Apresentar também:

- Um título resumido do trabalho, no máximo de 9 palavras.

- Dados dos autores: No máximo de 80 palavras. Sobrenome e Nomes; Título de Graduação e Pós-graduação; Cargo / Posição no local de trabalho; Categoria no Sistema de Incentivos de Docentes–Pesquisadores (se é argentino) ou semelhante. Correio eletrônico.

Notas técnicas

41) A Nota Técnica é o formato de apresentação sugerido para pesquisas originais nos seguintes casos: Divulgação de novas metodologias, comparação do funcionamento de instrumentos ou técnicas, e descrição dos resultados experimentais de interesse para a comunidade científica, quando não se possam realizar pesquisas completas por alguma causa justificada. Deverão se limitar a 10 páginas ou 3500 palavras, com não mais de 4 figuras e tabelas, e não mais de 15 referências, combinando resultados e discussão numa só seção. As demais características do formato serão iguais às dos artigos.

As Notas Técnicas são submetidas ao mesmo processo rigoroso de revisão por pares que os artigos.

4- Além das que possuir assinatura, se poderão colocar referências inéditas ou em imprensa (indicando a revista em que se publicarão), comunicações pessoais e páginas de internet.

**CONFIRMACIÓN DE AUTORÍA Y DERECHOS DE PUBLICACIÓN
al presentar un trabajo, completar y enviar por fax a la revista**

Fecha: _____

Los autores del trabajo titulado:

confirman a través de sus firmas al final del texto que:

1. Este trabajo no fue enviado para publicación a ninguna otra revista científica;
2. Cada autor leyó y aprobó el trabajo enviado;
3. Si el trabajo pudiera afectar los derechos humanos, o ser causa de un eventual daño al medio ambiente, a los animales y/o a las generaciones futuras, los autores deberán informar las previsiones tomadas para evitar riesgos emergentes y garantizar el buen uso y manejo de la información;
4. Eventuales contenidos del texto o figuras u otras partes del manuscrito tomados de otras publicaciones están debidamente citados y en caso necesario, los permisos para publicaciones de tales partes son de responsabilidad de los autores;
5. En el caso específico de la Investigación Biomédica, los investigadores deben conocer y realizar las salvaguardas previstas en todos los requisitos éticos, legales y jurídicos, establecidos en las normas bioéticas nacionales e internacionales¹;
6. Los autores no tienen conflictos personales, financieros u otro tipo de conflictos de intereses y no han realizado ningún acuerdo que pueda interferir con el acceso a los datos de la investigación.

Nombre completo	Firma	Dirección electrónica

**CONFIRMATION OF AUTHORSHIP AND PUBLICATION REGULATIONS
When submitting a manuscript, please complete and fax to the journal**

Date: _____

The authors of the manuscript entitled:

by signing at the end of this text, certify that:

1. This article has not been previously published and is not under consideration for publication elsewhere;
2. All authors have seen and approved the manuscript being submitted;
3. If the article affects the human rights in any way, or is a reason of possible damage to the environment, animals and/or future generations, the authors will have to inform the precautions taken to avoid consequent risks and to guarantee the good use and managing of the information;
4. Contents of the text or figures or other parts of the manuscript taken from other publications should be declared when submitting; and in such a case, the permissions for publications of those parts are the author's responsibility;
5. In the specific case of the Biomedical Research, the investigators must know and be sure about all the ethical, legal and juridical requirements, established in the national and international bioethical procedures²;
6. The authors have no personal, financial or another type of conflicts of interests and have not assumed any agreement that could interfere with the access to the information of the research.

Full Name	Signature	e-mail

1- Nacionales: Disposición ANMAT 5330/97. Internacionales: Código de Núremberg, Declaración de Helsinki y sus modificaciones, Declaración Universal sobre Genoma Humano y Derechos Humanos aprobada por la Conferencia General de la UNESCO, del 11 de noviembre de 1997.

2- National: ANMAT 5330/97 file. International: Núremberg Code; Helsinki's declaration with modifications, Universal Declaration about Human Genome and Rights proved by UNESCO General Conference; on November 11th, 1997.

CONFIRMAÇÃO DE AUTORIA E DIREITOS DE PUBLICAÇÃO
Para apresentar um trabalho, preencher e enviar por fax à revista

Data: _____

Os autores do trabalho titulado:

Confirmam através de suas assinaturas no final deste texto que:

1. Este trabalho não foi submetido para a publicação em nenhuma outra revista científica;
2. Cada autor leu e aprovou o trabalho submetido;
3. Caso o trabalho pudesse afetar os direitos humanos, ou ser causa de um eventual dano ao médio ambiente, a os animais e/ou as gerações futuras, os autores deverão informar as previsões necessárias para evitar riscos emergentes e garantir o bom uso e emprego da informação;
4. Eventuais conteúdos do texto ou figuras ou outras partes do artigo retiradas de outras publicações estão devidamente referenciados e, caso necessário, as permissões para publicações desses conteúdos são de responsabilidade dos autores;
5. No caso específico da Investigação Biomédica, os pesquisadores devem conhecer e realizar as salvaguardas previstas em todos os requisitos éticos, legais e jurídicos, estabelecidos nas normas bioéticas nacionais e internacionais³;
6. Os autores não tem conflitos pessoais, financeiros ou outro tipo de conflitos de interesses nem tem realizado nenhum convênio que possa interferir com o acesso aos dados da pesquisa.

Nome e Sobrenome	Assinatura	Endereço eletrônico

3- Nacionais: Disposição ANMAT 5330/97. Internacionais: Código de Nuremberg, Declaração de Helsinski e suas modificações, Declaração Universal sobre Genoma Humano e Direitos Humanos aprovada pela Conferência Geral da UNESCO, do 11 de novembro de 1997.