

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

CIENCIAS AGROPECUARIAS, CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS, INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS,
CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS, CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

AÑO 28
ENERO-ABRIL 2020

79

EDICIÓN CUATRIMESTRAL
ISSN 1665-4412
e-ISSN 2521-9758



Enzimas detoxificantes asociadas con la resistencia del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) a insecticidas en el centro del estado de Guanajuato, México

Criterios de manejo acuícola para la región Pacífico Central Mexicano mediante análisis multicriterio

Conceptualización, manejo y monitoreo de áreas naturales protegidas en México: Caso Reserva Estatal Sierra Monte Negro, Morelos

Jarilla heterophylla, un nuevo registro para la flora del estado y único representante nativo de la familia Caricaceae en Aguascalientes, México

Germinación de *Ferocactus townsendianus* Britton & Rose. con escarificación de semillas sometidas a diferentes tiempos de almacenamiento

Estimación de la huella hídrica en la producción agrícola de lima Tahití en la Cuenca La Angula, Santander, Colombia

Intención emprendedora en los productores de chile del estado de Aguascalientes: Perspectiva desde las relaciones de colaboración

Estrés académico en estudiantes universitarios

La hipertensión arterial y el riñón: El dúo fatídico de las enfermedades crónicas no transmisibles

Validación y liberación de dispositivo de medición para OEM automotriz, utilizando herramientas estadísticas en concurso de metrología a nivel nacional

Danny Cohen. *In memoriam*

Hyperspectral imaging analysis and applications for food quality [Análisis de imágenes hiperespectrales y aplicaciones para la calidad de los alimentos]. Reseña



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

Dirección General de Investigación y Posgrado
Departamento de Apoyo a la Investigación

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES, año 28, núm. 79, periodo enero-abril 2020, es una publicación periódica, cuatrimestral, multidisciplinaria, editada y distribuida por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Tel./Fax. 449 910 74 00, ext. 34113, www.uaa.mx/investigacion/revista, revistaiyc@correo.uaa.mx. Editor responsable: Alicia Edith Hermosillo de la Torre. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2002-042412342500-102, ISSN: 1665-4412, Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2018-060115052000-203, e-ISSN: 2521-9758. Número de Certificado de Licitud de Título: 12284, Número de Certificado de Licitud de Contenido: 8497, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Registro Postal en SEPOMEX No. PP01-0003. Diseñada e impresa en el Departamento de Procesos Gráficos de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Este número se terminó de imprimir el 31 de enero de 2020 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

Los artículos firmados son responsabilidad de su autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Precio por ejemplar \$60.00 (pesos). Costo por suscripción anual \$160.00 (pesos).

La revista **Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes** está citada en los siguientes índices y bases de datos:

ÍNDICES:

Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del CONACYT,

<http://www.conacyt.gob.mx>

Índice Internacional, "Actualidad Iberoamericana" ISSN 0717-3636. Centro de Información Tecnológica-CII, La Serrana, Chile, <http://www.citchile.cl>

IRESE (Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa), <http://iresie.unam.mx>

LATINDEX (Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal), <http://www.latindex.org>

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias), periodica.unam.mx

REDALYC (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal),

<http://www.redalyc.org>

BASES DE DATOS:

BIBLAT (Bibliografía Latinoamericana en revistas de investigación científica y social), <http://biblat.unam.mx/es/>

DIALNET (Hemeroteca de artículos científicos hispanos en internet) <http://dialnet.uniroja.es>

INFORME ACADÉMICO, www.gale-la.com/galeiberoweb/products/db/informe-academico.php

ULRICH'S Periodicals Directory, <http://ulrichsweb.serialssolutions.com>

EBSCO, MÉXICO, <https://www.ebscohost.com>



**ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**

FOTOGRAFÍAS DE PORTADA:

- Colecta de material biológico en la comunidad El Nacimiento
- Estudiantes de un programa de educación superior
- Atractivos ecoturísticos (ciclovía) que ofrece la RESMN
- Unidad acuícola en desarrollo
- Chile para secado
- Dispositivo de comprobación construido
- Cultivos de lima Tahifí en la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula
- Ejemplar de *J. heterophylla* depositado en el herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

DIRECTORIO

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González
Rector

M. en Der. Const. J. Jesús González Hernández
Secretario General

Dra. en Psic. Alicia Edith Hermosillo de la Torre
Directora General de Investigación y Posgrado

Dr. en Farm. Raúl Ortiz Martínez
Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias

M. en C. Jorge Martín Alférez Chávez
Decano del Centro de Ciencias Básicas

M. I. Felipe de Jesús Rizo Díaz
Decano del Centro de Ciencias de la Ingeniería

Dr. Jorge Prieto Macías
Decano del Centro de Ciencias de la Salud

Dr. en C. T. C. Héctor Romero Posada Ávila
Decano del Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción

M. F. Virginia Guzmán Díaz de León
Decana del Centro de Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. en Dir. y M. K. T. Miguel Ángel Montalvo Vivanco
Decano del Centro de Ciencias Empresariales

Mtra. C. S. y H. María Zapopan Tejeda Caldera
Decana del Centro de Ciencias Sociales y Humanidades

M. en E. H. Ana Luisa Topete Ceballos
Decano del Centro de las Artes y la Cultura

CONSEJO EDITORIAL

- Dr. Francisco Cervantes Pérez
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, MÉXICO
CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
- Dr. Alfredo Fera Velasco†
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, MÉXICO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
- Dr. Luis Miguel García Segura
INSTITUTO CAJAL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
MADRID, ESPAÑA
- Dr. Frank Marcano Requena
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, VENEZUELA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
- Dr. Javier de Felipe Oroquieta
INSTITUTO CAJAL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
MADRID, ESPAÑA
- Dr. Philippe Poujeol
UNIVERSIDAD DE NIZA-SOPHIA, ANTIPOLIS FRANCESA, FRANCIA
LABORATORIO DE FISIOLÓGIA CELULAR Y MOLECULAR
- Dr. José Luis Reyes Sánchez
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEPTO. DE FISIOLÓGIA, BIOFÍSICA Y NEUROCIENCIAS

COMITÉ EDITORIAL

- Dr. Jaime Raúl Bonilla Barbosa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
- Dr. Juan Carlos A. Jáuregui Correa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO, MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
- Dra. María J. Rodríguez-Shadow
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA, MÉXICO
DIRECCIÓN DE ETNOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA SOCIAL
- Dr. Óscar Alejandro Viramontes Olivás
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, MÉXICO
FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN
- Dra. en Psic. Alicia Edith Hermosillo de la Torre
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
Editor
- Lic. Sandra Margarita Ruiz Guerra
Asistente
- Lic. Mónica Ávalos Valladares
Corrector de estilo
- Dr. Marcelo de Jesús Pérez Ramos
Corrector de estilo idioma Inglés
- DEPARTAMENTO DE PROCESOS GRÁFICOS
Armado e impresión

CONTENIDO

INVESTIGACIÓN

Pág.

CIENCIAS AGROPECUARIAS

- **Enzimas detoxificantes asociadas con la resistencia del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) a insecticidas en el centro del estado de Guanajuato, México** 5-13
*Detoxification enzymes associated with the resistance of the yellow aphid (*Melanaphis sacchari*) to insecticides in central region of Guanajuato state, Mexico*
Enrique García-Burgos
Jerónimo Landeros-Flores
Ernesto Cerna-Chávez
Yisa María Ochoa-Fuentes
Luis Alberto Aguirre-Urbe
Luis Patricio Guevara-Acevedo
Gilberto Rodríguez-Pérez
- **Criterios de manejo acuícola para la región Pacífico Central Mexicano mediante análisis multicriterio** 14-23
Aquaculture criteria for the Mexican Central Pacific region by multicriteria analysis
Israel López-Poblete
Enrique Godínez-Domínguez
Manuel E. Mendoza
Adrián Tintos-Gómez

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

- **Conceptualización, manejo y monitoreo de áreas naturales protegidas en México: Caso Reserva Estatal Sierra Monte Negro, Morelos** 24-35
Conceptualization, management and monitoring of natural protected areas of Mexico: Case Sierra Monte Negro State Reserve, Morelos
Gustavo Emmanuel Vázquez-Márquez
Adán Guillermo Ramírez-García
María Isabel Palacios-Rangel
Alejandro Ismael Monterroso-Rivas
- **Jarilla *heterophylla*, un nuevo registro para la flora del estado y único representante nativo de la familia Caricaceae en Aguascalientes, México** 36-43
*Jarilla *heterophylla*, a new record for state flora and the only native representative of the Caricaceae family in Aguascalientes, Mexico*
Manuel Higinio Sandoval-Ortega
María Elena Siqueiros-Delgado
- **Germinación de *Ferocactus townsendianus* Britton & Rose. con escarificación de semillas sometidas a diferentes tiempos de almacenamiento** 44-51
*Germination of *Ferocactus townsendianus* Britton & Rose. with scarification of seeds subjected to different storage times*
Gustavo Emmanuel Vázquez-Márquez
Ariel Guillén-Trujillo
Raúl Ávalos-Castro
José Luis Espinoza-Villavicencio
Ricardo Ortega-Pérez
Alejandro Palacios-Espinosa

INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

- **Estimación de la huella hídrica en la producción agrícola de lima Tahití en la Cuenca La Angula, Santander, Colombia** 52-61
Estimation of water footprints in agricultural production from Tahiti lime in La Angula Basin, Santander, Colombia

CONTENIDO

Carlos Fernando Arenas-Jiménez
Sandra Natalia Correa-Torres
Sergio Manuel Pineda-Vargas

CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

- **Intención emprendedora en los productores de Chile del estado de Aguascalientes: Perspectiva desde las relaciones de colaboración** 62-74
Entrepreneurial intention in Chile producers in Aguascalientes state: A perspective from collaborative networks

Neftalí Parga-Montoya
Javier Eduardo Vega-Martínez
Guillermo Miramontes-Acevedo

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

- **Estrés académico en estudiantes universitarios** 75-83
Academic stress in university students

María Fernanda Silva-Ramos
José Juan López-Cocotle
María Elena Columba Meza-Zamora

REVISIÓN CIENTÍFICA

- **La hipertensión arterial y el riñón: El dúo fatídico de las enfermedades crónicas no transmisibles** 84-92
The arterial hypertension and kidney: The fateful duo of chronic non-communicable diseases

Asdrúbal Aguilera-Méndez
Renato Nieto-Aguilar
Deyanira Serrato-Ochoa
Gema Cecilia Manuel-Jacobo

NOTA CIENTÍFICA

- **Validación y liberación de dispositivo de medición para OEM automotriz, utilizando herramientas estadísticas en concurso de metrología a nivel nacional** 93-98
Validation and release of measurement device for automotive OEM, using statistical tools in national metrology competition

Luis Cuautle-Gutiérrez
José Francisco Lobato-Ramírez

OBITUARIO

- **Danny Cohen. In memoriam** 99-100
Marcelo de Jesús Pérez-Ramos

RESEÑA

- **Hyperspectral imaging analysis and applications for food quality [Análisis de imágenes hiperespectrales y aplicaciones para la calidad de los alimentos]** 101-102
Rafael Alejandro Casillas-Peñuelas

Enzimas detoxificantes asociadas con la resistencia del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) a insecticidas en el centro del estado de Guanajuato, México

Detoxification enzymes associated with the resistance of the yellow aphid (*Melanaphis sacchari*) to insecticides in central region of Guanajuato state, Mexico



Enrique García-Burgos*, Jerónimo Landeros-Flores**, Ernesto Cerna-Chávez**✉, Yisa María Ochoa-Fuentes**, Luis Alberto Aguirre-Uribe**, Luis Patricio Guevara-Acevedo***, Gilberto Rodríguez-Pérez***

García-Burgos, E., Landeros-Flores, J., Cerna-Chávez, E., Ochoa-Fuentes, Y. M., Aguirre-Uribe, L. A., Guevara-Acevedo, L. P., & Rodríguez-Pérez, G. (2020). Enzimas detoxificantes asociadas con la resistencia del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) a insecticidas en el centro del estado de Guanajuato, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 5-13.

RESUMEN

El pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) considerado como la plaga más devastadora en el cultivo del sorgo, se ha extendido por casi todo el territorio mexicano provocando bajos rendimientos, especialmente en los lugares con mayor producción agrícola. En el estado de Guanajuato ha ocasionado severos daños y debido a la importancia del cul-

tivo y al perjuicio generado, se ha convertido en un grave problema. Su control se basa principalmente en el método químico y debido a esta situación para controlarlo, los insecticidas pueden conferirle desarrollo de resistencia a los diferentes ingredientes activos utilizados para su control. Por tal motivo, el objetivo fue cuantificar cinco enzimas detoxificantes en 13 municipios del estado de Guanajuato. Las enzimas con mayor presencia fueron α -esterasas, β -esterasas, además de oxidasas.

Palabras clave: *Melanaphis sacchari*; resistencia; insecticidas; enzimas; detoxificantes; organofosforados.

Keywords: *Melanaphis sacchari*; resistance; insecticides; enzymes; detoxificative; organophosphates.

ABSTRACT

The yellow aphid (*Melanaphis sacchari*) considered the most devastating pest in sorghum cultivation, and it has spread throughout most of the Mexican territory causing low yields, especially in the places with the highest agricultural production. In the state of Guanajuato, it has caused severe damage, and due to the importance of the crop and the harm generated, it has become a serious problem. Its control is based mainly on the chemical methods, which can cause the development of resistance to the different active ingredients used for its control. For this reason, the objective of the present work was to quantify the activity of five detoxifying enzymes in samples of insect collected in 13 municipalities of the state of Guanajuato. The enzyme activities that were most frequently detected were α and β -Esterases, as well as oxidases.

Recibido: 4 de diciembre de 2018 Aceptado: 29 de octubre de 2019

* Maestría en Ciencias en Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C. P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: enriquega_16@hotmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9738-8352>

** Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C. P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: jlanflo@uaaan.mx; jabaly1@yahoo.com; yisa8a@yahoo.com; luisaguirreu@yahoo.com.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7924-4443>; <http://orcid.org/0000-0003-2263-4322>; <http://orcid.org/0000-0001-7859-8434>; <http://orcid.org/0000-0001-8462-1012>

*** Instituto Tecnológico de Roque, Km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, C. P. 38110, Guanajuato, México. Correo electrónico: lpguevara@itroque.edu.mx; grodriguez263@hotmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4013-472x>; <http://orcid.org/0000-0003-2297-8598>

✉ Autor para correspondencia.

INTRODUCCIÓN

El estado de Guanajuato es el segundo productor de sorgo en el país, con 159,694 ha sembradas en seis regiones y una producción estimada de 886,206.99 t, como lo establece el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG, 2015). La región Centro representa 71.5% de la superficie total sembrada en el estado de Guanajuato. La presencia de áfidos reduce los rendimientos en la producción de sorgo (Blackman & Eastop, 2000). El CESAVEG (2015) reportó incidencias de 42.09% en la producción del grano en el estado. El control de esta plaga es importante, ya que puede dañar toda la producción debido a la pérdida de savia como daño directo y el cúmulo de mielecilla sobre las hojas (Singh, Padmaja, & Seetharam, 2004) o la potencial transmisión de enfermedades virales (Rott, Mirkov, Schenck, & Girard, 2007), como daño indirecto.

El método más utilizado para el control del pulgón amarillo es la aplicación de productos químicos, los cuales en ocasiones son ineficientes y pueden afectar negativamente a sus enemigos naturales (Rodríguez-del-Bosque & Terán, 2015). Este método está basado en el uso de materias activas como imidacloprid, sulfoxaflor, spirotetramat, thiamethoxan y metamidofos. Aunque su uso puede controlar esta plaga, el uso recomendado de aplicaciones cada 20 días promueve la resistencia a los productos químicos en las poblaciones de insectos.

Está demostrado que la resistencia se debe al incremento de la actividad metabólica de la plaga. Estos mecanismos de resistencia metabólica no están ligados a ningún punto de acción específico trabajando en diferentes estructuras químicas de la molécula insecticida (grupos carboxilo, metil, ester, etc.) y, por tanto, pueden conferir resistencia a insecticidas de más de un grupo de diferente modo de acción. Las principales enzimas que se encuentran realizando estos mecanismos son esterasas, mono-oxigenasas, citocromo P450, y glutatión s-transferasas.

Los insectos resistentes pueden tener elevados niveles de una enzima en particular o formas alteradas de la que metaboliza al plaguicida a un nivel más rápido que la forma no alterada, como lo indica la Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2012). Sin embargo, la mayor parte de mecanismos de resistencia en común la constituye la resistencia metabólica, con

un aumento en las actividades de esterasas, glutatión-S-transferasas, acetilcolinesterasa y oxidasas (Bass & Field, 2011; Li, Schuler, & Berenbaum, 2007).

Se sabe que las esterasas están implicadas en resistencia a organofosforados, carbamatos y piretroides debida a mutaciones puntuales, duplicaciones genéticas, regulación de la expresión, a una combinación de los tres mecanismos (Li et al., 2007) y a los insecticidas como reguladores del crecimiento de insectos (IGR), imidacloprid o toxinas de *Bacillus thuringiensis* (Oakeshott, Claudianos, Campbell, Newcomb, & Russell, 2005). Para el caso de glutatión S-transferasas se cree que están implicadas en la resistencia a varias clases de insecticidas, incluyendo organoclorados, organofosforados y piretroides (Vontas, Small, & Hemingway, 2001), además se ha asociado como uno de los mecanismos de resistencia a los insecticidas carbamatos.

Por otro lado, Bisset (2002) menciona que las oxidasas están implicadas como el factor principal en muchos casos de resistencia metabólica a carbamatos y también detoxifican insecticidas organofosforados, mientras que la acetilcolinesterasa produce un amplio espectro de resistencia a la mayoría de los organofosforados y en mayor medida a los carbamatos. Se puede mencionar que en la región productora del centro del estado de Guanajuato se realizan hasta seis aplicaciones de insecticida por temporada de diferentes grupos químicos, por lo que se espera que dentro de las poblaciones exista una sobreexpresión de alguna de las enzimas detoxificantes antes mencionadas como responsable de la resistencia a insecticidas.

El objetivo de esta investigación fue cuantificar los niveles enzimáticos detoxificativos del pulgón amarillo que inducen resistencia a insecticidas sintéticos en las regiones productoras de sorgo en la región centro del estado de Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se identificaron parcelas de sorgo invadidas de pulgón amarillo en los municipios de Abasolo, Cuerámara, Huanímaro, Irapuato, León, Manuel Doblado, Pénjamo, Purísima del Rincón, Romita, Salamanca, San Francisco del Rincón, Silao y Valle de Santiago, municipios pertenecientes a la región centro del estado de Guanajuato durante el ciclo primavera-verano 2017. En cada municipio se ob-

tuvieron cinco muestras de diferentes localidades; estos consistieron en llenar un tubo Eppendorf de 1.5 ml con adultos ápteros, colocarlos en hieleras para evitar su deshidratación y trasladarlos al laboratorio de toxicología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, donde se realizó la identificación según las características señaladas en la *Guía ilustrada para la identificación de los pulgones (Hemiptera: Aphididae) de cereales de México*, realizada por Peña Martínez et al. (2017).

Se almacenaron a una temperatura de -20 °C hasta obtener la cuantificación de enzimas detoxificativas. Para conocer la cantidad de pulgones o tejido a utilizar, se empleó la metodología descrita por Hernández-Bautista, Arredondo-Pérez, Cerna-Chávez, Ochoa-Fuentes y Navarro-Campos (2016), donde se reportó la cantidad comprendida en µg/ml de proteína encontrada en el rango de 80 a 120 µg/ml, como de 15 insectos. Una vez calculada la cantidad de insectos a emplear, se determinaron los niveles de α -esterasas (α -est), β -esterasas (β est), oxidasas (Oxid), acetilcolinesterasas (ACH) y glutatión S-transferasas (GST) utilizando las metodologías descritas por Brogdon (1988), Brogdon y Barber (1990) y Brogdon, McAllister y Vulule (1997).

Niveles enzimáticos

Para la determinación de alfa (α) y beta (β) esterazas en cada pozo de una microplaca se colocaron 100 µl de homogenato, se agregaron 100 µl de acetato de alfa o beta-naftil (Sigma-Cas 830-81-9), se dejó incubar por 10 min, se agregaron 100 µl de fast-blue, se volvió a incubar durante 2 min a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia en el lector de placas usando un filtro de 540 nm. En cuanto a las oxidasas, se colocaron 100 µl de homogenato, se agregaron 200 µl de TMZ (Tetramethyl-Benzidina Dihydrochloride) (Sigma- Cas 54827-17-7), agregando una gota de 25 µl de agua oxigenada (H₂O₂); se dejó incubar 5 min y se leyeron con un filtro de 620 nm. Para las GST se colocaron 100 µl de homogenato, se agregaron 100 µl de L- glutathion Reduced (Sigma- Cas 70-18-8), y 100 µl de CDNB (1 - cloro-2,4 dinitrobenceno) (Sigma- Cas 97-00-7), se leyó inmediatamente que fue tiempo cero (T₀) usando un filtro de 340 nm; se volvió a leer transcurridos 5 min (T₅).

Para el análisis de resultados se sacó la diferencia entre ambos tiempos (T₅-T₀) y los resultados negativos se consideraron como cero. Por último, para ACH

se colocaron 100 µl de homogenato, se agregaron 100 µl de acetilcolina-yodisada (Sigma- Cas 2260-50-6) y 100 µl de DNTB (Ácido-Ditio-Bis-Nitrobenzoico) (Sigma- Cas 69-783); se leyeron en tiempo cero (T₀) usando un filtro de 414 nm; transcurridos 10 min (T₁₀) se volvió a leer. Para el análisis de resultados se obtuvo la diferencia entre ambos tiempos (T₁₀-T₀) y los resultados negativos se consideraron como cero.

Se estableció una proporción de resistencia con las absorbancias de cada enzima, se realizó una distribución de frecuencias y según el modelo de Montella et al. (2007) con pequeñas modificaciones, tomando como base los percentiles de todas las muestras y absorbancias, de cada una de las enzimas (dependiendo del tipo de enzima), para las α -esterasas los valores fueron >0.6000 escala 1, >0.8000 escala 2, >1.0000 escala 3, >1.2000 escala 4 y <1.25 escala 5. Para las enzimas β -esterasas fueron >0.8000 escala 1, >0.9000 escala 2, >1.0000 escala 3, >1.2000 escala 4 y <1.25 escala 5. Para las oxidasas fueron >0.2000 escala 1, >0.2500 escala 2, >0.3000 escala 3, >0.4000 escala 4 y >0.5000 escala 5.

Para la acetilcolinesterasa los valores fueron >0.0050 escala 1, >0.0150 escala 2, >0.0300 escala 3, >0.0400 escala 4 y >0.0600 escala 5. Finalmente, para las glutatión S-transferasas fueron >0.0130 escala 1, >0.0200 escala 2, >0.0300 escala 3, >0.0400 escala 4 y >0.0600 escala 5 (1: proporción nula; 2: ligera; 3: moderada; 4: alta y 5: muy alta). Por último, se realizó un ANOVA, cuando indicó que había diferencia significativa entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($P= 0.05$), para la comparación de las medias, utilizando el programa estadístico R versión 3.3.1. Se utilizó el método UPGMA (media aritmética no ponderada) para calcular las distancias de la presencia de enzimas y generar los grupos más compactos y homogéneos y así diferenciar los grupos de enzimas dentro de las poblaciones.

Este método es eficiente, ya que genera conglomerados equilibrados y de tamaño pequeño, además de que tiene interpretación sencilla (Peña Martínez et al., 2017); para este método se utilizó el programa Statistic (versión 6.0) en la generación de dendrogramas. El criterio tomado para la distancia de corte y definición de grupos en su realización fue establecido sobre el número óptimo de grupos cuando se produjeron saltos bruscos en las distancias.

RESULTADOS

Para los niveles enzimáticos (tabla 1), las α -est en el municipio de Silao presentaron el mayor valor con 1.0641, seguido de Irapuato y Huanímaro con medias de 1.0556 y 1.0159, respectivamente; de acuerdo con la clasificación de resistencia de Montella et al. (2007), estos tres municipios presentaron los valores de resistencia *alta* y no fueron significativamente diferentes entre sí. Por otra parte, la localidad de León presenta un promedio de 0.5768, que de acuerdo

con la escala de clasificación se encuentra en el nivel 1, que es *nula*.

Para el caso de las β -est, los municipios de Salamanca e Irapuato presentaron una detoxificación *muy alta* en la escala de Montella et al. (2007) y un valor promedio de 1.2612 y 1.2418, respectivamente. Caso contrario con los municipios de Valle de Santiago, que obtuvo un promedio de 0.8984, seguido de Pénjamo, con valor de 0.8729 y Abasolo, León, Manuel Doblado y Silao con 0.8322, 0.8134, 0.8121 y 0.7822, respectivamente, con un valor 2 en la clasificación de resistencia, que es *ligera*.

Tabla 1

Comparación de medias del contenido enzimático de *M. sacchari* y escala de clasificación de resistencia de la región centro del estado de Guanajuato

No.	Municipio	Niveles enzimáticos									
		α - esterasas		β - esterasas		Glutación S-transferasa		Acetilcolinesterasa		Oxidasa	
		Absorbancias \pm SD	Escala	Absorbancias \pm SD	Escala	Absorbancias \pm SD	Escala	Absorbancias \pm SD	Escala	Absorbancias \pm SD	Escala
1	Abasolo	0.8478 \pm 0.0736 bc	3	0.8322 \pm 0.1075 efg	2	0.0040 \pm 0.0059 e	1	0.0217 \pm 0.0198 a	3	0.3172 \pm 0.0843 ab	3
2	Cuerámbaro	0.8843 \pm 0.1208 bc	3	1.0976 \pm 0.1510 b	4	0.0195 \pm 0.0152 ab	2	0.0079 \pm 0.0090 c	2	0.2286 \pm 0.0358 f	1
3	Huanímaro	1.0159 \pm 0.1787 a	4	0.9444 \pm 0.1130 cd	3	0.0115 \pm 0.0098 cd	1	0.0068 \pm 0.0069 c	2	0.2475 \pm 0.0532 ef	1
4	Irapuato	1.0556 \pm 0.1288 a	4	1.2418 \pm 0.1270 a	5	0.0119 \pm 0.0088 cd	1	0.012 \pm 0.0233 bc	2	0.2534 \pm 0.0540 def	2
5	León	0.5768 \pm 0.0651 g	1	0.8134 \pm 1033 fg	2	0.0190 \pm 0.0192 ab	2	0.0104 \pm 0.0156 bc	2	0.2285 \pm 0.0440 f	1
6	Manuel Doblado	0.6858 \pm 0.1055 f	2	0.8121 \pm 0.1199 fg	2	0.0133 \pm 0.0078 bc	2	0.0075 \pm 0.0111 c	2	0.2515 \pm 0.0695 def	2
7	Pénjamo	0.9138 \pm 0.1022 b	3	0.8729 \pm 0.0748 ef	2	0.0257 \pm 0.0078 a	3	0.0064 \pm 0.0078 c	2	0.2489 \pm 0.0480 ef	1
8	Purísima del Rincón	0.8626 \pm 0.0866 bcd	3	0.9954 \pm 0.1239 c	3	0.0038 \pm 0.0046 e	1	0.0127 \pm 0.0114 bc	2	0.3077 \pm 0.0577 abc	2
9	Romita	0.8185 \pm 0.1062 cd	3	0.9866 \pm 0.0990 c	3	0.0147 \pm 0.0126 bc	2	0.0186 \pm 0.0156 ab	3	0.2888 \pm 0.0689 bcd	2
10	Salamanca	0.6784 \pm 0.1017 f	2	1.2612 \pm 0.0887 a	5	0.0235 \pm 0.0119 a	3	0.0049 \pm 0.0056 c	1	0.3268 \pm 0.0604 a	3
11	San Fco. del Rincón	0.7453 \pm 0.1075 ef	2	1.0700 \pm 0.1412 b	4	0.0111 \pm 0.0135 cd	1	0.0085 \pm 0.0096 c	2	0.293 \pm 0.0629 abc	2
12	Silao	1.0641 \pm 0.1202 a	4	0.7822 \pm 0.0883 g	2	0.0145 \pm 0.0155 bc	2	0.0172 \pm 0.0093 ab	3	0.2914 \pm 0.0586 abc	2
13	Valle de Santiago	0.8100 \pm 0.0782 ef	3	0.8984 \pm 0.0756 de	2	0.0051 \pm 0.0076 de	1	0.0105 \pm 0.0115 bc	2	0.2709 \pm 0.0584 cde	2

Nota: SD: Desviación estándar. Escala: Escala de clasificación de resistencia de acuerdo a Montella et al. (2007). 1: Nula 2: Ligera 3: Moderada 4: Alta 5: Muy Alta. Valores con la misma letra son iguales estadísticamente al nivel de significancia de 0.05.

Elaboración propia.

En cuanto a la enzima GST, los municipios de Pénjamo y Salamanca presentan resistencia *moderada*, con valores de 0.0257 y 0.0235, respectivamente. Lo contrario fue para Irapuato con 0.0119, Huanímaro con 0.0115 y San Francisco del Rincón, Valle de Santiago, Abasolo y Purísima del Rincón con 0.0111, 0.0051, 0.0040 y 0.0038, respectivamente, con valor 1 en la escala de clasificación de resistencia, correspondiente a *nula*.

Los municipios de Abasolo, Romita y Silao observaron los mayores valores para la enzima ACH, con 0.0217, 0.0186 y 0.0172, respectivamente, con valor de 3 en la escala de clasificación de resistencia, que corresponde a *moderada*. El caso contrario fue Salamanca, que reportó 0.0049, en cuanto a la

clasificación de resistencia 1, que es *nula* (tabla 1). Para el caso de las oxidasa, Salamanca y Abasolo presentaron los valores más altos con 3 en la escala de resistencia, que corresponde a *moderada*, con 0.3268 y 0.3172, respectivamente. Por otra parte, Pénjamo, Irapuato, Huanímaro y Cuerámbaro, fueron los municipios que con los valores más bajos (0.2489, 0.2534, 0.2475 y 0.2286) presentaron resistencia 1, que corresponde a *nula*.

El municipio de Salamanca obtuvo los mayores valores para las enzimas en estudio, además es el municipio en el que mayor superficie de sorgo se siembra, con 19,588 ha, que corresponde a 12% de toda la superficie sembrada en el estado y con la que se han obtenido rendimientos de 6.58 t/ha de

acuerdo con el SIAP (2017). En comunicación personal con técnicos de MasAgro Guanajuato, mencionan que en este lugar se tiene alta tecnología en producción de sorgo y que los productores realizan de tres a cuatro aplicaciones de insecticidas para el control de pulgón amarillo.

En la figura 1 se observa que se formaron tres grupos principales de las 13 poblaciones. El primero constituido por enzimas GST y ACH, las que se observaron estrechamente relacionadas, lo que indica que en las poblaciones en estudio, estas no juegan un papel importante en la detoxificación de insecticidas, ya que presentaron promedios desde 0.0112 hasta 0.0137. El segundo grupo lo integraron GST, ACH y oxidasas con valores desde 0.0112 hasta 0.2734. El tercero estuvo conformado por las enzimas α -est y β -est, con valores de 0.8430 a 0.9699, respectivamente, lo cual indica que la detoxificación a insecticidas en *Melanaphis sacchari* en la región centro del estado de Guanajuato está relacionada con la alta actividad de α -est y β -est.

En la tabla 2 se muestra la variabilidad total observada en las 13 poblaciones de *M. sacchari* con base en la determinación de las enzimas α -est, β -est, GST, ACH, oxidasas, los dos factores explicaron

el porcentaje de 62.8%. El factor 1 con 39.13% (tabla 2) presentó una mejor agrupación con respecto a las demás con 0.0090, donde los municipios que presentaron una mayor agrupación a la enzima fueron Purísima del Rincón con 0.0108, Romita con -0.0410 y Valle de Santiago con -0.0037, que presentaron asociación negativa (figura 2). El factor 2 (23.67%) (tabla 2) estuvo determinado con asociación entre los municipios de Abasolo y Pénjamo, que obtuvieron valores de 0.0794 y 0.1450, respectivamente, para la enzima ACH.

Se observa que las enzimas que tuvieron una mejor agrupación fueron ACH con asociación positiva de 0.0090, en agrupación con GST de -0.0078 y oxidasas de -0.0222, con coalición negativa. Los municipios que se encuentran en el círculo de estas enzimas son Abasolo (0.0744), Huanímaro (0.2390), Pénjamo (0.1450) y Purísima del Rincón (0.0108), con agrupación positiva. En caso contrario estuvieron Cuerámara (-0.0146), Romita (-0.0410) y Valle de Santiago (-0.0037), con asociación negativa. Los resultados muestran la diversidad en la presencia enzimática de *M. sacchari* en los 13 municipios muestreados correspondientes a la región centro del estado de Guanajuato.

Tabla 2

Componentes principales de 13 poblaciones de *M. sacchari* de la región centro del estado de Guanajuato, México

Enzima	Factor 1	Factor 2
Alfa-esterasas (α -est)	0.3173	-0.0263
Beta-esterasas (β -est)	-0.3410	-0.8632
Glutación S-transferasa (GST)	-0.8424	-0.0128
Acetilcolinesterasa (ACH)	0.8740	0.1089
Oxidasas (Oxi)	0.5690	-0.6520
Total	39.13	23.67

Nota: Elaboración propia.

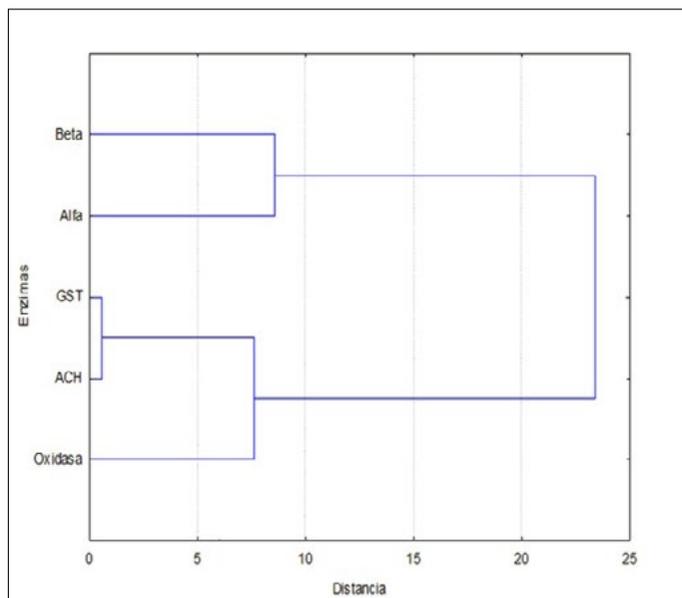


Figura 1. Dendrograma generado con base en datos obtenidos de pulgón amarillo (*M. sacchari*) en 13 municipios de la región centro del estado de Guanajuato. Elaboración propia.

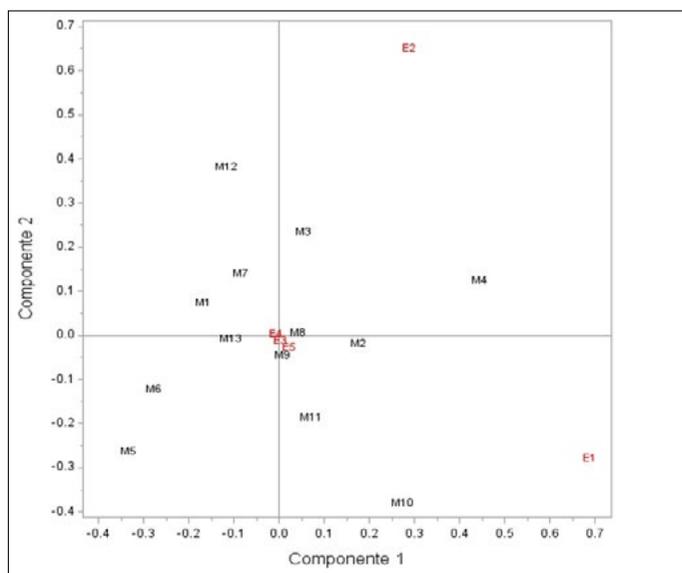


Figura 2. Dispersión de los niveles enzimáticos de α -est, β -est, GST, ACH y Oxid presentes en *M. sacchari* de 13 municipios de la región centro del estado de Guanajuato. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Las α -est en los municipios de Silao, Irapuato y Huanímaro presentaron los valores más altos, que de acuerdo con la clasificación de proporción de

resistencia se clasifica como *alta*. Estos valores son similares con los reportados por Flores et al. (2006) en un trabajo con mosquitos de *Aedes aegypti* L., los cuales mostraron niveles enzimáticos elevados característicos de los mecanismos de resistencia de α -est en poblaciones que se han expuesto a piretroides y organofosforados.

Para el caso de las β -est, en Salamanca (figura 3) e Irapuato clasificaron en la categoría *muy alta*. Estos valores concuerdan con los reportados por Criniti et al. (2008), quienes reportaron que diferentes poblaciones de *Myzus persicae* tienen una elevada producción de esterasas, las cuales secuestran y detoxifican insecticidas con grupos estéricos. De igual manera, Ponce-García, Badii, Roberto y Flores (2009) dedujeron que las β -est son el mecanismo que registra los valores más altos en adultos de *Aedes albopictus* (Skuse) expuestos a piretroides y organoclorados.



Figura 3. Colecta de material biológico en la comunidad El Nacimiento, perteneciente al municipio de Salamanca, Guanajuato, México. Fotografía del equipo de investigación.

En cuanto a la enzima GST, las plantas de Pénjamo y Salamanca presentaron una resistencia *moderada*, el resto *nula*. Estos valores tienen similitud con los reportados por Rodríguez, Bisset, Molina, Díaz y Soca (2001) en cepas de *A. Aegypti*, donde se muestra que la frecuencia de aparición del mecanismo GST es muy baja. Lo atribuyen a que este mecanismo de detoxificación interviene generalmente en la resistencia a organofosforados, pero en las cepas estudiadas el mecanismo de esterasas elevadas fue el de mayor frecuencia en estas poblaciones y principal responsable de la resistencia a organofosforados.

Para la ACH, en los cultivos de Abasolo, Romita y Silao se clasificaron en escala 3, que corresponde a resistencia *moderada*. Al respecto, Bisset (2002) menciona que este mecanismo produce un amplio espectro de resistencia a insecticidas organofosforados y, en mayor medida, a carbamatos. En cuanto a las oxidasas, los cultivos de Salamanca y Abasolo clasifican como resistencia *moderada*. El resto de municipios presentan resistencia *nula*. Al respecto, Guerra Pimentel, D'Antonino Faroni, Duarte Batista y Da Silva (2008) mencionan que las oxidasas juegan un papel fundamental en la detoxificación de diversos plaguicidas, participan directamente en

la inhabilitación del producto u oxidándolo para que entren otros sistemas enzimáticos y puedan ser detoxificados. Según Clark, Scott, Campos y Bloomquist (1995), las enzimas oxidativas son el principal mecanismo fisiológico de resistencia a la abamectina (figura 4).

En la figura 1 se observa que se formaron tres grupos principales: el primero con GST y ACH, con valores más bajos (0.0112 a 0.0137); el segundo con GST, ACH y oxidasas, con valores intermedios; mientras que el tercero por α -est y β -est, con puntajes más altos. Lo anterior indica que la detoxificación a insecticidas en *M. sacchari* en la región centro del estado de Guanajuato está relacionada con la alta actividad de las enzimas α -est y β -est, esto posiblemente se deba a las aplicaciones de insecticidas organofosforados y carbamatos. Pasteur y Raymond (1996) reportaron que estas dos enzimas son idóneas en la resistencia, a través de la detoxificación a estos grupos químicos. Por otro lado, Brogdon y Barber (1990) y Flores et al. (2006) reportaron que estas enzimas juegan un papel en la detoxificación o resistencia a piretroides.

CONCLUSIONES

Se observó que los municipios más sobresalientes para α -est fueron Huanímaro, Irapuato y Silao, los cuales reportaron resistencia *alta*; mientras que para β -est, Salamanca e Irapuato reportaron resistencia *muy alta* en comparación con los demás municipios, por lo que se propone reducir las aplicaciones de organofosforados y carbamatos debido a que estas enzimas son las responsables de su detoxificación. Para el caso de oxidasas, las plantas de Salamanca y Abasolo obtuvieron una resistencia *moderada*. Pénjamo y Salamanca sobresalieron para GST, mientras que Abasolo, Romita y Silao para ACE, las cuales se encontraron en resistencia *moderada*. Es posible establecer que el principal mecanismo detoxificador presente en las poblaciones del pulgón amarillo son las α y β esterasas.

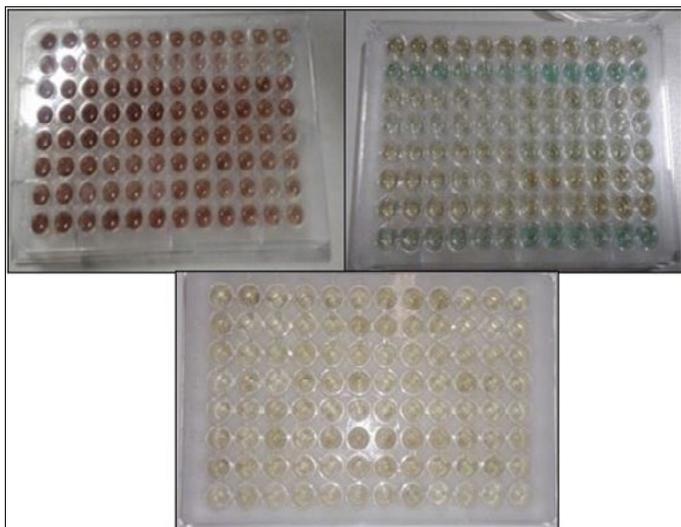


Figura 4. Tinciones al determinar α -est, β -est, ACH, GST y Oxid. Elaboración propia.

REFERENCIAS

- Bass, C., & Field, L. M. (2011). Gene amplification and insecticide resistance. *Pest Management Science*, 67(8), 886-890. doi:10.1002/ps.2189
- Bisset, J. A. (2002). Uso correcto de insecticidas: Control de la resistencia. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 54(3), 202-219.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2000). *Aphids On The World's Crops: An Identification and Information Guide* (2° ed.). John Wiley & Sons Ltd.
- Brogdon, W. G. (1988). Microassay of acetylcholinesterase activity in small portions of single mosquito homogenates. *Comparative Biochemistry and Physiology. C, Comparative Pharmacology and Toxicology*, 90(1), 145-150.
- Brogdon, W. G., & Barber, A. M. (1990). Microplate assay of glutathione S-transferase activity for resistance detection in single-mosquito triturates. *Comparative Biochemistry and Physiology. B, Comparative Biochemistry*, 96(2), 339-342.
- Brogdon, W. G., McAllister, J. C., & Vulule, J. (1997). Heme peroxidase activity measured in single mosquitoes identifies individuals expressing an elevated oxidase for insecticide resistance. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 13(3), 233-237.
- Clark, J. M., Scott, J. G., Campos, F., & Bloomquist, J. R. (1995). Resistance to avermectins: Extent, mechanisms, and management implications. *Annual Review of Entomology*, 40, 1-30.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato. (2015). *Reporte de actividades de la campaña contra pulgón amarillo del sorgo*. Recuperado el 25 de febrero 2018, de www.cesaveg.org.mx/new/manual_guia%20para_el_manejo_de_pulgón_amarillo_del_sorgo.pdf
- Criniti, A., Mazzoni, E., Cassanelli, S., Cravedi, P., Tondelli, A., Bizzaro, D., & Manicardi, G. C. (2008). Biochemical and molecular diagnosis of insecticide resistance conferred by esterase, MACE, kdr and super-kdr based mechanisms in Italian strains of the peach potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 90(3), 168-174.
- Flores, A. E., Grajales, J. S., Salas, I. F., García, G. P., Becerra, M. H., Lozano, S., Brogdon, W. G., Beaty, B. (2006). Mechanisms of insecticide resistance in field populations of *Aedes aegypti* (L.) from Quintana Roo, Southern Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22(4), 672-677.
- Guerra Pimentel, M. A., D'Antonino Faroni, L. R., Duarte Batista, M., & Da Silva, F. H. (2008). Resistance of stored-product insects to phosphine. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(12), 1671-1676.
- Hernández-Bautista, O., Arredondo-Pérez, M. A., Cerna-Chávez, E., Ochoa-Fuentes, Y. M., & Navarro-Campos, F. E. (2016). Cuantificación de enzimas detoxificativas en pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*) en Saltillo, México. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 3(7), 5-12.
- Li, X., Schuler, M. A., & Berenbaum, M. R. (2007). Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. *Annual Review of Entomology*, 52, 231-253.
- Montella, I. R., Martins, A. J., Viana-Medeiros, P. F., Lima, J. B., Braga, I. A., & Valle, D. (2007). Insecticide resistance mechanisms of Brazilian *Aedes aegypti* populations from 2001 to 2004. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 77(3), 467-477.
- Oakeshott, J. G., Claudianos, C., Campbell, P. M., Newcomb, R. D., & Russell, R. J. (2005). Biochemical genetics and genomics of insect esterases. *Comprehensive Molecular Insect Science*, 5, 309-381.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2012). Directrices sobre la prevención y manejo de la resistencia de los plaguicidas. Recuperado el 28 de febrero 2018, de www.fao.org/3/a-bt561s.pdf
- Pasteur, N., & Raymond, M. (1996). Insecticide resistance genes in mosquitoes: Their mutations, migration and selection in field populations. *Journal of Heredity*, 87(6), 444-449.
- Peña Martínez, R., Muñoz Viveros, A. L., Marín Jarillo, A., Bujanos Muñoz, R., Tamayo Mejía, F., Luévano Borroel, J.,... Ibarra, J. E. (2017). *Guía ilustrada para la identificación de los pulgones (Hemiptera: Aphididae) de los cereales en México* (p.59). Fundación Guanajuato Produce A. C.
- Ponce-García, G., Badii, M., Roberto, M., & Flores, A. E. (2009). Esterases in *Aedes albopictus* (Skuse) from northeastern Mexico. *Southwestern Entomologist*, 34(4), 477-484.
- Rodríguez, M. M., Bisset, J. A., Molina, D., Díaz, C., & Soca, L. A. (2001). [Adaptation of microtitration plate methods for quantification of the activity of esterases and glutathione-s-transferase in *Aedes aegypti*]. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 53(1), 32-36.

- Rodríguez-del-Bosque, L. A., & Terán, A. P. (2015). *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A new sorghum insect pest in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 40(2), 433-434.
- Rott, P., Mirkov, T. E., Schenck, S., & Girard, J. C. (2007). Recent advances in research on Sugarcane yellow leaf virus, the causal agent of sugarcane yellow leaf. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 26, 968-977.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). *Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por cultivo* [Base de datos]. Recuperado en julio de 2018, de http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do
- Singh, B. U., Padmaja, P. G., & Seetharama, N. (2004). Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Protection*, 23(9), 739-755.
- Vontas, J. G., Small, G. J., & Hemingway, J. (2001). Glutathione S-transferases as antioxidant defence agents confer pyrethroid resistance in *Nilaparvata lugens*. *The Biochemical Journal*, 357(Pt 1), 65-72.

Criterios de manejo acuícola para la región Pacífico Central Mexicano mediante análisis multicriterio

Aquaculture criteria for the Mexican Central Pacific region by multicriteria analysis

Israel López-Poblete*, Enrique Godínez-Domínguez*✉, Manuel E. Mendoza**, Adrián Tintos-Gómez***

López-Poblete, I., Godínez-Domínguez, E., Mendoza, M. E., & Tintos-Gómez, A. (2020). Criterios de manejo acuícola para la región Pacífico Central Mexicano mediante análisis multicriterio. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 14-23.

RESUMEN

La determinación de criterios acuícolas indicados para el desarrollo de la actividad permite identificar capacidades inherentes de los sitios para ser utilizados bajo este propósito. Se utilizó el proceso de análisis jerárquico con el fin de evaluar la importancia relativa de los criterios definidos con base en la opinión de 12 expertos en el tema. Dicho grupo determinó como criterios principales tipo de agua, temperatura, calidad de los organismos, sistema de cultivo, textura de suelo, nivel de tecnología y eficiencia en la administración. Los resultados indican que los criterios con mayor importancia fueron agua con una ponderación de 0.38, temperatura

con 0.20 y calidad de los organismos 0.19. La implementación de la técnica del proceso de análisis jerárquico demostró ser útil para la construcción de un índice global de eficiencia para la actividad acuícola, basado en conocimiento experto.

ABSTRACT

The determination of aquaculture criteria indicated for the development of the activity allows identifying the inherent capacities of the sites to be used for this purpose. In this study the hierarchical analysis process was used in order to evaluate the relative importance of the criteria defined based on the opinion of 12 experts on the subject. The group determined as main criteria type of water, temperature, quality of the organisms, cultivation system, soil texture, level of technology and efficiency in administration. The results indicate that the criteria with greater importance were water with 0.38 of weight, temperature with 0.20 and quality of the organisms with 0.19. Implementation of the hierarchical analysis process technique proved to be useful for the construction of a global efficiency index for aquaculture activity, based on expert knowledge.

Palabras clave: criterio; acuicultura; análisis multicriterio; manejo costero; uso de suelo; México.

Keywords: criterion; aquaculture; multicriteria analysis; coastal management; land use; Mexico.

Recibido: 4 de agosto de 2018 Aceptado: 27 de septiembre de 2019

* Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, Universidad de Guadalajara. V. Gómez Farías 82, San Patricio-Melaque, C. P. 48980, Jalisco, México. Correo electrónico: aquamanilp@hotmail.com; egodinez@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9893-2708>; <http://orcid.org/0000-0002-2415-1140>

** Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Ex Hacienda San Jose de la Huerta, C. P. 58190, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: mmendoza@ciga.unam.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1310-9702>

*** Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. Carretera Manzanillo-Barra de Navidad km. 19.5, Col. El Naranjo, C. P. 28868, Manzanillo, Colima, México. Correo electrónico: atintos48@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7530-416X>

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, ante el deterioro de las pesquerías a nivel mundial y el excesivo esfuerzo pesquero concentrado en un número limitado de especies, la acuicultura se ha convertido paulatinamente en una alternativa de producción (Guarneros & Pérez, 2006), se considera al mismo

tiempo como un sector prioritario y estratégico para el suministro de alimentos, generación de empleos e ingresos, principalmente para los países en desarrollo (Inzunza Montoya, 2014). Rosales Inzunza y Acevedo Valerio (2012) destacan el avance que ha tenido la acuacultura en México en los últimos años; sin embargo, también reconocen que está lejos de alcanzar su máximo desarrollo.

La estrategia más frecuente del desarrollo acuícola ha estado basada en la piscicultura de siembra y repoblación, y en menor escala en el cultivo de especies de aguas marinas y salobres. En la región del Pacífico Central Mexicano (PCM), la acuacultura ha crecido de manera considerable y está generando beneficios sociales y económicos; a pesar de esto sigue enfrentando carencias y deficiencias en cuanto al acceso a tecnologías, asesorías técnicas, así como la ausencia de criterios para orientar su crecimiento y desarrollo, lo que ha originado cultivos de tipo extensivo que presentan bajos rendimientos y productividad (SAGARPA, 9 de septiembre de 2013).

Uno de los objetivos de los planes de desarrollo regional de la acuacultura ha sido buscar la definición de criterios o normas que permitan aprovechar al máximo el potencial e incrementar la productividad. Un criterio puede definirse como un juicio de valor que permite concretar una elección entre distintas variables y condiciones (Arias Odón, 2012). Un criterio acuícola también puede ser catalogado como un requisito importante que debe ser respetado para alcanzar cierto objetivo, satisfacer una necesidad o, como en este caso, garantizar el éxito de una actividad. Las normas pueden ser objetivas y subjetivas, las primeras permiten medir resultados y magnitudes positivas mediante indicadores derivados de variables empíricas, las segundas son parte de la cosmovisión del decisor y derivan de sus fines particulares y propósitos (Acevedo Borrego & Linares Barrantes, 2012).

Una de las técnicas de evaluación multicriterio es el proceso de análisis jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), herramienta que actualmente puede ser utilizada para la evaluación de la importancia relativa de los criterios definidos y seleccionados por grupo de expertos (GE) o evaluadores en función de la literatura y experiencia propia. El AHP es útil para la descripción, evaluación, ordenación, jerarquización y toma de decisiones (Moreno Jiménez, 2002). La técnica pretende separar los componen-

tes de un problema complejo de decisión en grupos más simples y de menor jerarquía que permitan ser manejados de manera más simple en matrices de comparación pareada, en las que se analizan las diferencias de un criterio contra otro y determinar su relevancia para poder establecer un peso en la toma de decisiones.

El objetivo del presente estudio fue identificar y ponderar los criterios acuícolas requeridos para su óptimo desarrollo, principalmente en la zona costera del PCM (figura 1) mediante la aplicación de un análisis multicriterio (AM).



Figura 1. Unidad acuícola en desarrollo, municipio de Minatitlán, Colima.

Fotografía del equipo de investigación.

Área de estudio

El PCM se localiza en la parte centro meridional de México y está conformada por los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit (Pantoja, Marineme, Parés-Sierra, & Gómez-Valdivia, 2012) (figura 2).

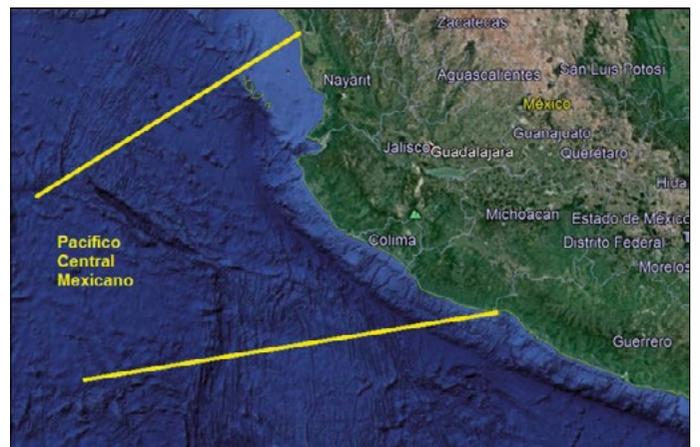


Figura 2. Localización geográfica del área de estudio. Imagen de Pantoja et al. (2012).

Tiene un relieve con predominancia montañosa y tierras altas de meseta, originadas por las cordilleras Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur. Las cordilleras ubicadas paralelamente a la costa originan una estrecha llanura costera en donde se ubica una gran cantidad de playas que son los principales atractivos turísticos de la zona.

Pantoja et al. (2012) menciona que el clima en la costa del PCM es cálido durante todo el año con lluvias en verano, hacia la parte interior el clima es modificado y regido por la altitud, que tiende a ser fresco todo el año, muy similar a zonas templadas y básicamente se distinguen dos zonas climáticas fundamentales. La zona cuenta con una franja costera de un ancho aproximado de 40 a 80 km de clima cálido subhúmedo que se manifiesta en los valles de poca altitud hacia el interior de los estados de Colima y Michoacán. Este clima se caracteriza por temperaturas medias anuales entre 22° y 28° C con lluvias entre 1,000 y 2,000 mm anuales. El clima templado subhúmedo predomina hacia el interior en áreas con altitud por encima de los 1,200 – 1,500 m, se caracteriza por temperaturas medias anuales entre 18° y 22 °C, con regiones por debajo de 18 °C y precipitaciones entre 600 y 1000 mm anuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Proceso de análisis jerarquizado (AHP)

El método de análisis multicriterio, en particular el AHP, es un conjunto de conceptos, modelos y métodos para auxiliar en la toma de decisiones a describir, ordenar, jerarquizar, evaluar, seleccionar o rechazar alternativas con base en una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo con varios criterios (Moreno Jiménez, 2002). Es claro que no todas las normas tienen la misma importancia y que contribuyen de manera diferenciada en determinar la aptitud o decisión en diversos niveles, debido a esto deben estar muy bien definidos y agrupados en diversas jerarquías (Saaty, 1980).

El AHP fue diseñado para imitar la manera en que las personas hacen frente a situaciones de decisiones complejas. Presenta dos supuestos fundamentales: 1) una habilidad innata de los seres humanos para emitir juicios claramente definidos sobre problemas pequeños; y 2) en el proceso de toma de decisiones la práctica y el conocimiento de

la gente es igualmente valioso, tanto como los datos usados (Saaty, 1980). El AHP disgrega una situación complicada y no estructurada en sus componentes más sencillos y los ordena en una jerarquía.

Tabla 1

Criterios generales considerados por el GE en una primera aproximación

Tipos de criterios	Criterios
Criterios ambientales	Tipo de agua
	Temperatura
	Textura de suelo
	Riesgos Hidrometeorológicos
Criterios espaciales	Distancia a fuentes de energía eléctrica
	Distancia con asentamientos humanos
	Distancia a carreteras
Criterios tecnológicos	Tipos de sistemas de cultivo
	Acceso a información
	Nivel de tecnología
	Calidad de alimento
	Capacitación
Restricciones geopolíticas	Calidad de los organismos alevines/postlarvas
	Ordenamiento acuícola
Restricciones económicas	Mercado
	Administración eficiente
	Valor de la especie

Nota: Elaboración propia.

Una vez disgregado y jerarquizado el problema, se utilizan técnicas de comparación pareada dentro de cada jerarquía con la finalidad de permitir a los tomadores de decisión realizar valoraciones simples en cada nivel de la jerarquía. Posteriormente se calculan las prioridades globales para cada alternativa de decisión, mediante la incorporación de los resultados dentro de cada jerarquía. Los fundamentos matemáticos y detalles para la aplicación del procedimiento se describen en Saaty (1990, 1997).

Para la realización de este trabajo, el GE fue conformado con investigadores, docentes y autoridades invitadas a los trabajos del taller denominado "Perspectivas del Desarrollo de la Acuicultura en el Pacífico Central Mexicano" celebrado en Manzanillo, Colima, México en noviembre de 2015, realizado con la colaboración de la Facultad de Ciencias Marinas-Universidad de Colima, el Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras; CUCSur-Universidad de Guadalajara, la Dirección de Acuicultura y Pesca, la Secretaría de Desarrollo Rural-Gobierno del Estado de Colima y el Centro Regional de Investigación Pesquera de Manzanillo-INAPESCA. Como parte de los trabajos del taller se establecieron 18 criterios generales que desde el punto de vista del GE son los criterios generales más importantes para el desarrollo de la acuicultura (tabla 1).

El GE completó matrices de comparación pareada diseñadas según la propuesta de Saaty (1980). La determinación del peso de los criterios se realizó a partir de la aplicación de la técnica de AHP, al comparar la importancia relativa de los criterios para realizar el proceso de ponderación con los resultados, obteniendo la media geométrica.

El método AHP se caracteriza por su flexibilidad, que facilita la comprensión de los problemas. Esto permite llevar a cabo un proceso ordenado y gráfico de las etapas requeridas en la toma de decisiones (Grajales Quintero, Serrano Moya, & Von-H., 2013); por otro lado, la limitación que plantea el uso del AHP es el número de elementos que pueden compararse simultáneamente –número de Miller (7 ± 2)– (Berumen & Llamazares Redondo, 2007). Los psicólogos del conocimiento han comprobado empíricamente que los humanos no somos capaces de comparar simultáneamente más de 7 ± 2 elementos, debido primordialmente a que aumenta el grado de inconsistencia lógica (Escobar Urmeneta & Moreno Jiménez, 1997).

Evaluación multicriterio

Para confrontar la magnitud relativa de un criterio sobre otro, se emiten juicios de valor que se reflejan de forma numérica. Estos valores (juicio de valor-numérico), se delimitan en la escala fundamental del AHP (tabla 2).

Tabla 2

Escala fundamental de Saaty (1997)

Calificación numérica	Escala verbal de la preferencia	Definición
1	Igual	Ambos elementos son de igual importancia
3	Moderada	Moderada importancia de un elemento sobre otro
5	Fuerte	Importancia fuerte de un elemento sobre otro
7	Muy fuerte	Importancia demostrada de un elemento sobre otro
9	Extrema	Importancia absoluta de un elemento sobre otro
2, 4, 6, 8	Términos medios	Valores intermedios, que se emplean para expresar preferencias que se encuentran entre dos de las anteriormente indicadas.
2	Igual-Moderada	Importancia entre igual y moderada de un elemento sobre otro
4	Moderada-Fuerte	Importancia moderada y fuerte de un elemento sobre otro
6	Fuerte-Muy Fuerte	Importancia entre fuerte y muy fuerte de un elemento sobre otro
8	Muy Fuerte-Extrema	Importancia entre muy fuerte y extrema de un elemento sobre otro

Nota: Elaboración propia.

RESULTADOS

En primera instancia el GE determinó los siete criterios más importantes, mismos que se presentan en la tabla 3.

Una vez que el GE identificó los siete criterios que permitieron determinar apropiadamente la aptitud, se construyó la matriz y se procedió con la aplicación de comparaciones pareadas en una matriz de 7 x 7 (tabla 4).

Completada la matriz de comparaciones pareadas se procedió a sintetizar los juicios reflejados en ella, para obtener un único valor numérico que determine la preponderancia de cada elemento comparado. Para obtener las prioridades a partir de los juicios dados en la matriz de comparaciones $m \times m$ se empleó un método de estandarización y se obtuvo la matriz normalizada de acuerdo con Saaty (1990) (tabla 5).

Tabla 3

Identificación de los criterios más importantes para el desarrollo acuícola en el Pacífico Central Mexicano

Número	Criterio
1	Tipo de agua
2	Temperatura
3	Calidad de los organismos alevines/postlarvas
4	Sistema de cultivo
5	Textura de suelo
6	Nivel de tecnología
7	Administración eficiente

Nota: Elaboración propia.

Tabla 4

Matriz de criterios

CRITERIO	Agua	Temperatura	Calidad de organismos	Sistema de cultivo	Tipo de suelo	Nivel de tecnología	Administración eficiente
Agua	1	3	3	5	7	7	9
Temperatura	0	1	2	3	5	5	7
Calidad de Organismos	0	1	1	3	5	7	9
Sistema de cultivo	0	0	0	1	3	3	5
Tipo de suelo	0	0	0	0	1	3	3
Nivel de tecnología	0	0	0	0	0	1	3
Administración eficiente	0	0	0	0	0	0	1
Sumatoria	2.3	5.4	6.8	12.9	21.7	26.3	37.0

Nota: Elaboración propia.

Tabla 5

Matriz normalizada

	Agua	Temperatura	Calidad de organismos	Sistema de cultivo	Tipo de suelo	Nivel de tecnología	Administración eficiente
Agua	0.500	0.600	0.442	0.384	0.318	0.269	0.243
Temperatura	0.166	0.200	0.285	0.230	0.227	0.192	0.189
Calidad de organismos	0.166	0.100	0.142	0.230	0.227	0.269	0.243
Sistema de cultivo	0.100	0.066	0.047	0.076	0.136	0.115	0.135
Tipo de suelo	0.071	0.040	0.028	0.025	0.045	0.115	0.081
Nivel de tecnología	0.071	0.040	0.020	0.025	0.015	0.038	0.081
Administración eficiente	0.055	0.028	0.015	0.015	0.015	0.012	0.027

Nota: Elaboración propia.

Tabla 6
Vector resultante y valores de los criterios

Criterios	Vector	Ponderación
Agua	0.39389615	0.384
Temperatura	0.21313139	0.207
Calidad de organismos	0.19714854	0.192
Sistema de cultivo	0.09687031	0.094
Textura de suelo	0.05822303	0.056
Nivel de tecnología	0.04173884	0.040
Administración eficiente	0.02434052	0.023

Nota: Elaboración propia.

Tras obtener la matriz normalizada se generó la prioridad relativa o vector resultante de cada uno de los elementos comparados, promediando cada una de las filas de la matriz normalizada y del peso estandarizado (Saaty, 1990) (tabla 6).

Cuando se presentan jerarquías en las que hay criterios y subcriterios, las prioridades de los primeros se determinan en función del objetivo y tienen los valores más elevados, posteriormente se realizaron las matrices de comparaciones de los segundos que están relacionados con determinado criterio para obtener las prioridades relativas de cada subcriterio, y así determinar cómo afectan al objetivo (Saaty 1980). Una vez establecidos los criterios más representativos por el GE, se adjudicaron para los mismos los intervalos o condiciones óptimas de estos en categorías de subcriterios, y quedaron representados como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7
Subcriterios

Criterios	Subcriterios		
Tipo de agua	Dulce	Salada	Salobre
Temperatura (°C)	18-24.99	25-32.99	33-42
Calidad de organismos	Sobrevivencia	Velocidad de crecimiento	Talla máxima alcanzada
Tipo de sistema de cultivo	Extensivo	Semiintensivo	Intensivo
Textura de suelo	Limo-arcilloso	Arcillo-arenoso	Gravoso con afloramiento rocoso
Nivel de tecnología	Inversión y tiempo de recuperación	Disponibilidad y servicios técnicos	Beneficios ambientales
Administración eficiente	Incremento de producción	Disminución de insumos	Mejora de la calidad

Nota: Elaboración propia.

Para determinar la prioridad de cada uno de los subcriterios, se realizaron las matrices de comparación y se obtuvo la prioridad relativa de cada alternativa respecto al criterio/subcriterio correspondiente (Saaty, 1997). Una vez elaboradas las matrices de comparación pareada se procedió

a normalizar las matrices con las que se obtiene la prioridad relativa o vector del subcriterio de cada uno de los elementos comparados, al calcular el promedio de cada una de las filas de la matriz normalizada (tabla 8).

Tabla 8

Vectores de los subcriterios

Criterios	Subcriterios y su vector		
Tipo de agua	Dulce 0.1062	Salada 0.6334	Salobre 0.2605
Temperatura	18-24 °C 0.2605	25-32 °C 0.6334	33-42 °C 0.1062
Calidad de organismos	Sobrevivencia 0.6334	Velocidad de crecimiento 0.2605	Talla máxima alcanzada 0.1062
Tipo de sistema de cultivo	Extensivo 0.1931	Semiintensivo 0.7235	Intensivo 0.0833
Textura de suelo	Limo-arcilloso 0.2605	Arcillo-arenoso 0.6333	Gravoso con afloramiento rocoso 0.1061
Nivel de tecnología	Inversión y tiempo de recuperación 0.2605	Disponibilidad y servicios técnicos 0.6333	Beneficios ambientales 0.1061
Administración eficiente	Incremento de producción 0.6333	Disminución de insumos 0.1061	Mejora de la calidad 0.2605

Nota: Elaboración propia.

Se observaron consistencias en las respuestas u opiniones del GE; con ellas se calcularon los pesos específicos de los criterios. Uno de los grandes atributos del AHP es que permite evaluar el grado de consistencia del GE a la hora de introducir los juicios en las matrices recíprocas de comparaciones pareadas (Moreno Jiménez, 2002). En el AHP se dice que el decisor es consistente, si la matriz de comparaciones pareadas lo es, esto es, si verifica que $a_{ij} a_{jk} = a_{ik}$, $\forall i, j, k$. para evaluar la consistencia del decisor se calcula la denominada razón de consistencia (RC), que viene dada como el cociente entre el índice de consistencia (IC) y el índice de consistencia aleatorio (ICA) (Moreno Jiménez, 2002), esto es:

$$RC = IC/ICA(n)$$

$$\text{Donde: } IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{1}{n(n - 1)} \sum_{i \neq j}^n (e_{ij} - 1)$$

siendo $e_{ij} = a_{ij} w_j / w_i$ y el ICA es el índice de consistencia medio obtenido al simular aleatoriamente los juicios para las matrices recíprocas de orden n. Los valores del índice de consistencia aleatorio para los diferentes n (Masud & Ravindran, 2008), son los que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Índice de consistencia aleatoria

No. de elementos comparados	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice aleatorio de consistencia	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Nota: Tomado de Masud y Ravindran (2008).

En la práctica suelen darse por buenas razones consistencias inferiores a 10%. Si la razón de consistencia supera ese umbral se recomienda revisar los juicios y corregir el que más se separa de la razón dada por las prioridades relativas correspondientes (comparar a_{ij} con w_i/w_j), de acuerdo con Saaty (1997).

Determinación de consistencia en resultados de matriz de criterios

$$RC=IC/ICA \quad IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad IC = \frac{14.29 - 7}{7 - 1} = 1.215 \quad IC = 1.215$$

$$ICA = 1.32 \text{ (Toscano \& Hurtado, 2005, en Masud \& Ravindran, 2008)}$$

$$\frac{IC}{ICA} = \frac{1.215}{1.32} = 0.92 \quad RC = 0.92$$

Valor de la inconsistencia

Para valores de inconsistencia iguales o menores a 0.10 se considera que la consistencia de las comparaciones es aceptable, por lo que las prioridades obtenidas son válidas y justificadas para tomar una decisión. Dentro de cada criterio se estimó el peso específico de cada subcriterio utilizado en la evaluación (tabla 8). En los resultados se observa que el agua salada cuenta con peso específico de 0.24, la temperatura fluctúa entre 25 y 32 °C con valor de 0.13, y la sobrevivencia de los organismos un peso específico de 0.12 (tabla 8). Estos tres subcriterios conforman un valor de peso específico de 0.49.

En cuarto lugar como subcriterio importante nuevamente se encuentra el agua, pero ahora de tipo salobre con un valor de 0.10 y en quinto lugar, se ubicó el subcriterio de sistema de cultivo semiintensivo con valor de 0.06. Los vectores resultantes de los subcriterios también mostraron consistencia lógica en las valoraciones, ya que se obtuvo un índice de Inconsistencia lógica de 0.07 que se encuentra dentro de los límites óptimos definidos por Saaty (1980).

DISCUSIÓN

La delimitación de criterios para dar soluciones a problemas basados en las recomendaciones del GE en temas específicos es cada vez más usual, cuenta con la misma consideración que una entrevista, encuesta o una prueba pedagógica (Niño Rojas, 2011). Las normas con base en las experiencias de los expertos ocupan un lugar significativo entre los actuales métodos de investigación; sin embargo,

la utilización del GE en la toma de decisiones y/o generación de criterios indica que tienen un papel importante en el remedio del problema (Lao-León, Pérez-Pravia, & Marrero-Delgado, 2016). La solución depende totalmente de la preparación y el conocimiento de los expertos seleccionados, por lo cual resulta imprescindible realizar un apropiado proceso de selección que asegure la mayor confiabilidad posible en los resultados a obtener (Cruz Ramírez & Martínez Cepena 2012).

En el presente trabajo, durante la exposición de ideas y debate, se pudo observar que la tendencia de las elecciones, razonamientos y preferencias entre el GE fueron en general homogéneas. En el inicio de los trabajos, por mencionar algunos, la opinión de un representante del sector gubernamental consideró más importante el criterio de acceso a la información sobre otros, argumentando que el inicio lógico para un proyecto acuícola es informarse de los requerimientos, tanto legales como de apoyo.

En otro caso, un productor consideró el criterio de nivel de tecnología como el más importante, argumentando que el mismo puede ayudar a definir la rentabilidad de un proyecto, además de incrementar la productividad. Además, un investigador consideró como el más importante en el orden jerárquico el criterio de sistema de cultivo; dicha preferencia fue argumentada desde el punto de vista de lo que se pretende lograr o producir y además de la especie a cultivar.

Todas las preferencias fueron argumentadas, analizadas y debatidas por todo el GE, definiéndose al final por la consideración colectiva, determinada

con base en el conocimiento y experiencia grupal, lo que pone de manifiesto la bondad del AHP.

Dentro del grupo de trabajo pudieron observarse tres tipos de posicionamiento o perspectiva de análisis. El primero fue el establecido por el GE, con un enfoque orientado a los factores ambientales idóneos y reducción de estrés para las especies susceptibles de cultivo. El segundo fue conformado por productores, quienes definieron una postura más orientada hacia factores que influyen directamente en incrementos de talla, calidad y sobrevivencia de organismos. El tercero, conformado por funcionarios del sector acuícola, quienes definieron su postura sobre la importancia de dar cumplimiento a la normatividad con el fin de impulsar la actividad en general, mediante la gestión de recursos y capacitación en el uso de nuevas tecnologías.

Los diferentes enfoques y opiniones vertidos por el GE fueron un factor que enriqueció el debate entre sus integrantes, que dio como resultado una primera aproximación en la determinación de los criterios que se podrían considerar más importantes para el óptimo desarrollo de la actividad acuícola en el estado de Colima. No hay antecedente de que existan en México trabajos relativos a la determinación de criterios acuícolas, por lo que sería recomendable tomar esta información como base para futuros trabajos sobre el mismo tema con la intención de enriquecerlo, además de que sería interesante desarrollar criterios en esta temática para cada una de las especies acuícolas susceptibles de explotación comercial.

CONCLUSIONES

La técnica del AHP mostró tener utilidad para la evaluación de la importancia relativa de los criterios generados por la opinión del GE para un óptimo manejo acuícola; también permitió evaluar la consistencia lógica en la ponderación de los mismos. Sin embargo, es importante asegurarse de que en los GE participen personas con amplia experiencia y conocedoras del tema a evaluar.

Una de las ventajas del AHP como herramienta de apoyo es la posibilidad de incluir diferentes tipos de información, cualitativa y cuantitativa, en diferentes unidades de medida, lo cual facilita el análisis y la generación de índices sintéticos de evaluación de alternativas de manejo.

Los tres criterios más importantes fueron el de agua, temperatura y calidad de los organismos, que en conjunto reúnen un peso de 0.78. Los subcriterios de agua salada y agua salobre en conjunto representan un peso de 0.34, lo cual demuestra que el recurso agua es clave en la evaluación. La temperatura óptima para el cultivo oscila entre 25 ° y 32.99 °C, considerada como templada.

Los criterios de tipo de cultivo, textura de suelo, nivel de tecnología y administración eficiente en conjunto tienen un peso de 0.21, estableciendo que estos criterios se consideran de menor importancia, ya que existen medios y formas de solventarlos o adaptarlos.

La inclusión dentro de un GE de perfiles diversos como el de investigadores, productores y personal de gobierno equilibró las opiniones y los resultados obtenidos.

Sin importar el tipo de problemática que se está analizando, el AHP ha demostrado ser una herramienta poderosa y útil para ayudar en la toma de decisiones con múltiples criterios.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad de Colima por el apoyo brindado para la realización de los talleres, al Conacyt por la beca otorgada a Israel López-Poblete para realizar sus estudios de doctorado y al Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico (PASPA) de la UNAM por la beca sabática otorgada a Manuel E. Mendoza.

REFERENCIAS

- Acevedo Borrego, A., & Linares Barrantes, C. (2012). Criterios decisionales para la resolución de problemas. Un modelo de gestión del ingeniero industrial. *Industrial Data*, 15(2), 9-16. Recuperado de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/6366/5576>
- Arias Odón, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (5ª. ed.). Caracas, República Bolivariana de Venezuela: Episteme.
- Berumen, S. A., & Llamazares Redondo, F. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de Administración*, 20(34), 65-87. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cadm/v20n34/v20n34a04.pdf>
- Cruz Ramírez, M., & Martínez Cepena, M. C. (2012). Perfeccionamiento de un instrumento para la selección de expertos en las investigaciones educativas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 14(2), 167-179. Recuperado de <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/317>
- Escobar Urmeneta, M. T., & Moreno Jiménez, J. M. (1997). Problemas de gran tamaño en el proceso analítico jerárquico. *Estudios de Economía Aplicada*, 8, 25-40. Recuperado de https://ideas.repec.org/a/lrk/eeart/8_3_2.html
- Grajales Quintero, A., Serrano Moya, E. D., & Von-H., C. M. H. (2013). Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación. *Revista Luna Azul*, 36, 285-306. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n36/n36a14.pdf>
- Guarneros y Pérez, R. (2006). Análisis económico de la actividad pesquera y acuícola". En P. Guzmán Amaya & D. F. Fuentes Castellanos (Coords.), *Pesca, acuicultura e investigación en México* (pp. 145-156). México: Cámara de Diputados-Comisión de Pesca-CEDRSSA. Recuperado de <https://www.inapesca.gob.mx/portal/Publicaciones/Libros/2006-Pesca-Acuicultura-e-Investigacion-en-Mexico.pdf?download>
- Inzunza Montoya, A. (2014). La maricultura es la industria del futuro en México. *Cámara (Acuicultura. Alternativa para la seguridad alimentaria)*, 4(37), 13-18. Recuperado de <http://www5.diputados.gob.mx/index.php/esl/Comunicacion/Revista-Camara>
- Lao-León, Y. O., Pérez-Pravia, M. C., & Marrero-Delgado, F. (2016). Procedimiento para la selección de la Comunidad de Expertos con técnicas multicriterio. *Ciencias Holguín*, 22(1). Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181543577003>
- Masud, A. S., & Ravindran, A. R. (2008). *Multiple criteria decision making*. CRC Press. doi: 10.1201/9781420091830.ch5
- Moreno Jiménez, J. M. (2002). El proceso analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones. *RECT@. Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA (Serie Monografías)*, 1, 28-77.
- Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. Recuperado de <http://roa.ult.edu.co/bitstream/123456789/3243/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20DISENO%20Y%20EJECUCION.pdf>
- Pantoja, D. A., Maríneme, S. G., Parés-Sierra, A., & Gómez-Valdivia, F. (2012). Modelación numérica de la hidrografía y circulación estacional y de mesoescala en el Pacífico central mexicano. *Ciencias Marinas*, 38(2), 363-379. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802012000300003
- Rosales Inzunza, S., & Acevedo Valerio, V. A. (2012). Reflexiones para el diseño de una política acuícola exitosa en México. *Región y Sociedad*, 24(54), 63-96. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/regsoc/v24n54/v24n54a3.pdf>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic hierarchy process* (269 pp.). US: McGraw-Hill.
- _____ (1990). *Multicriteria decision making: The analytic hierarchy process*. Pittsburg, PA, US: RWS Publications.
- _____ (1997). *Toma de decisiones para líderes: el proceso analítico jerárquico. La toma de decisiones en un mundo complejo*. Pittsburg, PA, EE. UU.: RWS Publications.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (9 de septiembre de 2013). Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5313326&fecha=09/09/2013

Conceptualización, manejo y monitoreo de áreas naturales protegidas en México: Caso Reserva Estatal Sierra Monte Negro, Morelos

Conceptualization, management and monitoring of natural protected areas of Mexico: Case Sierra Monte Negro State Reserve, Morelos

Gustavo Emmanuel Vázquez-Márquez*, Adán Guillermo Ramírez-García**,
María Isabel Palacios-Rangel*, Alejandro Ismael Monterroso-Rivas***✉

Vázquez-Márquez, G. E., Ramírez-García, A. G., Palacios-Rangel, M. I., & Monterroso-Rivas, A. I. (2020). Conceptualización, manejo y monitoreo de áreas naturales protegidas en México: Caso Reserva Estatal Sierra Monte Negro, Morelos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 24-35.

RESUMEN

Las áreas naturales protegidas (ANP) gestionan los recursos naturales con el fin de preservarlos mediante estrategias de conservación acordes a las características del área. En este estudio se evaluó el diseño, la gestión y monitoreo de la Reserva Estatal Sierra Monte Negro en el estado de Morelos, México, mediante el uso de variables cualitativas de los estándares abiertos para la conservación y estructuradas de acuerdo con lo sugerido en la evaluación del diseño de CONEVAL. Se encontró que la conceptualización, gestión y monitoreo alcanzaron un grado medianamente satisfactorio, presentando

Palabras clave: CONEVAL; conservación; estándares abiertos; ANP; indicadores; planeación.

Keywords: CONEVAL; conservation; open standards; NPAs; indicators; planning.

Recibido: 12 de noviembre de 2018 Aceptado: 13 de agosto de 2019

* División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 carretera México-Texcoco, C. P. 56230, Chapingo, Estado de México, México. Correo electrónico: gtvv@outlook.es; marisa@ciestaam.edu.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7587-5894>; <http://orcid.org/0000-0001-9382-863x>

** Centro Regional Universitario del Noroeste, Universidad Autónoma Chapingo. Colima 163, Cajeme, C. P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México. Correo electrónico: aguillermoramirezgarcia@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1711-5942>

*** Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 carretera México-Texcoco, C. P. 56230, Chapingo, Estado de México, México. Correo electrónico: aimrivas@correo.chapingo.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4348-8918>

✉ Autor para correspondencia

vacíos importantes como la declaratoria de una visión general, la identificación clara y priorización tanto de los objetos de conservación como de las amenazas directas, la ambigüedad de metas, estrategias y objetivos, y la carencia de indicadores para el monitoreo. Los resultados permitirán mejorar la planeación del manejo en las ANP.

ABSTRACT

Natural protected areas (NPAs) manage natural resources in order to preserve them through conservation strategies according to the characteristics of the area. In this study the Sierra Monte Negro State Reserve located in the state of Morelos, Mexico, was evaluated in its design, management and monitoring, using qualitative variables from the open standards for the practice of conservation and structured according to the evaluation of the design of CONEVAL. It was found that the conceptualization, management and monitoring reached a moderately satisfactory degree, presenting important gaps such as the declaration of a general vision, the clear identification and prioritization of conservation objects and direct threats, the ambiguity of goals, strategies and objectives, and the lack of indicators for monitoring. The results will improve the management planning process at NPAs.

INTRODUCCIÓN

En México las áreas naturales protegidas (ANP), sin importar la modalidad que adopten, constituyen

el instrumento más importante en la política de conservación y manejo de los recursos naturales territoriales. Según Riemann, Santes-Álvarez y Pombo (2011) la primera se creó en 1917, la cantidad de las mismas incrementaría durante el periodo del presidente Lázaro Cárdenas (1934-1940) y se conformaría en una expresión de la política ambientalista gubernamental a partir de 1970, etapa en la cual se intensificaría su número; representan espacios marítimos o terrestres con ecosistemas no alterados de forma significativa por actividades humanas. Debido a la función que desempeñan están sujetas a políticas de protección, restauración y desarrollo a través de un decreto que define el tipo de ANP de acuerdo a la legislación ambiental (Presidencia de la República, 1988).

Dudley (2008) las define como espacios geográficos bien delimitados, con reconocimiento, dedicados y gestionados por medios legales u otros tipos eficaces, para buscar alcanzar la conservación a largo plazo de la naturaleza y sus servicios ecosistémicos, así como de los valores culturales asociados al desarrollo territorial en el ámbito local. De acuerdo con Cantú-Martínez (2018), la necesidad de crear espacios de preservación de la biodiversidad de los ecosistemas naturales se relaciona con el hecho de que estos conforman un valioso capital natural cuyo valor económico, social y ecológico resulta invaluable y los costos de oportunidad ante la desaparición paulatina de recursos naturales resulta ser un factor cuya valoración prospectiva aún resulta escasamente previsible.

En México su relevancia es especial debido a su naturaleza de país megadiverso (SRE, 2013). La preservación de dichos espacios requiere de un manejo integral que cubra las exigencias sociales y se adapte a las características particulares de cada ANP (CONANP, 2016). Para lograrlo es necesario plantear estrategias de conservación realistas e implementarlas de forma correcta (Foundations of Success, 2007), y articular de forma nítida y precisa los objetivos de conservación que sustentan su programa institucional con las intenciones y requerimientos de las comunidades, de ahí que un aspecto clave en esta alianza sea la elaboración clara y oportuna de los programas de manejo, así como una periódica evaluación de sus instrumentos de planificación (Binnqüist Cervantes, Chávez Cortés, & Colín Castro, 2017).

Los diferentes tipos y métodos de evaluación instrumentados no han permitido establecer una metodología estándar para estimar los diversos aspectos dentro de un ANP. Existen trabajos como los de la Alianza para las Medidas de Conservación (2013), Ervin (2003), Hockings, Stolton, Leverington, Dudley y Courrau (2006) y Stolton et al. (2007) que han sido utilizados como referentes en el diseño de metodologías formuladas con tal fin.

En México se han realizado esfuerzos para conocer el manejo de las ANP. En ese sentido, Binnqüist Cervantes et al. (2017) evaluaron el programa de manejo del Parque Nacional Huatulco; a su vez Figueroa, Sánchez-Cordero, Illoldi-Rangel y Linaje (2011) valoraron la efectividad de las acciones emprendidas para contener procesos de cambio de uso de suelo y vegetación en ANP; por su parte, Valenzuela-Galván y Vázquez (2009) analizaron la red nacional de estas áreas para garantizar la representatividad de la riqueza de especies de mamíferos de México; Polanco Trujillo y Gutiérrez Aguirre (2013) en un estudio más focalizado midieron la efectividad de las ANP de Quintana Roo, mientras que Mas (2005) lo hizo para la Reserva de la Biósfera Calakmul, en una investigación comparativa centrada en el cambio de uso de suelo como factor de impacto dentro y fuera de ese entorno.

Evaluar a las ANP es relevante debido a la enorme riqueza de recursos y experiencia de manejo contenidos en su entorno, la calidad de métodos y técnicas utilizadas para su valoración deben constituir una herramienta que coadyuve en la conformación de estrategias de preservación de los recursos naturales, tanto en ámbitos de desarrollo local como para el país en su conjunto, lo cual determina que la misma debe ser fortalecida a fin de conservar la riqueza biológica y cultural presente en un territorio (Jiménez Sierra et al., 2014) que integra en una superficie protegida en el país equivalente a 90.8 millones de hectáreas, lo que incluye poco más de 22% de las zonas marinas y costeras y 16% de la superficie terrestre en el país (Del Mazo, 2017), con lo cual se alcanza la meta 11 de Aichi (Convention on Biological Diversity, 2013).

Sin embargo, en la actualidad poco se sabe del desempeño de las ANP, así como del éxito o fracaso de las estrategias de conservación instrumentadas. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar y discutir la conceptualización, manejo y monitoreo

de la Reserva Estatal Sierra Monte Negro (RESMN), entorno territorial ubicado en el estado de Morelos, México. La hipótesis en que se sustentó es que gran parte de los problemas que presenta la ANP se relacionan con vacíos importantes en la estructura actual con que opera, lo que dificulta su funcionamiento interno y resta eficiencia en el manejo, lo que afecta significativamente el cumplimiento de los objetivos y metas establecidos.

Para lograr lo anterior se formularon variables cualitativas seleccionadas a partir del método de Estándares abiertos para la práctica de la conservación 3.0 (en adelante Estándares abiertos) (Alianza para las Medidas de Conservación, 2013) y estructuradas conforme a los términos de referencia de evaluación del diseño del CONEVAL (2017). En la selección del caso de estudio se consideraron relevantes las características que posee esta ANP; la primera, su cercanía con zonas urbanas, mismas que impactan de forma diversa las actividades de conservación y manejo del acervo natural que contiene este entorno territorial; la segunda, la función que desempeña la RESMN como abastecedora de servicios ambientales orientados a mejorar la calidad ambiental de las ciudades ubicadas en las inmediaciones del ANP; un tercer aspecto tiene que ver con el rol que desempeña como corredor biológico y su valor como relicto mejor conservado de selva baja caducifolia en el centro del estado de Morelos; un último aspecto que se consideró es que esta ha sido considerada ejemplo entre las ANP de carácter estatal en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Un área natural protegida es definida geográficamente que ha sido designada o regulada y administrada para alcanzar objetivos específicos de conservación (Gillespie, 2009). La zona estudiada se ubica en los municipios de Emiliano Zapata, Tlaltizapán, Yautepec y Jiutepec (figura 1). Cuenta con una superficie total de 7,538 ha, de las cuales 4,521 corresponden a la zona de amortiguamiento y 3,017 a la zona núcleo (Decreto por el que se reforman..., 22 de mayo de 2008). La RESMN es una ANP de carácter estatal, sujeta a la legislación local (Presidencia de la República, 1988).

En esta ANP se conserva principalmente selva baja caducifolia y algunas porciones de bosque de galería y bosque de encino como pequeños manchones en la parte norte. En la reserva se encuentran especies con distintas afinidades biogeográficas y, por ende, una riqueza biológica importante (Contreras MacBeath et al., 2004).

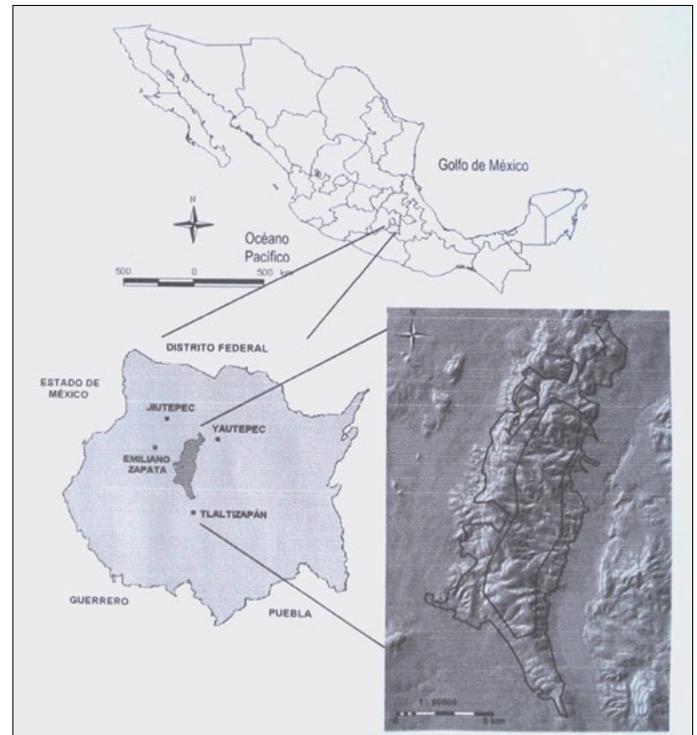


Figura 1. Ubicación de la Reserva Estatal Sierra Monte Negro. Fuente: Programa General de Manejo (2010).

Método

El método propuesto integra dos enfoques. Por un lado, el método denominado Estándares abiertos, de la Alianza para las Medidas de Conservación (2013) y la evaluación de diseño del Consejo Nacional de Evaluación (CONEVAL, 2017) para ordenar y valorar la información. Este procedimiento general consiste en los siguientes pasos:

1. Selección de las etapas a evaluar de acuerdo con lo sugerido en los Estándares Abiertos: diseño o conceptualización, gestión y monitoreo
2. Elección de los indicadores para cada uno de los aspectos a evaluar
3. Definición de los parámetros para evaluar cada variable

Tabla 1

Etapa e indicadores utilizados en la evaluación del ANP

Etapa	Indicador	Descripción de los elementos evaluados	Rango calificación
Diseño o Conceptualización	Propósito	Situación que dio origen al proyecto de conservación	0 – 4
	Equipo	Recursos humanos disponibles y actores involucrados	0 – 4
	Alcance	Elementos que recibirán el impactos de las acciones de conservación	0 – 4
	Visión	General, visionaria, breve	0 – 4
	Objetos de conservación	Elementos seleccionados que representan y abarcan la biodiversidad bajo protección	0 – 4
	Amenazas críticas	Elementos que afectan de forma directa y negativa a los objetos de conservación	0 – 4
	Contexto social	Análisis de las exigencias y necesidades de los actores principales	0 – 4
Manejo	Programa de manejo	Estructura y actualidad del PGM	0 – 4
	Metas	Orientada a resultados, medible, limitada en el tiempo, específica, práctica	0 – 4
	Estrategias	Vinculada, enfocada, factible, apropiada	0 – 4
	Objetivos	Vinculados a los objetos de conservación, orientado a impacto, medible, limitado en tiempo, específico	0 – 4
	Plan operativo	Estructura del mismo y los detalles de recursos necesarios	0 – 4
Manejo	Presupuesto	Programación del presupuesto y características del desembolso	0 – 4
	Capacidad de gasto	Referente a los gastos oportunos, programación de gastos, informes de ejecución de presupuesto	0 – 4
	Nivel de ejecución del plan	Número de actividades programadas y el número de actividades realizadas	0 – 4
Monitoreo	Indicadores	Medible, preciso, consistente, sensible	0 – 4
	Métodos de medición	Exacto, confiable, costo-efectivo, viable, apropiado	0 – 4
	Usar, analizar y adaptar	Recopilación, manejo y uso de la información generada de las experiencias del manejo	0 – 4
	Seguimiento	Periodicidad y estructura de las evaluaciones	0 – 4
	Rendición de cuentas	Se refiere a los canales de comunicación sobre el progreso del proyecto	0 – 4

Nota: Elaborada con base en una adaptación del enfoque metodológico *Estándares abiertos para la práctica de la conservación* (Alianza Para las Medidas de Conservación, 2013).

4. Determinación de las fuentes de información
5. Construcción de la escala de valoración para cada variable (valores de cero a cuatro a cada parámetro)
6. Construcción de la escala de satisfacción para valorar el grado de satisfacción alcanzado
7. Evaluación de cada variable para asignar el valor de satisfacción alcanzado

Para evaluar cada aspecto (conceptualización, manejo y monitoreo) se utilizaron variables cualitativas descritas en los estándares abiertos. En la tabla 1 se presentan los indicadores utilizados en la evaluación del ANP. La información utilizada para valorar cada indicador se obtuvo de documentos oficiales, como el Decreto del ANP, Programa General de Manejo (PGM), reportes acerca del programa de

control y erradicación de la flora y fauna exótica, programa de restauración, programa de manejo de fuego, programa de educación ambiental y programa de inspección y vigilancia. De igual manera, se revisaron artículos publicados en revistas científicas con la finalidad de identificar los métodos, técnicas y resultados obtenidos (Castro Franco, CONABIO, & Careaga Olvera, 2018; García Flores, 2018; Reyna Rojas, García Flores, Neri Castro, Alagón Cano, & Monroy Martínez, 2015). Se examinaron documentos que abordan la legislación actual del estado de Morelos (CEAMA-CONABIO, 2003; Congreso del estado de Morelos, 2001; UAEM-SEMARNAT, 2013) y los elaborados por la Federación en materia de ANP (CONANP, 8 de enero de 2015; Presidencia de la República, 1988). Se corroboró la información de fuentes documentales mediante entrevistas no estructuradas con el personal de la RESMN que se llevaron a cabo entre los meses de marzo y agosto de 2018; se revisaron los documentos digitales sobre la RESMN, publicados en la página web de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del estado de Morelos (SDS, s. f. a) y su blog oficial (SDS, s. f. b).

Escala de evaluación

Se estableció una escala de evaluación para cada indicador a partir de valores que van de cero cuando no se apreció existencia de dicho atributo, hasta cuatro para la máxima calificación de cumplimiento. Mediante suma algebraica simple se obtuvo la calificación máxima de cada etapa evaluada: la calificación máxima para el diseño del plan de manejo fue 28, para la gestión del ANP fue 32 y para el monitoreo del ANP fue 20.

Se sumó el puntaje de todas las variables (80 puntos máximo) para calcular el porcentaje obtenido por cada aspecto respecto a la calificación máxima posible. Para juzgar el nivel de satisfacción se realizó una escala que indica el nivel de satisfacción alcanzado de acuerdo con el porcentaje obtenido de la puntuación máxima de cada aspecto. En la tabla 2 se presenta la escala de satisfacción posible a obtener de acuerdo con el porcentaje alcanzado por cada aspecto.

Tabla 2

Grado de satisfacción o cumplimiento y equivalencia utilizada en la evaluación global del ANP

Cumplimiento	Equivalencia (%)
Altamente satisfactorio	81-100
Satisfactorio	61-80
Medianamente satisfactorio	41-60
Insatisfactorio	21-40
Altamente insatisfactorio	0-20

Nota: Elaborada con base en Cifuentes et al. (2000).

RESULTADOS

La RESMN alcanzó un nivel medianamente satisfactorio (41-60%) en la conceptualización, manejo y monitoreo. En la tabla 3 se pueden observar los porcentajes de cumplimiento alcanzado.

Aunque el nivel de satisfacción en los tres aspectos es el mismo, el porcentaje de monitoreo fue el menor de los tres aspectos evaluados (45%), debido a la falta de indicadores y métodos de medición para conocer el estado de los objetos de conservación.

Tabla 3

Grado de satisfacción o cumplimiento de cada etapa y general

Etapa	Puntuación alcanzada	Puntuación máxima	Porcentaje alcanzado	Cumplimiento
Conceptualización	15	28	53	Medianamente satisfactorio
Manejo	19	32	56	Medianamente satisfactorio
Monitoreo	9	20	45	Medianamente satisfactorio
General	43	80	53	Medianamente satisfactorio

Nota: Elaborada con base en Cifuentes et al. (2000).

En la figura 2 se puede observar el puntaje alcanzado por cada variable correspondiente a monitoreo y manejo.

El porcentaje mayor (56%) lo obtuvo la gestión de la reserva, ya que ha cumplido con todas las variables evaluadas; sin embargo, en este apartado

se observan vacíos importantes en los objetivos, metas y estrategias. Sobre la conceptualización, en la figura 3 se observa carencia de una visión general y se recalcan las puntuaciones bajas en objetos de conservación y amenazas críticas que afectan a los objetos de conservación.

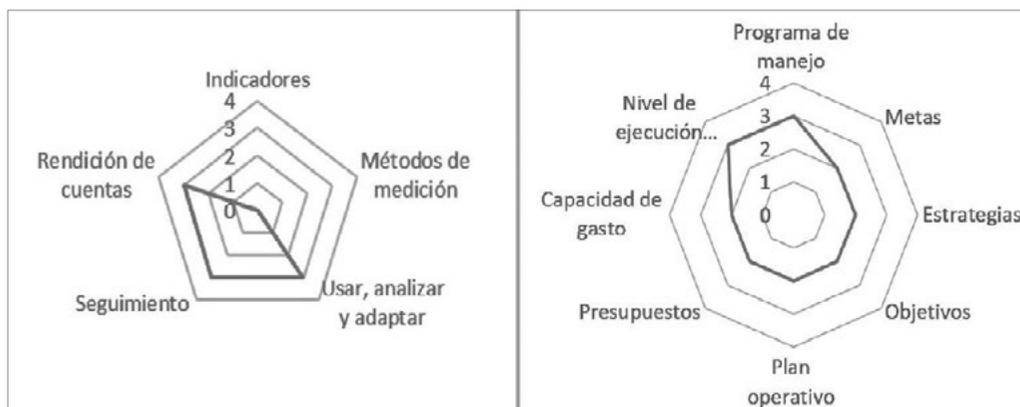


Figura 2. Valoración del monitoreo (izquierda) y manejo (derecha). Elaboración propia.



Figura 3. Valoración de la Conceptualización. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Conceptualización

El propósito de la RESMN está justificado a nivel estatal y nacional (CEAMA-CONABIO, 2003; CONANP, 8 de enero de 2015; SEMARNAT, 2013); cuenta con un diagnóstico de causas, efectos y población que enfrenta el deterioro de la última zona mejor

conservada de SBC en la zona centro de Morelos (UAEM-SEMARNAT, 2013). La RESMN posee un equipo administrativo con formación académica y experiencia adecuada para el manejo del ANP, pero el equipo de tiempo completo consiste en dos personas que reciben capacitación y apoyo de otras ANP estatales y cuentan con el apoyo de las comunidades; sin embargo, el personal es escaso y las múltiples funciones que desempeñan disminuyen la atención y tiempo invertido en cada acción emprendida, que por otra parte es un problema detectado en la mayoría de ANP alrededor del mundo (Leverington, Costa, Pavese, Lisle, & Hockings, 2010).

La RESMN contiene un área bien conservada (zona núcleo) conocida como Monte Negro (Decreto por el que se reforman..., 22 de mayo de 2008), los linderos del ANP son claros y comprenden el alcance del proyecto, pero aún existen problemas derivados de la zonificación del área como tala para leña, pastoreo en la zona núcleo y apertura de nuevas tierras de cultivo; aunque estas actividades constituyen la subsistencia de las poblaciones rurales (Reyes Grande, 2015). Lo anterior es también causa de la considerable disminución de las áreas forestales dentro de la RESMN. El problema será resuelto con alternativas llanamente económicas para las poblaciones, sin que ello garantice el cumplimiento de los objetivos de conservación (Robles Zavala, 2014).

La RESMN carece de una visión que permita reconocer hacia dónde enfocar los esfuerzos y conformar una base de trabajo que empodere y comprometa a los actores involucrados (Sepúlveda, Estévez, & Silva Rodríguez, 2015). El contexto social descrito corresponde a los municipios circundantes y no refleja la situación de las comunidades dentro de la RESMN ni los intereses de los actores principales, de tal forma que no se reconocen los procesos sociales particulares de la RESMN que pueden derivar en el deterioro ambiental (Fernández Moreno, 2008). Por otra parte, no es posible identificar una iniciativa o liderazgo por parte de los actores que promuevan y faciliten el manejo dentro de la RESMN.

Los posibles objetos de conservación pueden encontrarse dispersos en documentos publicados acerca de la RESMN. Reyna Rojas et al. (2015) proponen elementos importantes de la herpetofauna; García Flores (2018) presenta los elementos de fauna silvestre de importancia alimenticia y su situación dentro de la RESMN; el INIFAP (2001) define

la situación de los elementos vegetales de importancia en la zona centro del estado, mientras que UAEM-SEMARNAT (2013) ofrece una lista de especies vegetales endémicas y en riesgo dentro del estado; sin embargo, no existe una priorización entre ellos, por lo que es necesario integrar una lista de ellos y asignar una prioridad (Chinchilla-Miranda, Secaira, & Lasch, 2010); que por otra parte permita definir especies indicadoras, emblemáticas, paraguas o bandera. Lo anterior aporta para la focalización del proyecto, que se pierde y dificulta el establecimiento de metas, estrategias y objetivos coherentes con las necesidades de la RESMN (Sepúlveda et al., 2015).

Las amenazas que enfrenta el ANP se encuentran descritas de forma general (Decreto por el que se reforman..., 22 de mayo de 2008), aunque el personal laboral identifica y conoce la distribución de dichas amenazas, no es posible encontrar un documento con la priorización de las mismas y su distribución exacta dentro de la RESMN y así enfrentar con orden las amenazas críticas (Groves et al., 2002). Problemas como la inseguridad, desconfianza hacia representantes de gobierno y las múltiples figuras de autoridad son amenazas que impiden la implementación del manejo, pero que no han sido integradas y que reivindican la complejidad del manejo ambiental (Azuela & Mussetta, 2009). Además, la falta de fuentes alternas de financiamiento (no gubernamentales y externas) representa una amenaza externa que condiciona la operatividad de la RESMN al escaso subsidio gubernamental.

Manejo

Derivado del juicio basado en los criterios de los estándares abiertos se puede afirmar que los objetivos no están vinculados a los objetos de conservación, no son medibles en relación con una escala estándar y no se fijan un límite de tiempo para su cumplimiento, mientras que las metas no son medibles con relación a una escala estándar, no establecen un tiempo para su cumplimiento y contemplan un contexto político, social y financiero idóneo, el cual no se ha manifestado positivamente. Por otra parte, las estrategias no guardan relación con los factores críticos y no son viables de acuerdo con los limitados recursos humanos y financieros del proyecto. Un reto importante para el establecimiento de objetivos, metas y estrategias es la especificación de los objetos de conservación o atributos, con el fin de garantizar una relación directa y coherente (Domínguez-Tejo & Metternicht, 2018). Se confirma en este estudio que el diseño de metas y objetivos es

una actividad que se pasa por alto en el desarrollo en los instrumentos de planeación.

El presupuesto operativo de la RESMN es designado por el gobierno estatal y administrado a través de la SDS de Morelos, a pesar de que el presupuesto es deficiente e indefinido, la RESMN observa ligera capacidad para vincularse con posibles fuentes de financiamiento. Estos fondos incluyen la gestión de proyectos financiados a través de programas de dependencias federales como SAGARPA, CONAGUA, CONAFOR y SEMARNAT, instancias estatales de gobierno como la Secretaría de Turismo y los gobiernos municipales. Autores como Balmford & Whitten (2003) opinan que la brecha del financiamiento para la conservación debe ser cubierto por entidades que reciben los mayores beneficios y no cubren los costos reales del impacto generado al ambiente.

Aunque la dirección de la RESMN gestiona y da seguimiento a los proyectos, es necesario que la administración reciba la capacidad legal para ejecutar directamente los proyectos de conservación con fondos gestionados; de otra forma la efectividad de las acciones de conservación dependerá totalmente de los subsidios (Binnqüist Cervantes et al., 2017). El elevado nivel de ejecución del Programa General de Manejo (PGM) se debe a que muchas de las actividades fueron establecidas en el corto plazo como medidas mínimas de operación de la RESMN, como el señalamiento de los límites, establecimiento de accesos controlados a la reserva, realización de brechas cortafuego, difusión de reglamento administrativo, identificación de áreas de restauración y reforestación.

Si bien los resultados de las acciones emprendidas no fueron considerados, algunas actividades no lograron los resultados esperados debido a factores no previstos, esto ilustra que el paradigma de prueba y error está vigente en el diseño de las actividades (Salafsky, Margoulis, & Redford, 2001); de esta forma, las actividades de reforestación distan de una estrategia de restauración ecológica más apropiada para una ANP. Además, las figuras de autoridad dentro de la ANP, como el comisariado ejidal o figuras gubernamentales como SAGARPA, PROFEPA, CONAGUA, CEAMA y SEDENA impiden ejercer ciertas actividades de conservación sin el consentimiento y procedimientos de las mismas, lo cual diluye la imagen de la RESMN y resta autoridad

frente a los actores principales (Binnqüist Cervantes et al., 2017), lo que provoca una evidente ausencia de gobernanza.

En general, el PGM promueve actividades productivas alternativas con menor impacto ambiental, como las apícolas, administración de actividades e instalaciones ecoturísticas (figura4), producción en vivero o reproducción de especies animales y vegetales comestibles y de ornato; sin embargo, estas nuevas actividades requieren de nuevas habilidades y capacidades que los actores involucrados no tienen (Riemann et al., 2011); si bien la RESMN tiene potencial para estas actividades, algunos factores externos como la oferta-demanda, estimulación y capacitación constante, impiden su desarrollo.



Figura 4. Atractivos ecoturísticos (ciclovia) que ofrece la RESMN. Fuente: Secretaría de Desarrollo Sustentable del estado de Morelos (s. f. a).

El plan operativo bajo el cual funciona la RESMN se realiza mediante el supuesto de establecer más acciones que en el año anterior, ya sean más programas de apoyo, beneficiados, hectáreas reforestadas, recorridos de vigilancia. Solo el programa de restauración cuenta con un indicador de efectividad de la restauración a través de la medición de

la sobrevivencia de plantas en campo. Lo anterior sugiere que la planeación carece de elementos necesarios para consolidar un plan proactivo, en especial por la ambigüedad de las metas, objetivos y estrategias que son elementos importantes que guían las acciones de conservación.

Monitoreo

El monitoreo en la RESMN no cuenta con indicadores establecidos y, por tanto, carece de metodologías para su evaluación. Si bien la RESMN reúne frecuentemente información sobre los proyectos emprendidos, estos reportes no reflejan impactos directos en la conservación del ANP, por ejemplo, el número de alumnos atendidos por el programa de educación ambiental, actividades por el día de la Tierra, día mundial del ambiente, número de visitantes de la ciclovía comunitaria del programa de ecoturismo; aunque son parte de las estrategias de conservación indirecta, no refieren el avance en las metas de conservación.

Este es uno de los vacíos que debe cubrir urgentemente la RESMN a fin de detectar las acciones que están funcionando y corregir las que no (Salafsky et al., 2001); por lo que los administradores de la RESMN deberán decidir entre invertir en el programa de monitoreo o seguir con las acciones sin el monitoreo, considerando la existencia de amenazas claramente definidas hacia los objetos de conservación o teniendo en claro que las actividades emprendidas tienen un impacto real en las amenazas (Salzer & Salafsky, 2006).

Por otra parte, la rendición de cuentas obedece a la jerarquía organizacional dentro de la SDS y se ofrece al público en general, ya que existen vías de comunicación bien establecidas pero no existen canales de retroalimentación con otras áreas, a pesar de que se han llevado a cabo los primeros intentos para el desarrollo de la Red de Sistemas Estatales de Áreas Naturales Protegidas; la divulgación se presenta de manera interna en los centros educativos de las comunidades que conforman la

RESMN, aunque de forma externa se encuentra casi de forma ausente o como parte de la promoción política.

En lo referente a la recolección, análisis y uso que se da a los conocimientos, experiencias e información obtenida a través del manejo, no se encontró documentación de su existencia ni de las condiciones que dieron paso al éxito o fracaso de una acción instrumentada; esta documentación contribuirá con la identificación de las limitantes que impiden la implementación de actividades y servirá para adaptar las futuras estrategias (Ringold et al., 1996). La adaptación se basa en la información obtenida del monitoreo a fin de cambiar los supuestos e intervenciones (Salafsky et al., 2001); en este caso se encontraron los plazos y métodos definidos para realizar cambios a la planeación; sin embargo, no se han realizado por el retraso en la instrumentación del plan de manejo y por la falta de tiempo ante la carencia de recursos humanos y económicos.

CONCLUSIONES

Este estudio permitió reconocer los vacíos en la estructura y funcionamiento interno de la RESMN que, en conjunto con la carencia de recursos, generan una situación de poca claridad y ausencia de gobernanza en el manejo del ANP. El estudio sugiere acortar las brechas señaladas para aportar claridad al proyecto de conservación. La priorización y focalización de las acciones en los objetos de conservación y sus amenazas críticas deberían ayudar ante la carencia de recursos financieros y humanos. Cabe señalar que mucha de la información que se requiere para acortar las brechas es conocida por el personal de la RESMN; sin embargo, no se ha documentado (información, experiencias y conocimientos aprendidos). Es urgente actualizar y reforzar los documentos rectores de manejo de la RESMN a fin de integrar nuevos paradigmas de manejo e incorporar las valiosas experiencias obtenidas en los años de manejo de la Reserva Estatal Sierra Monte Negro.

REFERENCIAS

- Alianza para las Medidas de Conservación. (2013). *Estándares abiertos para la práctica de la conservación* (Versión 3.0, 59 pp.). Recuperado de www.conservationmeasures.org
- Azuela, A., & Mussetta, P. (2009). Algo más que el ambiente. Conflictos sociales en tres áreas naturales protegidas de México. *Revista de Ciencias Sociales*, 1(16), 191-215. Recuperado de <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/1277>
- Balmford, A., & Whitten, T. (2003). Who should pay for tropical conservation, and how could the costs be met? *Oryx*, 37(2), 238-250. doi: 10.1017/S0030605303000413
- Binnqüist Cervantes, G. S., Chávez Cortés, M., & Colín Castro, G. (2017). Evaluación del programa de conservación y manejo del Parque Nacional Huatulco. *Política y Cultura*, 47, 167-199. Recuperado de <https://polcul.xoc.uam.mx/index.php/polcul/article/view/1322>
- Cantú-Martínez, P. C. (2018). Papel de las Áreas Naturales Protegidas en la sustentabilidad. *Revista de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Ciencia UANL*, 21(89). Recuperado de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=7865>
- Castro Franco, R., CONABIO, & Careaga Olvera, S. A. (2018). Anfibios y reptiles de la Sierra Monte Negro-Las trincheras y el cerro el Chumil, Morelos. doi: 10.15468/omyzfk
- Chinchilla-Miranda, M. T., Secaira, E., & Lasch, C. (2010). *Lineamientos para la aplicación del componente cultural de la metodología de planificación para la conservación de áreas* (Borrador diciembre 2010). Guatemala: The Nature Conservancy. Recuperado de <https://www.conservationgateway.org/Files/Pages/lineamientos-para-la-apli.aspx>
- Cifuentes A., M., Izurieta V., A., & De Faria, H. H. (2000). *Medición de la efectividad del manejo de áreas protegidas. Turrialba*, Costa Rica: World Wildlife Fund. Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2000-131-Es.pdf>
- Comisión Estatal de Agua y Medio Ambiente, & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2003). *Estrategia estatal sobre biodiversidad de Morelos*. Morelos, México: CEAMA-CONABIO. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/EEB_Morelos_2003.pdf
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (8 de enero de 2015). *Estrategia 2040: Una orientación para la conservación de las áreas naturales protegidas de México* [Sitio electrónico gubernamental]. Recuperado de http://e2040.conanp.gob.mx/docs/E-2040_completa.pdf
- _____ (2016). *Estrategia para la evaluación de la efectividad en la gestión de las áreas naturales protegidas marinas y terrestres de México* [Documento conceptual en pdf]. Recuperado de <https://sites.nicholas.duke.edu/xavierbasurto/files/2016/07/DOCUMENTO-CONCEPTUAL-EFECTIVIDAD-versioin-oficial-mayo2016.pdf>
- Congreso del Estado de Morelos. (2001). *Ley del equilibrio ecológico y la protección al ambiente del estado de Morelos* (Última reforma: 16 de marzo de 2017, 130 pp.). Morelos, México: Poder Ejecutivo de Morelos. Recuperado de <http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/leyes/pdf/LAMBIENTEM.pdf>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2017). *Términos de referencia de la evaluación de diseño* [Documento en pdf]. Recuperado de https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/MDE/Documents/TDR_Diseño.pdf
- Contreras-MacBeath, T., Anzures Vázquez, E., Solares Arenas, F., Martínez Thomas, J. I., Conde Labastida, J., & Boyás Delgado, J. C. (2004). Conservación. En T. Contreras-MacBeath, J. C. Boyás, & F. Jaramillo Monroy (Eds.), *La diversidad biológica en Morelos: Estudio del estado* (pp. 89-110, 155 pp.). Morelos, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/EE_Morelos_2006.pdf
- Convention on Biological Diversity. (2013). Quick guides to the Aichi biodiversity targets [Repositorio]. Recuperado de <http://www.cbd.int/nbsap/training/quick-guides/>
- Decreto por el que se reforman diversas disposiciones del Decreto por el que se establecen como reservas estatales las zonas que comprenden "La Sierra Monte Negro" y "Las Estacas". (22 de mayo de 2008). *Periódico Oficial "Tierra y Libertad"*, 6° época(4614). Recuperado de <http://periodico.morelos.gob.mx/periodicos/2008/4614.pdf>
- Del Mazo, A. (2017). 100 años de conservación a través de las Áreas Naturales Protegidas en México. *Nuestro Ambiente*, 4. Recuperado de <https://view.publitas.com/secrete/revista-nuestro-ambiente-numero-4/page/1>
- Domínguez-Tejo, E., & Metternicht, G. (2018). Poorly-designed goals and objectives in resource management plans:

- Assessing their impact for an Ecosystem-Based Approach to *Marine Spatial Planning*. *Marine Policy*, 88, 122-131. doi: 10.1016/j.marpol.2017.11.013
- Dudley, N. (Ed.). (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas* (96 pp.). Gland, Suiza: International Union for Conservation of Nature. doi: 10.2305/IUCN.CH.2008.PAPS.2.es
 - Ervin, J. (2003). *Rapid assessment and prioritization of protected area management (RAPPAM) methodology* (50 pp.). Gland, Switzerland: World Wildlife Fund. Recuperado de <http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/rappam.pdf>
 - Fernández Moreno, Y. (2008). ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales? Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en áreas naturales protegidas. *Espiral Estudios Sobre Estado y Sociedad*, 15(43), 179-202. Recuperado de <http://espiral.cucsh.udg.mx/index.php/EEES/article/view/1378>
 - Figueroa, F., Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., & Linaje, M. (2011). Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. ¿Un índice es suficiente? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3), 951-963 doi: 10.22201/ib.20078706e.2011.3.768
 - Foundations of Success. (2007). *Using results chains to improve strategy effectiveness*. FoS How-To guide. Maryland, EE. UU: Foundations of Success. Recuperado de <http://fosonline.org/library/using-results-chains/>
 - García Flores, A. (2018). Fauna silvestre alimentaria de la Reserva Sierra de Montenegro, Morelos, México. *Ethnoscientia*, 3, 1-15 doi: 10.22276/ethnoscientia.v3i0.139
 - Gillespie, A. (2009). Defining internationality protected areas. *Journal of International Wildlife Law & Policy*, 12(4), 229-247 doi: 10.1080/13880290903202161
 - Groves, C. R., Jensen, D. B., Valutis, L. L., Redford, K. H., Shaffer, M. L., Scott, J. M., ... Anderson, M. G. (2002). Planning for biodiversity conservation: Putting conservation science into practice. *BioScience*, 52(6), 499-512 doi: 10.1641/0006-3568(2002)052[0499:PFBCPC]2.0.CO;2
 - Hockings, M., Stolton, S., Leverington, F., Dudley, N., & Courrau, J. (2006). *Evaluating effectiveness: A framework for assessing management effectiveness of protected areas* (2ª ed., 105 pp.). Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/PAG-014.pdf>
 - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2001). *Diagnóstico forestal del estado de Morelos* (M. A. Cervantes & J. C. Boyás, Eds.) (2ª ed.). Morelos, México: INIFAP. Recuperado de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3008>
 - Jiménez Sierra, C. L., Sosa Ramírez, J., Cortés-Calva, P., Solís Cámara, A. B., Ñíguez Dávalos, L. I., & Ortega-Rubio, A. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 22(60), 16-22. Recuperado de http://www.uaa.mx/investigacion/revista/Hemeroteca/REVISTA_60.pdf
 - Leverington, F., Costa, K. L., Pavese, H., Lisle, A., & Hockings, M. (2010). A global analysis of protected area management effectiveness. *Environmental Management*, 46(5), 685-698. doi: 10.1007/s00267-010-9564-5
 - Mas, J. F. (2005). Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer) areas environmentally similar to the target area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 105(1-3), 69-80. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10661-005-3156-5>
 - Polanco Trujillo, L., & Gutiérrez Aguirre, M. A. (2013). Evaluación de enfoques metodológicos que analizan la efectividad de las áreas naturales protegidas de Quintana Roo, México. *Teoría y Praxis*, 14, 59-82. doi: 10.222403/UQROOMX/TYP14/03
 - Presidencia de la República. (1988). Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Última Reforma en el DOF del 5 de junio de 2018). *Diario Oficial de la Federación*, 5 de junio de 2018. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf
 - Reyes Grande, F. (2015). ¿Sustentabilidad versus subsistencia? Un estudio de caso dentro del Área Natural Protegida del Cañón del Usumacinta. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, 36(142), 261-305.
 - Reyna Rojas, M. A., García Flores, A., Neri Castro, E. E., Alagón Cano, A., & Monroy Martínez, R. (2015). Conocimiento etnoherpetológico de dos comunidades aledañas a la reserva estatal sierra de Montenegro, Morelos, México. *Etnobiología*, 13(2), 37-48. Recuperado de <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/152>
 - Riemann, H., Santes-Álvarez, R. V., & Pombo, A. (2011). El papel de las áreas naturales protegidas en el desarrollo local: El caso de la península de Baja California. *Gestión y Política Pública*, 20(1), 141-172. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792011000100004

- Ringold, P. L., Alegria, J., Czaplewski, R. L., Mulder, B. S., Tolle, T., & Burnett, K. (1996). Adaptive monitoring design for ecosystem management. *Ecological Applications*, 6(3), 745-747.
- Robles Zavala, E. (2014). Bienestar social y áreas naturales protegidas. Un caso de estudio en la costa de Oaxaca, México. *Estudios Sociales*, 22(44), 119-144. Recuperado de <https://www.ciad.mx/estudiosociales/index.php/es/article/view/144/91>
- Salafsky, N., Margoulis, R., & Redford, K. (2001). *Adaptive management: A tool for conservation practitioners*. Maryland, US: Foundations of Success. Recuperado de <http://fosonline.org/wp-content/uploads/2019/01/AdaptiveManagement-Tool.pdf>
- Salzer, D., & Salafsky, N. (2006). Allocating resources between taking action, assessing status, and measuring effectiveness of conservation actions. *Natural Areas Journal*, 26(3), 310-316. doi: <https://bioone.org/journals/natural-areas-journal/volume-26/issue-3>
- Secretaría de Desarrollo Sustentable del estado de Morelos (s. f. a). [Página web]. Recuperada de <http://sustentable.morelos.gob.mx/anp>
- _____ (s. f. b). [Blog oficial]. Recuperado de <http://secretariadedesarrollosustentable.blogspot.com>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Promarnat)*. Ciudad de México, México: SEMARNAT. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/Documents/PROMARNAT%202013-2018.pdf>
- Secretaría de Relaciones Exteriores. (2013). *Megadiverse Mexico* [Ficha informativa]. Recuperado de <https://embamex.sre.gob.mx/dinamarca/images/pdf/megaing.pdf>
- Sepúlveda, M. A., Estévez, R., & Silva Rodríguez, E. A. (Eds.). (2015). *Manual para la planificación del manejo de las áreas protegidas del SNASPE*. Santiago de Chile, Chile: PNUD. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/312043412%0AManual>
- Stolton, S., Hockings, M., Dudley, N., MacKinnon, K., Whitten, T., & Leverington, F. (2007). *Management effectiveness tracking tool* (2° ed., 21 pp.). Gland, Switzerland: WWF International. Recuperado de http://assets.panda.org/downloads/mett2_final_version_july_2007.pdf
- Universidad Autónoma del Estado de Morelos-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Programa de ordenamiento ecológico regional del estado de Morelos*. Morelos, México: UAEM-SEMARNAT. Recuperado de http://obum.zmcuernavaca.morelos.gob.mx/metadatos/morelos/poerem/Memoria_tecnica_POEREM.pdf
- Valenzuela-Galván, D., & Vázquez, L. B. (2009). ¿Qué tan bien representados están los mamíferos mexicanos en la red federal de áreas naturales protegidas del país? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(1), 249-258. doi: 10.22201/ib.20078706e.2009.001.601

Jarilla heterophylla, un nuevo registro para la flora del estado y único representante nativo de la familia Caricaceae en Aguascalientes, México

Jarilla heterophylla, a new record for state flora and the only native representative of the Caricaceae family in Aguascalientes, Mexico

Manuel Higinio Sandoval-Ortega*✉, María Elena Siqueiros-Delgado*

Sandoval-Ortega, M. H., & Siqueiros-Delgado, M. E. (2020). *Jarilla heterophylla*, un nuevo registro para la flora del estado y único representante nativo de la familia Caricaceae en Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 36-43.

RESUMEN

La familia Caricaceae está integrada por seis géneros principalmente tropicales distribuidos en América y sólo uno en África, con un total de 34 especies. Para México se reportan cinco géneros y ocho especies, sólo un género y una especie presentes en Aguascalientes. *Jarilla heterophylla* (Cerv. ex La Llave) Rusby, es un nuevo registro para la flora de Aguascalientes, siendo el único representante nativo de la familia Caricaceae en el estado, se distribuye en el municipio de Calvillo, principalmente en vegetación subtropical y bosque de Quercus a una altura de 1700-2300 m s.n.m.

ABSTRACT

The family Caricaceae is composed of six genera mainly tropical distributed in America and only one in Africa, with a total of 34 species. For Mexico, five genera and eight species are reported, only one genus and one species present in Aguascalientes.

Palabras clave: botánica; taxonomía; biodiversidad.
Keywords: botany; taxonomy; biodiversity.

Recibido: 17 de diciembre de 2018 Aceptado: 27 de septiembre de 2019

* Herbario HUAA, Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: m.higinio.s@hotmail.com; masiquei@correo.uaa.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1396-9024>; <http://orcid.org/0000-0002-0865-3589>

✉ Autor para correspondencia

Jarilla heterophylla (Cerv. ex La Llave) Rusby, is a new record for the flora of Aguascalientes, being the only native representative of the family Caricaceae in the state, it is distributed in the municipality of Calvillo, mainly in subtropical vegetation and Quercus forest at a height of 1700-2300 m s.n.m.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la familia Caricaceae está integrada por seis géneros y 34 especies (Stevens, 2001); cinco géneros pertenecen al nuevo mundo y únicamente *Cylicomorpha* Urb. es de origen africano (Antunes Carvalho & Renner, 2012). Todos los géneros reportados para el nuevo mundo: *Carica* L., *Jarilla* Rusby, *Jacaratia* A. DC., *Vasconcellea* A. St.-Hil. y *Horovitzia* V. M. Badillo están presentes en México, sumando en total ocho especies, tres de las cuales son endémicas del país (tabla 1).

Tabla 1

Especies de la familia Caricaceae presentes en México de acuerdo con Villaseñor (2016) y Antunes Carvalho y Renner (2013)

Especie
<i>Carica papaya</i> L.
* <i>Horovitzia cnidoscoloides</i> (Lorence & R. Torres) V. M. Badillo
<i>Jacaratia dolichaula</i> (Donn. Sm.) Woodson
<i>J. mexicana</i> A. DC.
* <i>Jarilla caudata</i> (Brandege) Standl.
<i>Jarilla chocola</i> Standl.
* <i>J. heterophylla</i> (Cerv. ex Llave) Rusby
<i>Vasconcellea cauliflora</i> (Jacq.) A. DC.

Nota: *= endémica de México.

Elaboración propia.

Para el género *Jarilla* se reconocen únicamente tres especies, que pueden ser diferenciadas por la morfología del fruto (Antunes Carvalho & Renner, 2013; Díaz-Luna & Lomelí-Sención, 1992). *Jarilla caudata* presenta frutos globosos de más de 10 cm de diámetro cuando maduros, apéndices basales largos de más de 3.5 cm de longitud, y un área estrecha o cuello basal, justo por encima de los apéndices (figura 1A). Por otro lado, *Jarilla heterophylla* presenta frutos ovoides a globosos de menos de 4 cm de diámetro, con apéndices basales cortos, de menos de 1 cm de longitud, y sin cuello (figura 1B). Por último, *Jarilla chocola* se caracteriza por sus frutos alargados de hasta 7 cm de largo y 4 cm de ancho, con cinco alas longitudinales que se prolongan hasta los apéndices basales, no presentan cuello (figura 1C).

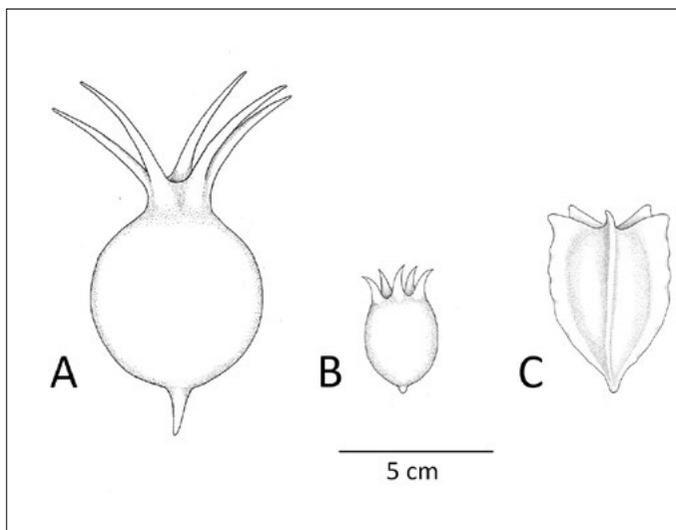


Figura 1. Frutos de especies del género *Jarilla*. A) *J. caudata*. B) *J. heterophylla*. C) *J. chocola*.

Ilustración de Manuel Higinio Sandoval-Ortega.

Aunque se han realizado varios estudios sobre la flora en Aguascalientes, algunas familias aún necesitan ser revisadas para determinar el número de especies y la situación de sus poblaciones dentro del estado. En el periodo comprendido desde agosto de 2012 hasta abril de 2017 se llevó a cabo el proyecto JF140 de CONABIO "Inventario florístico de familias selectas de dicotiledóneas del estado de Aguascalientes" y actualmente se trabaja en la flora dicotiledónea del estado, de donde se desprende la presente investigación, para el que se eligió la familia Caricaceae debido a que no había sido revisada para el estado anteriormente y a su

importancia económica. El objetivo fue dar a conocer la presencia de *J. heterophylla* en Aguascalientes, proporcionando una descripción morfológica de familia, género y especie, así como un mapa de distribución.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estado de Aguascalientes se encuentra ubicado en la zona centro norte del país, con una extensión de 5,616 km², que representan aproximadamente 0.3% de la superficie nacional y cuenta con 11 municipios, las coordenadas extremas se encuentran entre 21° 37' 20" y 22° 27' 35" de latitud norte y entre 101° 50' 07" y 102° 52' 27" de longitud oeste. Colinda con los estados de Zacatecas al noreste, norte y oeste, y Jalisco al sur y sureste, sus intervalos altitudinales van desde 1,550 hasta 3,050 m (INEGI, 2016).

En general, el clima de Aguascalientes es tipo semiseco BS (García, 1964) con varios subtipos. El BS1hw(w), semiseco templado, representa 80% del estado. El BS1hw, semiseco semicálido, se extiende en parte de los municipios del sur, sureste y centro de la entidad. Hacia el noreste en el municipio de Asientos se encuentra una pequeña franja con clima un poco más seco del tipo seco semicálido BS0hw(w). En el municipio de Calvillo se encuentran zonas con clima del tipo (A) Cw semicálido subhúmedo (SPP, 1981).

Cada tipo de grupos climáticos presenta sus respectivas comunidades vegetales predominantes: la zona árida cubierta por vegetación xerofítica, ubicada en la porción central del estado y formada en su mayoría por matorrales secundarios y pastizales que han reemplazado a los mezquitales, pastizales o nopaleras originales; la zona templada ubicada en la región montañosa al oeste del estado, que alberga diferentes tipos de bosques de encino o bosques mixtos (encino-coníferas); y la zona tropical al suroeste de la entidad, cubierta en su mayoría por matorrales subtropicales secundarios que han sustituido a las comunidades prístinas de selva baja caducifolia, la cual queda como relicto en algunas zonas conservadas (Siqueiros-Delgado, Rodríguez-Ávalos, Martínez-Ramírez, & Sierra-Muñoz, 2016).

Como parte del proyecto JF140 de CONABIO se llevaron a cabo colectas en 195 puntos distribuidos en todo el estado, siguiendo la metodología propuesta por Engelmann (1986). En cada sitio de colecta se tomaron coordenadas geográficas con base en Datum WGS 84 y se registró el tipo de vegetación de acuerdo con Rzedowski (2006) y Siqueiros-Delgado, Rodríguez-Avalos, Martínez-Ramírez, Sierra-Muñoz y García-Regalado (2017). El material colectado fue identificado por medio de claves taxonómicas especializadas (Antunes Carvalho & Renner, 2013; Díaz-Luna & Lomelí-Senciación, 1992; McVaugh, 2001; Moreno & Escamilla, 1984; Ramírez, 1894; Standley, 1924) y cotejado con ejemplares depositados en el herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA).

Se revisó el herbario del Instituto de Ecología A. C., Centro Regional del Bajío (IEB), el Herbario Nacional de México (MEXU) y el Herbario de la Escuela de Ciencias Biológicas IPN (ENCB). Se elaboraron mapas de distribución con el programa QGIS con base en los datos tomados en campo y de los ejemplares de herbario consultados. Para el tratamiento taxonómico se realizaron descripciones para familia, género y especie con base en los ejemplares depositados y el material de herbario consultado. Se siguieron los nombres aceptados por Antunes Carvalho y Renner (2013) y Díaz-Luna y Lomelí-Senciación (1992).

RESULTADOS

En el estado de Aguascalientes la familia Caricaceae está representada únicamente por un género y una especie.

Caricaceae Dumort.

Plantas dioicas, monoicas o polígamas, arborescentes o herbáceas, con látex, rara vez armadas con espinas cónicas. Tallos aéreos erectos, postrados o ascendentes, por lo común lisos a puberulentos, rara vez cubiertos con tricomas urticantes, tallos subterráneos ausentes o presentes como tubérculos globosos o fusiformes. Hojas membranosas, alternas, pecioladas o sésiles, láminas simples enteras o lobadas, o palmado-compuestas. Inflorescencias axilares, pedunculadas, las masculinas cimas o panículas, las femeninas cimas o flores solitarias. Flores actinomorfas, pentámeras, por lo común unisexuales, sésiles o con un pedicelo corto, las masculinas con androceo de (5)10 estambres adnados a la corola, tecas 2 o 1, pistilodio presente o ausente;

las femeninas con ovario súpero, ovoide, esférico o elipsoide, de 5 carpelos, 1-5 locular, estilos fusionados en una columna corta, estigmas filiformes, flabelados o capitados, papilosos o pubescentes, óvulos numerosos de placentación parietal. Fruto una baya lisa, angulosa, o con alas longitudinales, en ocasiones con apéndices basales. Semillas ovoides a elípticas, con cubierta mucilaginoso, testa endurecida, ornamentada o lisa, endospermo abundante, embrión recto. Familia integrada por seis géneros principalmente tropicales distribuidos en América y sólo uno en África, con un total de 34 especies. Cinco géneros en México y solo uno en Aguascalientes.

Jarilla Rusby

Plantas dioicas, herbáceas, perennes, generalmente glabras. Tallos aéreos ramificados, huecos a veces suculentos, ascendentes o postrados, anuales, tallos subterráneos presentes en forma de tubérculos perennes fusiformes o globosos. Hojas con peciolo largo, láminas simples, enteras o lobadas, por lo común muy variables en forma y número de lóbulos incluso en el mismo individuo, palmatinervadas. Inflorescencias masculinas cimas largamente pedunculadas, las femeninas cimas con pedúnculos cortos o flores solitarias. Flores masculinas pediceladas, cáliz campanulado de sépalos unidos basalmente en un tubo corto; corola infundibuliforme, el tubo aproximadamente tan largo como los lóbulos, androceo con 10 estambres, estambres con filamentos pubescentes, los superiores más largos que los inferiores y con una sola teca, los inferiores con dos tecas, pistilodio presente; flores femeninas pediceladas, cáliz corto, campanulado, caedizo, corola campanulada, de pétalos unidos brevemente en la base; ovario unilocular, ovoide, estigmas filiformes, pubescentes, subsésiles, arqueados o sigmoides. Fruto una baya, unilocular, globoso, ovoide o elipsoide, liso o con alas longitudinales, con cinco apéndices basales, largamente pedunculado, péndulo. Semillas numerosas, elípticas a ovoides, de testa lisa o diminutamente tuberculada. Género con tres especies distribuidas en México, una de ellas extendiéndose hasta Guatemala. Sólo una presente en Aguascalientes.

Jarilla heterophylla (Cerv. ex La Llave) Rusby, *Torreya* 21(3): 50. 1921. *Mocinna heterophylla* Cerv. ex La Llave, *Reg. Trim.* 1(3): 351. 1832. TIPO: Lámina V de Ramírez, 1894 (neotipo, designado por Díaz-Luna y Lomelí-Senciación 1992). Mexico,

Jalisco, Zacoalco de Torres, Las Moras, 5 de junio del 2013, F. A. Carvalho 2240 (epitipo, designado por Carvalho & Renner 2013: M; isoepitipos: MEXU, NY, K).

Carica nana Benth., Pl. Hartw. 288. 1849. Papaya nana (Benth.) A. DC., Prodr. 15(1): 415. 1864. *Jarilla nana* (Benth.) McVaugh, Fl. Novo-Galiciana 3: 475. 2001. TIPO: Mexico. Guanajuato, León, K. T. Hartweg s.n. (holotipo K).

Planta herbácea, glabra. Tallos aéreos anuales, prostrados a ascendentes, de hasta 50 cm de largo, verdes, tubérculos globosos o fusiformes. Hojas con peciolo de (1)2-9 cm de largo y hasta 1 mm de diámetro, láminas ampliamente variantes en forma incluso en la misma planta, por lo común sagitadas a lanceoladas, rara vez ovadas, de (1.5) 3-6 cm de largo por 0.8-1.5 (2) cm de ancho, base hastada, en ocasiones trunca a redondeada, ápice agudo, margen entero a irregularmente lobulado. Inflorescencias masculinas cimias de 3-9(11) flores, pedúnculo de 3.5-10(15) cm de largo, las femeninas cimias de hasta tres flores, pedúnculo de 2-4(5) cm de largo, o flores solitarias. Flores masculinas con cáliz campanulado, tubo de 1 mm de largo y lóbulos ovados a lanceolados, de 0.5-1 mm de largo, verdes a púrpura, corola hipocrateriforme, tubo de 3-4 mm de largo, lóbulos elípticos de 3-4 mm de largo y 1.2-2 mm de ancho, blanca a ligeramente púrpuras; flores femeninas con cáliz de segmentos lanceolados de 1-2 mm de largo, verdes, corola de lóbulos elípticos, de 4-6(7) mm de largo y 1.5-3 mm de ancho, blancos a ligeramente rosas, ovario ovoide, de 2-3 mm de largo y 1-1.5 mm de ancho, estilos unidos en una columna corta persistente en fruto, estigmas sigmoides de alrededor de 1-1.2 mm de largo. Fruto ovoide, elipsoide o globoso, de 2.5-3(4) cm de largo por 2-2.5 cm de ancho, verde, amarillo o marrón rojizo al madurar, liso, apéndices basales acrescentes de 0.5-1 cm de largo, pedúnculo de 3-7(10) cm de largo. Semillas elípticas de 3-5 mm de largo y 1.5-2 mm de ancho, testa lisa, amarillentas a marrón claras.

En Aguascalientes *J. heterophylla* (figuras 2 y 3) se ha colectado hasta ahora en el municipio de Calvillo (figura 4), en matorral subtropical, selva baja caducifolia y bosque de *Quercus* a una altura de 1700-2300 m s. n. m. Florece desde finales de mayo hasta agosto y se le puede encontrar con fruto desde junio hasta octubre, su raíz y frutos son comestibles, la raíz puede cocinarse y guisarse al igual

que una papa, mientras que los frutos se consumen frescos, preferentemente maduros.

Ejemplares examinados: Calvillo: Los Alisos, 21° 44.892' N 102° 44.399W, *García-Regalado* 5357 (HUAA); 4 km al NE de Palo Alto, 22° 04' 01'' N 102° 39' 32'' W, *Martínez-Ramírez* 1988 (HUAA); Barranca Cebolletas, 2km al NE de Malpaso, 21° 50' 17'' N 102° 38' 55'' W, *Martínez-Ramírez* 2010 (HUAA); Barranca el Sauz, 31 km al W de Aguascalientes, *García-Regalado* 4701 (HUAA); 3 km al E de Los Alisos, *García-Regalado* 2627 (HUAA).

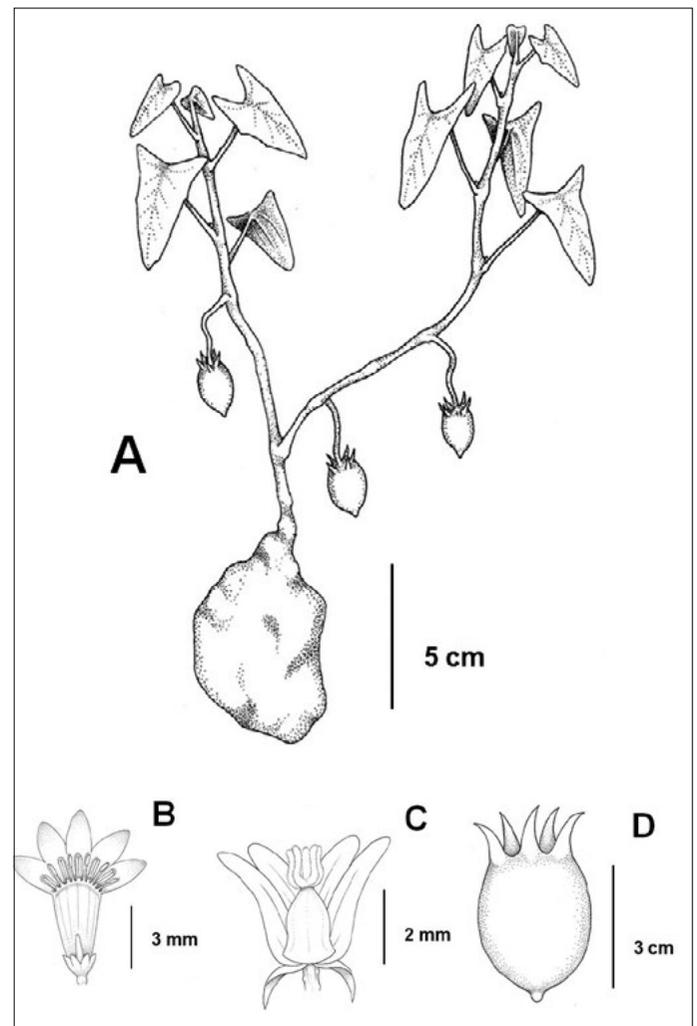


Figura 2. *J. heterophylla*. A) Vista general. B) Flor masculina. C) Flor femenina. D) Fruto.

Ilustración de Manuel Higinio Sandoval-Ortega.



Figura 3. Ejemplar de *J. heterophylla* depositado en el herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.
Fotografía del equipo de investigación.

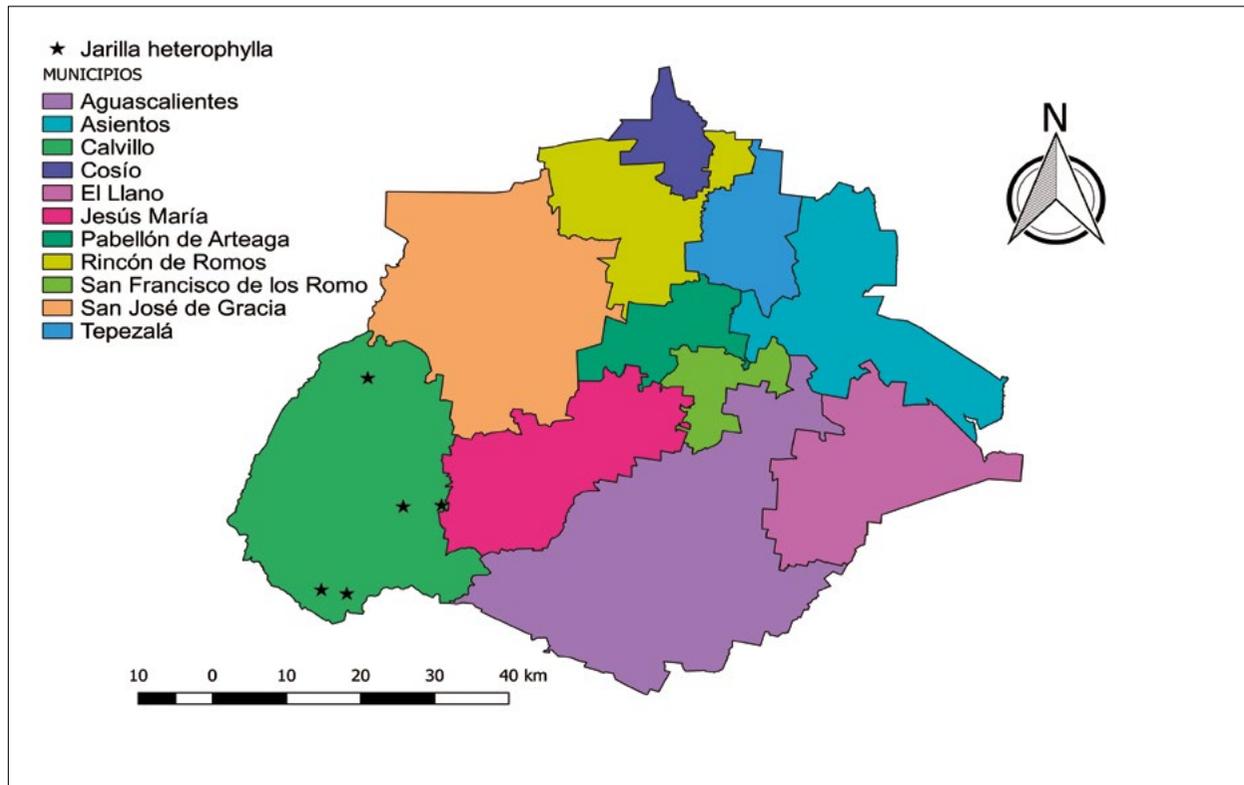


Figura 4. Distribución de *J. heterophylla* en Aguascalientes. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Anteriormente para el estado de Aguascalientes se reportaba para la familia Caricaceae únicamente *Carica papaya* L. (Villaseñor, 2016), pero debido a que los individuos de esta especie son cultivados y no se han encontrado poblaciones silvestres no se le incluyó dentro del presente trabajo. Existe aún cierta confusión acerca de las especies que conforman el género *Jarilla*. Díaz-Luna y Lomelí-Sención (1992) consideran tres para este género: *Jarilla chocola*, *J. caudata* y *J. heterophylla*. Posteriormente McVaugh (2001) reconoce las especies *J. chocola*, *J. heterophylla* y *J. nana* (Benth.) McVaugh, considerando erróneamente a *J. caudata* como un sinónimo de *J. heterophylla*. Cabe mencionar que McVaugh estaba consciente de la posibilidad de errores en su revisión del género *Jarilla* argumentando: "Los errores que se introducen aquí, como resultado de una traducción o interpretación defectuosa, o de otro modo, son únicamente mi responsabilidad" (McVaugh, 2001).

Posteriormente, Antunes Carvalho y Renner (2013) aclaran los nombres correctos de *Jarilla heterophylla* y *J. caudata*, que habían sido confundidos por McVaugh (2001) y concuerdan con Díaz-Luna y Lomelí-Sención (1992) reconociendo únicamente a *Jarilla chocola*, *J. caudata* y *J. heterophylla* y considerando a *J. nana* como un sinónimo de *J. heterophylla*.

J. heterophylla puede distinguirse de las demás especies del género por la presencia de hojas hastadas, ovario sin alas longitudinales y su fruto pequeño sin alas ni cuello (Díaz-Luna & Lomelí-Sención, 1992). En México *J. heterophylla* se había reportado anteriormente para Colima, Ciudad de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas (Villaseñor, 2016) y se reporta por primera vez para Aguascalientes en el presente trabajo. Se trata, además, de una especie cercanamente relacionada a la papaya (*Carica papaya*), por lo que representa una fuente de recursos genéticos de importancia agrícola, además de poseer frutos comestibles.

CONCLUSIONES

J. heterophylla (Cerv. ex La Llave) Rusby representa un nuevo registro de género y especie para la flora de Aguascalientes, siendo el único nativo de la familia Caricaceae en el estado; hasta ahora se le ha encontrado solo en el municipio de Calvillo, en vegetación subtropical y bosque de Quercus, por lo que se le puede considerar un elemento poco frecuente. Esta especie se distingue de las demás del mismo género por tener hojas hastadas y por su fruto liso, de menos de 5 cm de longitud y sin cuello basal.

Aunque hasta el momento *J. heterophylla* se ha colectado únicamente en el municipio de Calvillo, hay localidades muy cercanas a Jesús María y San

José de Gracia, por lo que es necesario realizar colectas en estos municipios para conocer la extensión de su distribución en el estado. También será necesario llevar a cabo un estudio etnobotánico para saber si sus frutos comestibles son aprovechados por los habitantes de las comunidades en donde se distribuye esta especie. Este nuevo registro contribuye al conocimiento de los recursos florísticos presentes en el estado.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al CONABIO por el apoyo económico proporcionado al proyecto JF140; así como al biólogo Julio Martínez Ramírez, técnico del Herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA) por su apoyo y recomendaciones.

REFERENCIAS

- Antunes Carvalho, F., & Renner, S. S. (2012). A dated phylogeny of the papaya family (Caricaceae) reveals the crop's closest relatives and the family's biogeographic history. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 65(1), 46-53. doi: 10.1016/j.ympev.2012.05.019
- _____ (2013). Correct names for some of the closest relatives of *Carica papaya*: A review of the Mexican/guatemalan genera *Jarilla* and *Horovitzia*. *PhytoKeys*, 29, 63-74. doi: 10.3897/phytokeys.29.6103
- Díaz-Luna, C. L., & Lomelí-Senci3n, J. A. (1992). Revisi3n del g3nero *Jarilla Rusby* (Caricaceae). *Acta Bot3nica Mexicana*, 20, 77-99. doi: 10.7818/ECOS.2014.23-2.11
- Engelmann, G. (1986). Instructions for the collection and preservation of botanical specimens. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 73(3), 504-507. doi: 10.2307/2399189
- Garc3a, E. (1964). *Modificaciones al Sistema de Clasificaci3n Clim3tico de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la Rep3blica Mexicana)*. M3xico: Offset Larios.
- Instituto Nacional de Estadística y Geograf3a. (2016). *Anuario estadístico y geogr3fico de Aguascalientes*. Aguascalientes, M3xico: INEGI.
- McVaugh, R. (2001). Caricaceae. En W. R. Anderson (Ed.), *Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico* (Vol. 3, pp. 461-477). Michigan, US: The University of Michigan Press, Ann. Arbor.
- Moreno, N. P., & Escamilla, M. (1984). *Glosario bot3nico ilustrado*. M3xico: Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bi3ticos.
- Ram3rez, J. (1894). *La Mocinna heterophylla*, nuevo g3nero de las papay3ceas. *Anales Del Instituto M3dico Nacional*, 1(5), 205-212.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetaci3n de M3xico* (1ª. ed.). M3xico: CONABIO.
- Secretar3a de Programaci3n y Presupuesto. (1981). *S3ntesis geogr3fica del estado de Aguascalientes y anexo cartogr3fico* (98 pp.). M3xico: SPP-INEGI.
- Siqueiros-Delgado, M. E., Rodr3guez-Avalos, J. A., Mart3nez-Ram3rez, J., & Sierra-Muñoz, J. C. (2016). Situaci3n actual de la vegetaci3n del estado de Aguascalientes, M3xico. *Botanical Sciences*, 94(3), 455-470. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.466>
- Siqueiros-Delgado, M. E., Rodr3guez-Avalos, J. A., Mart3nez-Ram3rez, J., Sierra-Muñoz, J. C., & Garc3a-Regalado, G. (2017). *Vegetaci3n del estado de Aguascalientes* (1ª. ed.). Aguascalientes, M3xico: Universidad Aut3noma de Aguascalientes, CONABIO.
- Standley, P. C. (1924). Trees and shrubs of Mexico. En *Contributions from the United States National Herbarium* (Vol. 23, pp. 849-1312). Washington, US: Smithsonian Institute.
- Stevens, P. C. (2001). Angiosperm Phylogeny Website, version 14 [Base de datos]. Recuperado el 14 de julio 2018, de <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559-902. doi: 10.1016/j.rmb.2016.06.017

Germinación de *Ferocactus townsendianus* Britton & Rose. con escarificación de semillas sometidas a diferentes tiempos de almacenamiento

Germination of *Ferocactus townsendianus* Britton & Rose. with scarification of seeds subjected to different storage times



Ariel Guillén-Trujillo*, Raúl Ávalos-Castro**, José Luis Espinoza-Villavicencio*, Ricardo Ortega-Pérez*, Alejandro Palacios-Espinosa*✉

Guillén-Trujillo, A., Ávalos-Castro, R., Espinoza-Villavicencio, J. L., Ortega-Pérez, R., & Palacios-Espinosa, A. (2020). Germinación de *Ferocactus townsendianus* Britton & Rose. con escarificación de semillas sometidas a diferentes tiempos de almacenamiento. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 44-51.

RESUMEN

Se evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento y seis tratamientos de escarificación sobre la germinación de semillas de *Ferocactus townsendianus*. Dos procedimientos a base de ácido sulfúrico (H_2SO_4), dos con ácido clorhídrico (HCl), uno con agua y uno testigo fueron comparados usando un modelo lineal con mediciones repetidas en el tiempo y contrastes ortogonales. El H_2SO_4 y HCl aumentaron la germinación ($P < 0.05$) en relación con el testigo, en las semillas con 1, 2, 3, 6 y 9 años

de almacenamiento, siendo en términos generales mejor el H_2SO_4 , este tratamiento también aumentó la germinación ($P < 0.05$) de las semillas con 11 años de almacenamiento. El resto de las semillas no presentó diferencias ($P > 0.05$) entre los procedimientos. El realizado con agua tuvo una germinación nula. Se concluye que los llevados a cabo con H_2SO_4 y HCl son recomendables para romper la latencia de semillas con tiempos de almacenamiento entre 1 y 11 años, siendo mejor la respuesta con H_2SO_4 .

ABSTRACT

Palabras clave: Cactaceae; *Ferocactus townsendianus*; germinación; tratamientos de escarificación; almacenamiento de semilla.

Keywords: Cactaceae; *Ferocactus townsendianus*; germination; scarification treatments; seed storage.

Recibido: 9 de enero de 2019 Aceptado: 3 de octubre de 2019

* Departamento de Ciencia Animal y Conservación del Hábitat, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5, La Paz, C. P. 23080, Baja California Sur, México. Correo electrónico: guillen@uabcs.mx; jlvilla@uabcs.mx; rortega@uabcs.mx; palacios@uabcs.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2497-7540>; <http://orcid.org/0000-0001-8609-8325>; <http://orcid.org/0000-0002-3718-9439>; <http://orcid.org/0000-0002-4726-4164>

** Centro de Investigación Regional del Noroeste campo experimental Todos Santos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Agricultura s/n, Col. Emiliano Zapata, C. P. 23070, La Paz, B. C. S., México. Correo electrónico: avalos.raul@inifap.gob.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3953-1444>

✉ Autor para correspondencia

This study evaluated the effect of storage time and six scarification treatments on seed germination of *Ferocactus townsendianus*. Two treatments based on sulfuric acid (H_2SO_4), two with hydrochloric acid (HCl), one with water and one as control group, were compared using a linear model with repeated measurements over time and orthogonal contrasts. H_2SO_4 and HCl increased germination ($P < 0.05$) in relation to the control, in seeds with 1, 2, 3, 6 and 9 years of storage, H_2SO_4 being generally better, this treatment also increased germination ($P < 0.05$) of the seeds with 11 years of storage. The rest of the seeds did not show differences ($P < 0.05$) between the treatments. The water treatment had zero germination. It is concluded that treatments with H_2SO_4 and HCl are recommended to break seed dormancy with storage times between 1 and 11 years, the response with H_2SO_4 being better.

INTRODUCCIÓN

Las cactáceas son una familia interesante debido a las variadas adaptaciones que han desarrollado para permanecer en hábitats con condiciones extremas de aridez y a que el número de especies oscila entre 1,500 y 2,000, distribuidas desde el norte de Canadá hasta la Patagonia en Argentina (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes, 2000). Algunos autores (Gómez-Hinostrosa & Hernández, 2000; Hernández & Godínez, 1994) coinciden en que la mayor concentración de cactáceas está en México con un total de 48 géneros y 563 especies reconocidas, de los cuales 15 tienen una distribución geográfica restringida y 20 son casi endémicos, mencionando que los principales centros de distribución son el desierto de Chihuahua, desierto de Sonora (Sonora, Baja California y Baja California Sur), en el Tehuacán Cuicatlán y Valles (Puebla y Oaxaca), en la región mixteca (Puebla y Oaxaca), en el sur extremo del Istmo de Tehuantepec (Oaxaca) y en la cuenca del Balsas (Guerrero y Michoacán), se continúa explorando esta familia encontrando nuevos especímenes en regiones inesperadas (Scheinvar, Olalde-Parra, & Gallegos-Vázquez, 2015).

Las cactáceas en México son un grupo representativo de las zonas áridas que actualmente presenta problemas de conservación debido a la sobreexplotación y el saqueo de los que han sido objeto en todo el país (Meza-Rangel, Tafuya, Lindig-Cisneros, Sigala-Rodríguez, & Pérez-Molphe-Balch, 2014). Son más vulnerables en las fases de crecimiento y establecimiento de las plántulas, ya que pueden verse afectadas por el estrés ambiental, la competencia, la depredación y las enfermedades (Sánchez-Soto, Reyes-Olivas, García-Moya, & Terrazas, 2010), a lo anterior hay que agregar una distribución geográfica restringida, ciclos de vida largos y bajas tasas de crecimiento (Godínez-Álvarez, Valverde, & Ortega-Baes, 2003; Hernández & Godínez, 1994).

La forma, el tamaño y características estructurales de la semilla son las que definen a los diferentes géneros de cactáceas (Barthlott & Hunt, 2000; Sánchez-Salas, Flores, & Martínez-García, 2006). Considerar las características inherentes a la semilla, como la generación o no de bancos en el suelo, el tamaño, el peso, la edad, la densidad y la dureza son factores que tienen que ver con la germinación, el establecimiento de las plántulas y la morfología de las cactáceas (Ayala Cordero, Terrazas, López Mata,

& Trejo, 2004; Flores, Jurado, & Jiménez-Bremont, 2008; Flores-Martínez, Manzanero-M., Rojas-Aréchiga, Mandujano, & Golubov, 2008a; Flores-Martínez, Manzanero-M., Rojas-Aréchiga, Mandujano, & Golubov, 2008b).

Las condiciones favorables para el establecimiento de las cactáceas debe ser una combinación definida de luz, temperatura y humedad del suelo (Flores, Jurado, & Arredondo, 2006), condiciones que pueden no ocurrir todos los años (De la Barrera & Nobel, 2003), también influyen la latencia en las semillas y la forma de romperla, el tamaño y la competencia entre las mismas y el efecto del tiempo de almacenamiento (Flores & Jurado, 2011). Ayala Cordero et al. (2004) mencionan que las semillas recién cosechadas germinan mejor que las almacenadas; sin embargo, Flores et al. (2008) mencionan que hay especies que lo hacen en mayor porcentaje después de un tiempo de almacenamiento. Algunas semillas solo requieren de humedad y luz, mientras que otras necesitan escarificación (Navarro Carbajal, Saldívar Sánchez, & Eliosa León, 2010). Se han hecho numerosos trabajos sobre cactáceas para evaluar el efecto de diferentes tratamientos de luz, temperatura y escarificación (Álvarez Aguirre & Montaña, 1997; Bárcenas-Argüello, López-Mata, Terrazas, & García Moya, 2013; Méndez, 2011; Rojas-Aréchiga, Mandujano, & Golubov, 2013; Ruiz González, Rojas Aréchiga, & Mandujano, 2011; Sánchez-Soto et al., 2010).

La edad de la semilla tiene sin duda influencia en la tasa de germinación (Flores & Jurado, 2009). Rojas-Aréchiga y Vázquez-Yanes (2000) mencionan que la escarificación con ácido giberélico ($C_{19}H_{22}O_6$) puede incrementar el porcentaje de germinación en algunas cactáceas. La de semillas de la especie *Mammillaria zephyranthoides* requiere una escarificación ácida con ácido sulfúrico (H_2SO_4) por 5 min, lo que resulta en un aumento en el porcentaje del proceso germinativo en comparación con el agua a 50 °C por 5 min (Navarro Carbajal, Cervantes Olvera, & Lázaro Castellanos, 2008), lo que sugiere que probablemente las semillas requieran pasar por el tracto digestivo de algún herbívoro para generar nuevas plántulas (Navarro Carbajal & Juárez Tentle, 2006).

Sin embargo, en especies como *Mammillaria pectinifera* y *Ferocactus robustus*, los tratamientos con escarificación con H_2SO_4 , agua, estimuladores

de germinación como el $C_{19}H_{22}O_6$ e inhibidores de letargo a bajas temperaturas ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$ por una semana), no favorecen la germinación (Navarro Carbajal & González, 2007). Navarro et al. (2008) mencionan que en semillas de la especie *Mammillaria hamata*, tratadas con H_2SO_4 por 2 min y sumergidas en Tween por 3 min, obtuvieron 100% de germinación contra 90% para las semillas tratadas con agua y las testigo, y en semillas de la especie *Mammillaria sphacelata* lograron 92% de germinación con agua a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 y 4 min, contra 83% en semillas tratadas con H_2SO_4 y 78% en semillas testigo; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ($P > 0.125$).

Las semillas de las especies *F. robustus* (Navarro Carbajal & González, 2007) y *Ferocactus latispinus* (Álvarez Aguirre & Montaña, 1997) al recibir escarificación ácida no mejoran la germinación, por lo que se infiere que no requieren del paso por el tracto gastrointestinal de los herbívoros para germinar. En virtud de lo anterior, se plantea la hipótesis de que las semillas de *F. townsendianus* no responden a los tratamientos de escarificación ácidos, así como que requieren de un proceso de almacenamiento para mejorar su germinación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la edad de la semilla y diferentes tratamientos de escarificación en la germinación de *F. townsendianus* Britton & Rose.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Manejo de Pastizales, Universidad Autónoma de Baja California Sur, ubicado en $24^{\circ} 06' 19''$ N y $110^{\circ} 18' 51''$ O. De los ejemplares de biznaga (*F. townsendianus* Britt & Rose) existentes en la universidad se ha almacenado semilla desde el año 2000, colectándose los frutos maduros, los cuales son cortados en secciones y puestos a secar al sol, la semilla es separada de la basura y colocada en bolsas de plástico y después en frascos de vidrio para su almacenamiento a la temperatura ambiente del laboratorio.

Las semillas usadas en el experimento fueron colectadas desde 2004 hasta 2015, a excepción de 2006. Fueron colocadas 20 semillas de apariencia sana en caja Petri con papel absorbente como sustrato (figura 1), con riego cada vez que tenía apariencia seca. Las cajas de Petri se colocaron en una mesa en el laboratorio a una temperatura de $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de 35%. Se utilizaron cinco repeticiones por fecha de siega.

Los tratamientos de escarificación usados fueron 1) Inmersión en H_2SO_4 durante 1 min, 2) inmersión en H_2SO_4 durante 2 min, 3) inmersión en ácido clorhídrico (HCl) a 1 N durante 1 h, 4) inmersión en HCl a 2 N durante 1 h, 5) inmersión en agua a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 5 min y 6) testigo.

Para la esterilización de las semillas se usó hipoclorito de sodio (NaOCl) a 25%, después se enjuagaron en agua y se secaron a temperatura ambiente. El experimento inició el 22 de mayo de 2015 con las lecturas de germinación diarias por la mañana durante 25 días, se consideró que tuvo lugar la germinación al aparecer la radícula. La temperatura en el laboratorio se registró por la mañana y por la noche.



Figura 1. Preparación de los tratamientos de escarificación en el laboratorio.

Fotografía del equipo de investigación.

Se midió la respuesta como el porcentaje de germinación por unidad experimental. Los tratamientos fueron analizados con un modelo lineal con mediciones repetidas en el tiempo y contrastes ortogonales para la comparación de tratamientos. Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS® y las gráficas se hicieron con Minitab 18®.

RESULTADOS

La germinación en respuesta al tratamiento de escarificación (T5) consistente en inmersión en agua a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 5 min fue de 0% en todos los años, por este motivo se excluyó de los resultados posteriores. Los porcentajes de germinación para cada uno de los contrastes utilizados dentro de cada año de almacenamiento se presentan en la tabla 1. En

ella se observa que en las semillas con 12 años de almacenamiento no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en ninguno de los contrastes. En el resto de los años de almacenamiento hubo diferencias ($P \leq 0.05$) en al menos uno de los contrastes.

En el contraste que compara los dos tratamientos a base de H_2SO_4 (T1 vs. T2) se puede observar que la germinación de semillas tratadas con dicho compuesto químico por 1 min (T1) fue superior ($P < 0.05$) a la de las tratadas con el mismo ácido por 2 min (T2) en las semillas con 6 y 11 años de almacenamiento; mientras que en las que tenían 2, 3, 4, 5 y 7 años de almacenamiento, la germinación con T2 fue mayor ($P < 0.05$) que en T1. En las semillas con 1, 8 y 12 años de almacenamiento no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre T1 y T2. Los tratamientos basados en HCl (T3 y T4) mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$) a través de los años, la germinación de esas semillas a 2 N durante 1 h (T4) fue mayor ($P < 0.05$) que las sometidas al mismo tratamiento a 1 N durante 1 h (T3) en las semillas con periodos de almacenamiento de 1 a 4 años y de 7 a 9 años. En el resto de los años de almacenamiento no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ambos tratamientos.

Al comparar entre los tratamientos basados en H_2SO_4 (T1 y T2) y los tratamientos con base en HCl (T3 y T4), la germinación con H_2SO_4 fue mayor ($P < 0.05$) que la germinación con HCl en las semillas con 1, 2, 4, 7, 9 y 11 años de almacenamiento, y solo en las de 3 años la germinación fue mayor con el HCl; el resto de los años no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ambos ácidos.

El comportamiento de la germinación de los tratamientos con H_2SO_4 en relación con el testigo se presenta en la figura 2, ahí se puede observar que en las semillas con almacenamiento de 1, 2, 3, 6, 9 y 11 años al menos uno de los dos tratamientos con H_2SO_4 mejora la germinación ($P < 0.05$) hasta 50% en relación con el testigo, en el resto de los años no hay diferencias ($P > 0.05$).

El comportamiento de la germinación en respuesta a los tratamientos con HCl en relación con el testigo se muestra en la figura 3, en ella se puede observar que en las semillas con 1, 2, 3, 6 y 9 años de almacenamiento la germinación incrementa ($P < 0.05$) cuando se utiliza alguno de los dos tratamientos con HCl, el resto de los años no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 1

Porcentaje de germinación por años de almacenamiento para cada uno de los contrastes

Años	Contraste ($\bar{x} \pm E.E$)				
	T ₁ vs. T ₂ Tratamientos con H_2SO_4	T ₃ vs. T ₄ Tratamientos con HCl	T ₁ y T ₂ vs. T ₃ y T ₄ Comparación entre H_2SO_4 y HCl	T ₁ y T ₂ vs. T ₆ H_2SO_4 vs Testigo	T ₃ y T ₄ vs. T ₆ HCl vs Testigo
12	19.2±3.3 ^a vs 20.7±4.0 ^a	18.0±4.4 ^a vs 24.8±5.1 ^a	19.9±3.7 ^a vs 21.4±4.7 ^a	19.9±3.7 ^a vs 16.0±3.6 ^a	21.4±4.7 ^a vs 16.0±3.6 ^a
11	50.4±3.3 ^a vs 31.5±3.2 ^b	16.7±3.2 ^a vs 26.2±4.7 ^a	40.9±3.2 ^a vs 21.4±3.9 ^b	40.9±3.2 ^a vs 26.9±3.6 ^b	21.4±3.9 ^a vs 26.9±3.6 ^a
9	48.8±5.9 ^a vs 50.6±5.5 ^a	38.7±2.5 ^a vs 51.4±1.8 ^b	49.7±5.7 ^a vs 45.0±2.1 ^b	49.7±5.7 ^a vs 30.7±2.2 ^b	45.0±2.1 ^a vs 30.7±2.2 ^b
8	59.5±6.3 ^a vs 54.5±3.3 ^a	50.7±6.1 ^a vs 64.4±6.5 ^b	57.0±4.8 ^a vs 57.5±6.3 ^a	57.0±4.8 ^a vs 48.4±5.2 ^a	57.5±6.3 ^a vs 48.4±5.2 ^b
7	45.3±3.3 ^a vs 68.9±1.6 ^b	36.5±3.5 ^a vs 62.8±6.5 ^b	57.1±2.5 ^a vs 49.7±5.0 ^b	57.1±2.5 ^a vs 60.0±6.5 ^a	49.7±5.0 ^a vs 60.0±6.5 ^a
6	26.1±4.4 ^a vs 20.4±3.5 ^b	23.3±3.0 ^a vs 29.5±2.9 ^a	23.3±3.9 ^a vs 26.4±2.9 ^a	23.3±3.9 ^a vs 18.5±2.1 ^a	26.4±2.9 ^a vs 18.5±2.1 ^a
5	46.1±3.7 ^a vs 56.7±2.8 ^b	52.1±4.7 ^a vs 50.1±5.6 ^a	51.4±3.3 ^a vs 51.1±5.2 ^a	51.4±3.3 ^a vs 42.9±4.8 ^a	51.1±5.2 ^a vs 42.9±4.8 ^a
4	36.1±4.2 ^a vs 44.3±3.2 ^b	24.9±2.6 ^a vs 39.5±4.1 ^b	40.2±3.7 ^a vs 32.2±3.4 ^b	40.2±3.7 ^a vs 37.7±3.9 ^a	32.2±3.4 ^a vs 37.7±3.9 ^a
3	35.6±4.1 ^a vs 49.9±2.2 ^b	39.9±2.7 ^a vs 53.1±5.3 ^b	42.7±3.2 ^a vs 46.5±4.0 ^b	42.7±3.2 ^a vs 38.5±3.7 ^a	46.5±4.0 ^a vs 38.5±3.7 ^a
2	38.4±3.9 ^a vs 45.9±5.0 ^b	22.4±3.2 ^a vs 33.1±4.3 ^b	42.1±4.5 ^a vs 27.7±3.8 ^b	42.1±4.5 ^a vs 25.3±2.9 ^b	27.7±3.8 ^a vs 25.3±2.9 ^a
1	37.7±4.2 ^a vs 41.7±5.5 ^a	15.9±3.5 ^a vs 21.2±2.6 ^b	39.7±4.8 ^a vs 18.5±3.1 ^b	39.7±4.8 ^a vs 6.7±0.8 ^b	18.5±3.1 ^a vs 6.7±0.8 ^b

Nota: Valores con diferente literal dentro de la columna y año indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

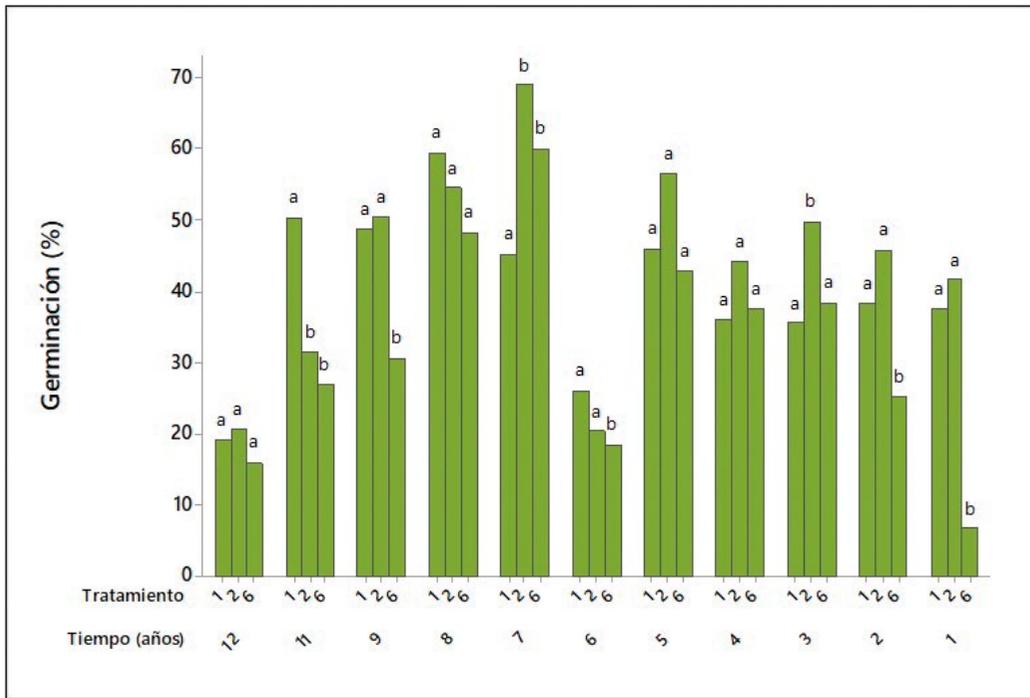


Figura 2. Efecto del uso de H₂SO₄ a 1 y 2 min de inmersión (T1 y T2, respectivamente) en relación con el testigo (T6) sobre la germinación de semilla de biznaga (*F. townsendianus*) a diferente tiempo de almacenamiento.

Elaboración propia.

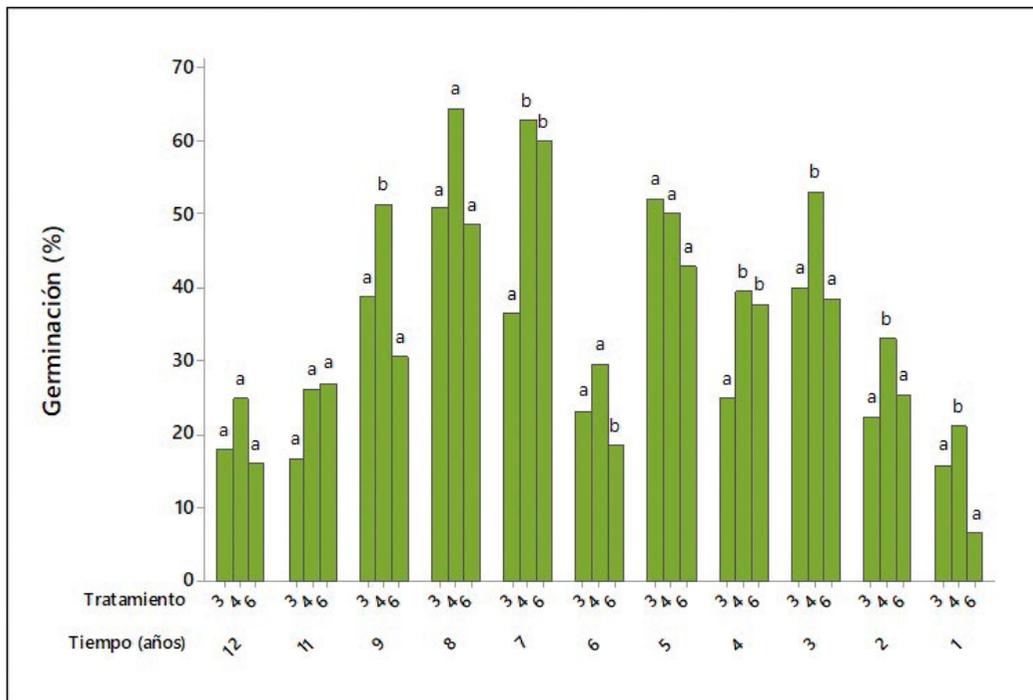


Figura 3. Efecto del uso de HCl a 1N y 2N (T3 y T4) en relación con el testigo (T6) sobre la germinación de semilla de biznaga (*F. townsendianus*) a diferente tiempo de almacenamiento.

Elaboración propia.

DISCUSIÓN

En este trabajo no hubo efecto del tratamiento con agua caliente; sin embargo, algunos autores (Méndez Natera, Ysavit Marcano, & Merazo, 2007) indican que la inmersión en agua caliente durante un tiempo relativamente corto podría utilizarse para predecir la viabilidad de las semillas, no obstante que estos procedimientos presentaron una disminución de la germinación a medida que aumentaban los tiempos de inmersión en agua. González y Mendoza (2008) concluyen que la aplicación de agua a 80 °C por 2 min produjo incrementos significativos en la germinación con respecto a la semilla sin tratar.

Independientemente de las especies es recomendable el uso de tratamientos de escarificación para aumentar la germinación de las especies (Abril-Saltos, Ruiz-Vásquez, Alonso-Lazo, & Cabrera-Murillo, 2017), tal como se muestra en este estudio (figuras 2 y 3) y que concuerda con lo reportado por González, Quiroz, García y Gutiérrez (2008) y Navarro Carbajal et al. (2008); sin embargo, de lo que no se tiene evidencia es del efecto de estos tratamientos sobre semillas almacenadas por largo tiempo.

El uso de HCl presenta resultados variables de germinación dependiendo de los tiempos de inmersión y de la especie tratada, este estudio mostró de manera consistente un comportamiento superior en la concentración 2N independientemente del tiempo de almacenamiento (figura 3); sin embargo, fue a los 7 y 8 años de almacenamiento en donde se observaron los valores más altos (63 y 64%, respectivamente), lo cual contrasta con lo obtenido por Basáñez-Muñoz et al. (2011) y Sánchez-Villegas y Rascón-Chu (2017), quienes encontraron valores muy bajos de germinación (13 y 35-46%, respectivamente), aunque el tiempo de inmersión en este ácido puede ser el causante de nivel de germinación encontrado (Villarreal Garza et al., 2013).

Las figuras 2 y 3 muestran que el uso de químicos es una buena alternativa de escarificación, en seis de las 11 fechas evaluadas se observó que el H₂SO₄ indica valores más altos, esto coincide con lo obtenido por Orozco-Cardona, Franco-Herrera y Taborda-Beltrán (2010); no obstante, el uso del HCl da resultados aceptables para el objetivo de este estudio.

Al comparar los tratamientos químicos contra el testigo (figuras 2 y 3) se observó una diferencia altamente significativa, donde se advierte que independientemente del tiempo de almacenamiento se puede incrementar la germinación arriba de 50%, como es el caso de las semillas almacenadas por 1, 2, 6, 8, 9 y 11 años. La significancia encontrada en este estudio contrasta con una investigación previa (Guillén Trujillo, Espinoza Villavicencio, Ortega Pérez, Ávila Serrano, & Palacios Espinosa, 2014) en la que no se encontraron diferencias entre las edades de las semillas sobre el porcentaje de germinación, por lo que la diferencia significativa encontrada en este trabajo puede ser inducida por el tratamiento de escarificación.

Otros autores (Bárceñas-Argüello et al., 2013) reportan que el tiempo que pasa entre la recolección y la siembra debe ser mínimo, porque las semillas sufren cambios durante el almacenamiento; no obstante, en estos trabajos las semillas no fueron sometidas a tratamientos de escarificación. Flores & Jurado (2011) comentan que hay tres patrones de germinación con el paso del tiempo: a) las semillas pierden viabilidad al año, b) las semillas permanecen viables y germinan de manera similar hasta por dos años y c) la germinación aumenta en semillas de 1 y 2 años de edad al romperse la latencia, por lo que nuestros resultados podrían encuadrarse en el tercero de los patrones descritos por estos autores, solo que a un periodo de edad de aproximadamente 7.5 años.

En los resultados del presente trabajo hubo diferencias entre los tratamientos para las semillas con 1 a 11 años de almacenamiento, pero otros investigadores (Navarro Carbajal & González, 2007; Navarro Carbajal, Cervantes Olvera, & Lázaro Castellanos, 2008) no observaron diferencias en la germinación al aplicar los tratamientos de escarificación a *Mamillaria* y *F. robustus*, respectivamente.

CONCLUSIONES

La información obtenida es relevante al indicar que la semilla de *F. townsendianus* puede germinar después de varios años de almacenamiento, con mayor intensidad entre los 7 y 8, lo que sugiere que las semillas de esta especie requieren ese proceso para mejorar su germinación.

El tratamiento de escarificación con base en agua caliente no dio resultado en el presente trabajo; sin embargo, en aquellos cuya base fueron ácidos (H_2SO_4 y HCl) aumentaron la germinación

con diferentes lapsos de almacenamiento. Los tratamientos con H_2SO_4 presentaron mayor germinación que los que tuvieron HCl en la mayoría de años de almacenamiento evaluados.

REFERENCIAS

- Abril-Saltos, R., Ruiz-Vásquez, T., Alonso-Lazo, J., & Cabrera-Murillo, G. (2017). Germinación, diámetro de semilla y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades de uso. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 703-717.
- Álvarez Aguirre, M. G., & Montaña, C. (1997). Germinación y supervivencia de cinco especies de cactáceas del Valle de Tehuacán: Implicaciones para su conservación. *Acta Botánica Mexicana*, 40, 43-58.
- Ayala Cordero, G., Terrazas, T., López Mata, L., & Trejo, C. (2004). Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*, 29(12), 692-697.
- Bárcenas-Argüello, M. L., López-Mata, L., Terrazas, T., & García Moya, E. (2013). Germinación de tres especies de *Cephalocereus* (Cactaceae) endémicas del Istmo de Tehuantepec, México. *Polibotánica*, 36, 105-116.
- Barthlott, W., & Hunt, D. (2000). Seed-diversity in the Cactaceae subfamily Cactoideae. En *Succulent Plant Research* (Vol. 5, pp. 1-173). David Hunt (publicado de manera privada).
- Basáñez-Muñoz, A. J., Domínguez-Barradas, C., Serrano-Solís, A., González-Gándara, C., Carmona Díaz, G., & Cruz-Martínez, M. (2011). Germinación de semillas de *Conocarpus erectus* var. *sericeus* E. Forst. Ex dc. en condiciones de laboratorio. *Polibotánica*, 31, 61-70. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000100005&lng=es&tlng=e.
- De la Barrera, E., & Nobel, P. S. (2003). Physiological ecology of seed germination for the columnar cactus *Stenocereus queretaroensis*. *Journal of Arid Environments*, 53(3), 297-306.
- Flores, J., & Jurado, E. (2009). Efecto de la densidad de semillas en la germinación de *Isolatocereus dumortieri* y *Myrtillocactus geometrizans*, cactáceas columnares endémicas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(1), 141-144.
- Flores, J., & Jurado, E. (2011). Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del desierto chihuahuense. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(8), 59-70.
- Flores, J., Jurado, E., & Arredondo, A. (2006). Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, México. *Seed Science Research*, 16, 149-155. doi: 10.1079/SSR2006242
- Flores, J., Jurado, E., & Jiménez-Bremont, J. F. (2008). Breaking seed dormancy in specially protected *Turbinicarpus lophophoroides* and *Turbinicarpus pseudopectinatus* (Cactaceae). *Plant. Species Biology*, 23(1), 43-46. doi: 10.1111/j.1442-1984.2008.00206.x
- Flores-Martínez, A., Manzanero-M., G. I., Rojas-Aréchiga, M., Mandujano, M. C., & Golubov, J. (2008a). Seed age germination responses and seedling survival of an endangered cactus that inhabits cliffs. *Natural Areas Journal*, 28, 58-64.
- Flores-Martínez, A., Manzanero-M., G. I., Rojas-Aréchiga, M., Mandujano, M. C., & Golubov, J. (2008b). Importancia de la latencia de las semillas para la conservación de una cactácea endémica de Oaxaca, México. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 53(4), 115-122.
- Godínez-Álvarez, H., Valverde, T., & Ortega-Baes, P. (2003). Demographic trends in the Cactaceae. *The Botanical Review*, 69(2), 173-201.
- Gómez-Hinostrosa, C., & Hernández, H. M. (2000). Diversity, geographical distribution, and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico. *Biodiversity & Conservation*, 9(3), 403-418.
- González, Y., & Mendoza, F. (2008). Efecto del agua caliente en la germinación de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. *Pastos y Forrajes*, 31(1), 47-52.
- González, M., Quiroz, I., García, E., & Gutiérrez, B. (2008). Escarificación química con ácido sulfúrico como tratamiento pregerminativo para semillas de toromiro (*Sophora toromiro* Skottsb.). *Ciencia e Investigación Forestal*, 14(1), 111-118.

- Guillén Trujillo, A., Espinoza Villavicencio, J. L., Ortega Pérez, R., Ávila Serrano, N. Y., & Palacios Espinosa, A. (2014). Efecto del tiempo de almacenamiento de la semilla en la germinación y sobrevivencia de *Ferocactus townsendianus* Britt & Rose. *Interciencia*, 39(10), 732-735.
- Hernández, H. M., & Godínez A., H. (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*, 26, 33-52.
- Méndez, E. (2011). Efecto de la temperatura, escarificación y concentraciones de calcio en la germinación de *Gymnocalycium schickendantzii* (F.A.C. Weber) Britton & Rose (Cactaceae). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo*, 43(2), 103-109.
- Méndez Natera, J. R., Ysaviñ Marcano, L., & Merazo, J. (2007). Uso del agua caliente para evaluar la calidad de semillas de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Tecnológica ESPOL*, 20(1), 229-236.
- Meza-Rangel, E., Tafoya, F., Lindig-Cisneros, R., Sigala-Rodríguez, J. J., & Pérez-Molphe-Balch, E. (2014). Distribución actual y potencial de las cactáceas *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* y *M. perezdelarosae* en el estado de Aguascalientes, México. *Acta Botánica Mexicana*, 108, 67-80.
- Navarro Carbajal, M. C., Cervantes Olvera, G., & Lázaro Castellanos, J. O. (2008). Efecto de la escarificación de semillas en la germinación de dos especies de *Mammillaria*. *Zonas Áridas*, 12(1), 97-105.
- Navarro Carbajal, M. C., & González, E. M. (2007). Efecto de la escarificación de semillas en la germinación y crecimiento de *Ferocactus robustus* (Pfeiff.) Britton & Rose (Cactaceae). *Zonas Áridas*, 11(1), 195-205.
- Navarro Carbajal, M. C., & Juárez Tentle, M. S. (2006). Evaluación de algunos parámetros demográficos de *Mammillaria zephyranthoides* en Cuautinchán, Puebla, México. *Zonas Áridas*, 10(1), 74-83.
- Navarro Carbajal, M. C., Saldívar Sánchez, S., & Eliosa León, H. R. (2010). Efecto de la escarificación y de la edad de semillas en la germinación de *Mammillaria mystax*. *Zonas Áridas*, 14(1), 196-205.
- Orozco-Cardona, A. F., Franco-Herrera, N., & Taborda-Beltrán, L. A. (2010). Evaluación de tres métodos de escarificación en semillas de algarrobo (*Hymenaea courbaril* L.). *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 20, 36-41.
- Rojas-Aréchiga, M., Mandujano, M. C., & Golubov, J. K. (2013). Seed size and photoblastism in species belonging to tribe Cacteeae (Cactaceae). *Journal of Plant Research*, 126(3), 373-386.
- Rojas-Aréchiga, M., & Vázquez-Yanes, C. (2000). Cactus seed germination: A review. *Journal of Arid Environments*, 44(1), 85-104.
- Ruiz González, S. P., Rojas Aréchiga, M., & Mandujano, M. C. (2011). Descripción morfológica y germinación de las semillas de *Echinomastus unguispinus*. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 56(2), 36-44.
- Sánchez-Salas, J., Flores, J., & Martínez-García, E. (2006). Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lemaire. (CACTACEAE), especie amenazada de extinción. *Interciencia*, 31(5), 371-375.
- Sánchez-Soto, B., Reyes-Olivas, A., García-Moya, E., & Terrazas, T. (2010). Germinación de tres cactáceas que habitan la región costera del noroeste de México. *Interciencia*, 35(4), 299-305.
- Sánchez Villegas, A., & Rascón-Chu, A. (2017). Efecto de la escarificación química y del ácido giberélico en la germinación de *Mammillaria mainiae*. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 62(1), 4-12.
- Scheinvar, L., Olalde-Parra, G., & Gallegos-Vázquez, C. (2015). Una nueva especie del género *Opuntia* (Cactaceae) para el estado de Veracruz, México. *Botanical Sciences*, 93(1), 33-39.
- Villarreal Garza, J. A., Rocha Estrada, A., Cárdenas Ávila, M. L., Moreno Limón, S., González Álvarez, M., & Vargas López, V. (2013). Caracterización morfométrica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. *Phyton*, 82(2), 169-174. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572013000200003&lng=es&tlng=pt

Estimación de la huella hídrica en la producción agrícola de lima Tahití en la Cuenca La Angula, Santander, Colombia

Estimation of water footprints in agricultural production from Tahiti lime in La Angula Basin, Santander, Colombia



Carlos Fernando Arenas-Jiménez*✉, Sandra Natalia Correa-Torres**, Sergio Manuel Pineda-Vargas***

Arenas-Jiménez, C. F., Correa-Torres, S. N., & Pineda-Vargas, S. M. (2020). Estimación de la huella hídrica en la producción agrícola de lima Tahití en la Cuenca La Angula, Santander, Colombia. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 52-61.

RESUMEN

Este estudio cuantifica la huella hídrica (HH) azul, verde y gris del cultivo de lima Tahití en la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula, Santander, Colombia. Así mismo se analiza la sostenibilidad en el uso del recurso hídrico utilizado en estas actividades. Para esto se utilizó la metodología estándar de cálculo de HH para actividades agrícolas, en donde se determinó el volumen de agua azul y verde adicionada en la producción de lima Tahití y la cantidad del recurso para la depuración de contaminantes en la gris. Para los años estudiados (húmedo y seco) el consumo total para la produc-

ción anual del fruto estudiado fue $1.74 \times 10^6 \text{ m}^3$ con una huella virtual de $452.3 \text{ m}^3/\text{t}$ para el año húmedo, mientras que para el año seco las HH total y virtual fueron de $1.25 \times 10^7 \text{ m}^3$ y $486.2 \text{ m}^3/\text{t}$, respectivamente.

ABSTRACT

This study quantifies the blue, green and gray water footprint (WF) of the Tahiti lime crop in the upper area of the La Angula ravine basin, Santander, Colombia. Likewise, sustainability in the use of the water resource used in these activities is analyzed. For this, the standard methodology of WF calculation was used for agricultural activities, where the volume of blue and green water added in the production of Tahiti lime and the amount of the resource for the purification of contaminants in the gray was determined. For the years studied (wet and dry), total consumption for annual production of Tahiti lime was $1.74 \times 10^6 \text{ m}^3$ with a virtual footprint of $452.3 \text{ m}^3/\text{t}$ for the wet year, while for the dry year, total and virtual were $1.25 \times 10^7 \text{ m}^3$ and $486.2 \text{ m}^3/\text{t}$, respectively.

Palabras clave: huella hídrica; gestión del recurso hídrico; actividades agrícolas; Cuenca de La Quebrada la Angula.

Keywords: water footprint; water resources management; agricultural activities; La Angula Basin.

Recibido: 11 de febrero de 2019 Aceptado: 22 de noviembre de 2019

* Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería. Cra. 6 N° 97ª - 99, C. P. 230002, Montería, Colombia. Correo electrónico: carlos.arenas@upb.edu.co. DOI: <http://orcid.org/0000-0002-9572-1868>

** Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Km 7 vía Floridablanca- Piedecuesta, C. P. 681017, Colombia. Correo electrónico: sandra.correa@upb.edu.co. DOI: <http://orcid.org/0000-0002-9572-1868>

*** Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Km 7 vía Floridablanca- Piedecuesta, C. P. 681017, Colombia. Correo electrónico: sergio.pineda@upb.edu.co. DOI: <http://orcid.org/0000-0001-6333-9878>

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

Hay mucho por hacer en el tema del análisis y la gestión del agua, aunque se han logrado importantes avances mediante la definición de indicadores de requerimientos hídricos como el agua virtual (AV) y la huella hídrica (HH) (Velázquez, 2008; Zhang, Huang, Yu, & Yang, 2017). La idea de considerar el uso del agua a lo largo de las cadenas de suministro

se ha ganado el interés después de que Hoekstra introdujera el concepto de *huella de agua* (Hoekstra, 2003). La HH puede ser considerada como un indicador integral del aprovechamiento de las fuentes de agua dulce, al lado de la medida tradicional de agua extraída de la fuente.

Para el año 2006 a nivel mundial la HH fue de 7,450 Gm³/año, donde en la India se calculó un valor de 987 Gm³/año, mientras en Estados Unidos de 2,480 m³/año por persona. En Europa se estimó con valores de 2,300 a 2,400 m³/año por persona, siendo más alta en países del sur como Grecia, Italia y España. En países como China se calculó para ese año una muy baja de 700 m³/año por persona (Hoekstra & Chapagain, 2006).

En Colombia la aplicación de la metodología para el cálculo de la HH inició con el proyecto Suiza-Agua, desarrollado por la Agencia para el Desarrollo y la Cooperación Suiza (Cosude) en 2009, el cual se enfocó en estimar los consumos de agua por las actividades agrícolas a nivel nacional (Arévalo Uribe & Sabogal Mogollón, 2012). En otro estudio, Builes Cedula (2013) determina la HH de la Cuenca del río Porce. Estudios más actuales como el del IDEAM (2015) para Colombia, desarrollaron un análisis de HH azul y verde, junto a un análisis económico para evaluar el comportamiento con relación a las áreas de siembra para 12 cultivos de Colombia en 2012, entre los cultivos estaban arroz, banano, cacao, caña, café, frijol, maíz, plátano, palma de aceite, plátano, soya y yuca (Campuzano, Ochoa, Guzmán, & Rodríguez, 2015).

Por el incremento del cultivo de limón Tahití en Colombia sería de interés calcular la HH respectiva, ya que en el territorio de dicho país existen cerca de 90,000 ha sembradas con cítricos, donde el limón Tahití ocupa 20% de los terrenos colombianos (DANE, 2015). En 2014, Colombia produjo cerca de 360,836 t de dos clases de limón, Tahití y Castilla (DANE, 2015). Entre los departamentos del país más productores de limón Tahití en 2014 están Nariño con 70% de la producción, así como Tolima, Cauca y Santander. En 2013 el departamento de Santander produjo 21,740 t de limón Tahití del total de 35,495 t, seguido

de otros como Antioquia, Tolima y Risaralda, información presentada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

El caso de la Cuenca Quebrada La Angula tiene una importancia de abastecimiento de alimentos a un casco urbano aproximado de 1,200,000 habitantes en Bucaramanga, Santander. Los cultivos de piña y de lima Tahití son la fuente económica de la población presente en esta Cuenca La Angula, pero los reemplazos de coberturas naturales por actividades agropecuarias están afectando la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, además de que existe la problemática del cambio climático que está afectando los cultivos por los extensos periodos de lluvia y sequía. En 2015 el fenómeno El Niño afectó los cultivos de cítricos y redujo el volumen de producción, así como la calidad de la fruta, causada por déficit hídrico y altas temperaturas (IDEAM, 2015).

De acuerdo con lo anterior, se plantea la pregunta de investigación: ¿Es sostenible la HH del cultivo de limón Tahití presente en la zona alta de la Quebrada La Angula del municipio de Lebrija en relación con la disponibilidad del recurso hídrico y sostenibilidad del mismo teniendo en cuenta épocas de lluvia y sequía?

El presente artículo tuvo como objetivo estimar la HH que se genera a partir de la producción agrícola del cultivo de lima Tahití de la zona alta de la Cuenca La Angula, Santander, así como determinar la sostenibilidad de la huella respecto a la oferta hídrica de la zona. El estudio se enfoca en dos años específicos: 2007 y 2015, donde se analizó el cambio del consumo de agua de acuerdo con el régimen de precipitaciones de la zona La Angula. La información recolectada para el cálculo de la HH fue obtenida de las entidades ambientales como Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca (POM-CA) del Lebrija Alto y la Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga Santander, Colombia (CDMB). De acuerdo con la información disponible, se decidió centrar el estudio en dos años con cambios climatológicos extremos, en donde 2007 fue muy húmedo y 2015 muy seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Etapas 1: Sistema de información geográfica y procesamiento de información

La implementación del sistema de información geográfico permitió la recolección y estimación de parámetros climatológicos y de suelo necesarios para el cálculo de la HH en el lugar de estudio (latitud: 7.005, longitud: -73.2239). La información climatológica se recolectó de estaciones por medio del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), donde se extrajo la información de temperatura, humedad relativa, evaporación y caudales de la Quebrada La Angula.

Los datos del uso de suelo y su cobertura se basaron en los documentos del Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca (POMCA) del Lebrija Alto, ubicada en Santander, Colombia y en informes reportados por la Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga Santander, Colombia (CDMB) durante los últimos años (CDMB, 2004) (CORPOICA-CDMB, 1997). Estos mapas se procesaron en ArcGis, en formato ráster, superponiendo uno sobre otro para obtener un mapa con todas las características de suelos y coberturas diferenciadas según las diferentes unidades taxonó-

micas de la zona delimitada. Las coberturas fueron actualizadas mediante fotografías aéreas tomadas por dron y procesadas digitalmente.

Determinación de caudales. La información de caudales de la Cuenca de la Quebrada La Angula para estimar la oferta de agua azul mensual fue proporcionada por la CDMB. Esta información corresponde a datos tomados en el periodo comprendido desde 1994 hasta 2017. Los datos de caudales disponibles para la zona de estudio se procesaron a partir de la metodología llamada aproximación hidrológica de "gran visión" para estimar los caudales medios mensuales (Salinas-Rodríguez, 2011).

Los caudales ecológicos se calcularon mediante el método de Aproximación hidrológica "detallada", plasmada en la *Guía rápida para la determinación de caudales ecológicos* (Salinas-Rodríguez, 2011) por medio de la selección de un objetivo ambiental de acuerdo con el estado de conservación que se quiere mantener en la fuente hídrica, dependiendo de factores tales como la presencia de especies amenazadas, zonas de protección o conflictos por el uso del agua. Asimismo, esto depende de si la corriente es perenne o temporal, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Valores de referencia para asignar un volumen de caudal ecológico conforme a los objetivos ambientales

OBJETIVO AMBIENTAL	ESTADO DE CONSERVACIÓN	CAUDAL ECOLÓGICO (% EMA)	
		CORRIENTES PERENNES	CORRIENTES TEMPORALES
A	Muy bueno	≥40	≥20
B	Bueno 2	5-39 1	5-19
C	Moderado 1	5-24 1	0-14
D	Deficiente 5	-14	5-9

Nota: Tomada de Salinas-Rodríguez (2011).

Etapa 2: Cálculo de HH

La estimación de la HH agrícola conformada por el cálculo de tres específicas, la azul, la verde y la gris, se hizo siguiendo la metodología de Hoekstra et al. (2011).

Cálculo de la HH verde. Por medio del software Cropwat 8.0 se calculan los requerimientos de agua verde (CWU_{verde}) para un cultivo como la precipitación efectiva (FAO, 2006). Esta representa la fracción de lluvia que realmente es utilizada por las plantas desde la época de siembra hasta el momento de cosecha. La precipitación efectiva se presenta en mm, por lo que el resultado que da el modelo se debe multiplicar por 10 para convertirlo en m^3/ha o consumo de agua del cultivo.

A partir de estos requerimientos se calcula la HH (m^3/mes) y el agua virtual (m^3/t). El modelo que maneja el Cropwat necesita de tres tipos de variables de entrada que corresponden a clima, cultivos y suelos.

Cálculo de la HH azul. Para obtener los requerimientos de agua azul del cultivo (CWU_{azul}) se calculó la diferencia entre el requerimiento del cultivo y la precipitación efectiva. Ambas variables fueron estimadas por el Cropwat. Si el resultado de la diferencia es positivo, ese valor hace referencia al requerimiento de agua azul, mientras que si la resta es igual o menor a cero, no se presenta HH azul para el periodo y cultivo calculados. Al resultado se le hizo la misma conversión que para los requerimientos de agua verde.

Cálculo de la HH gris. Para calcular el contenido de agua contaminada, se utiliza la siguiente fórmula:

$$HH_{cont} = \frac{(axAR) / (c_{max} - c_{nat})}{Rendimiento}$$

donde $axAR$ es el producto de la tasa de aplicación de agroquímicos (AR) por hectárea por fracción de lixiviados (a) dividido entre la máxima concentración aceptable (c_{max}) menos la concentración natural de sustancias químicas (c_{nat}), todo esto dividido en el rendimiento del cultivo (Hoekstra et al., 2011).

Etapa 3: Sostenibilidad de la HH

Sostenibilidad de la HH verde. Se calcula dividiendo las sumatorias de HH_{verde} mensual, entre la *Disponibilidad de Agua verde mensual* (Hoekstra et al., 2011) para obtener la *Escasez de agua verde mensual* ($EAVerde$) así:

$$EAVerde = \frac{\sum HH_{verde} \text{ mensual}}{DA_{verde} \text{ mensual}}$$

La disponibilidad de agua verde mensual DA_{verde} mensual se calcula mediante la diferencia entre la evapotranspiración propia de la cuenca ETx estimada por el modelo de Penman-Montheith del módulo de clima del software CROPWAT 8.0, la evapotranspiración de la vegetación natural y de las zonas no productivas, restando los porcentajes de las áreas de estas dos últimas zonas respecto al área total de estudio, es decir, se tuvieron en cuenta solo las áreas cultivadas así:

$DA_{verde} \text{ mensual}$

$$= ET_{x,t} \text{ (total mensual)} - ET_{x,t} \text{ (nat mensual)} \\ - ET_{x,t} \text{ (improd. mensual)}$$

El modelo de Penman-Montheith requiere información para un periodo de tiempo que suele ser anual, aunque puede cambiar dependiendo del tiempo de vida del cultivo a analizar. Los datos de entrada del modelo son temperatura máxima y mínima, humedad relativa, viento e insolación. Si el $EAVerde > 1$, el uso de agua verde no es sostenible pues los requerimientos de los cultivos son mayores a la *Disponibilidad de Agua verde*. Si el $EAVerde < 1$, la verde es sostenible.

Sostenibilidad de la HH azul. Se debe comparar con la Oferta natural de agua azul mensual ($AO_{natural}$ azul mensual), donde a la *Oferta natural mensual* de la cuenca (recurso hídrico superficial y subterráneo que sirve como recarga natural) se le resta el *Caudal ecológico* necesario para el funcionamiento normal y natural del ecosistema fluvial (Hoekstra et al., 2011) de la siguiente manera:

$AO_{natural}$ azul mensual

$$= \text{Oferta natural mensual} - \text{Caudal Ecológico mensual}$$

Posteriormente, se calcula la *Escasez de agua azul mensual (EAAzul)*, con los datos obtenidos anteriormente:

$$EAAzul = \frac{\Sigma HH\ azul\ mensual}{OA\ natural\ y\ regulada\ (azul\ mensual)}$$

Si el $EAAzul > 1$, el uso de agua azul no es sostenible, ya que es mayor el requerimiento de agua que la oferta que puede dar la cuenca. Si el $EAAzul < 1$, significa que los requerimientos no sobrepasan la oferta, de modo que la HH azul es sostenible.

Sostenibilidad de la HH gris. Se determina mediante el Nivel de contaminación del agua (NCA), el cual se calcula dividiendo la sumatoria de HH gris mensual, entre la oferta natural regulada R total mensual (embalses y trasvases) disponible para diluir el mayor contaminante (Hoekstra et al., 2011). Para el caso de estudio en la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula no hay presencia de estructuras como embalses o trasvases, así que finalmente la oferta natural para comparar con la HH gris fue la diferencia entre la oferta de agua azul menos la azul, pues este último volumen ya se ha consumido:

$$NCA\ mensual = \frac{\Sigma HH\ gris\ mensual}{R\ total\ mensual}$$

RESULTADOS

Se estimó el régimen de caudales para la zona alta de la Cuenca de La Quebrada La Angula para caudales seco, medio y húmedo de acuerdo con el método de aproximación hidrológica "detallada" en Salinas-Rodríguez (2011). A partir de los caudales medios mensuales se determinó un porcentaje de 15% correspondiente al caudal ecológico para un estado de conservación moderado de la cuenca según Salinas-Rodríguez (2011) de acuerdo con la metodología de aproximación hidrológica "de gran visión" (figura 1).

Para la zona alta de la Quebrada La Angula se estimó que para la producción de lima Tahití durante un año húmedo (2007) la HH total fue de 1,737,144,968 m³, teniendo un área cultivada de 240 ha, una producción de 3.840 t y un rendimiento de 16 t/ha. Para un año seco (2015), la HH total fue de 12,499,284,209 m³ para un área de 1179.5 ha, una

producción de 25713.1 t y un rendimiento de 21.8 t/ha. La distribución de las azul, verde y gris para cada uno de los años analizados (figura 2A y 2B), donde se aprecia cómo la verde, directamente relacionada con la precipitación efectiva de la zona, posee un porcentaje mucho más grande cuando el régimen de precipitaciones anuales es alto (figura 2A). Cuando las lluvias son escasas, se hace necesario el uso directo de agua de alguna fuente como embalses, ríos o lagunas, por lo cual el porcentaje de HH azul aumenta considerablemente. En el caso de la zona de estudio, para el año seco se incrementó el consumo de la captación directa de la Quebrada La Angula (figura 2B).

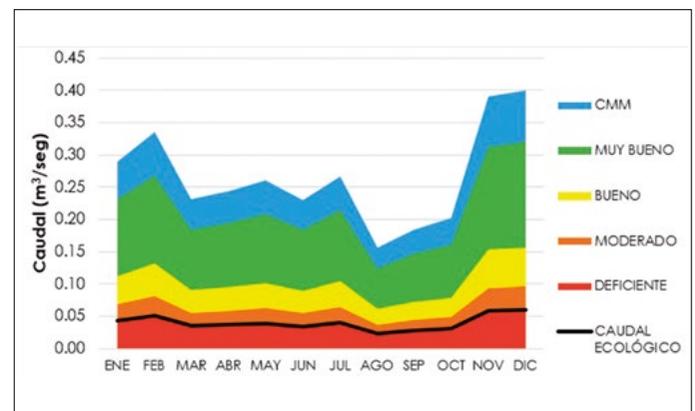


Figura 1. Caudal ecológico conforme objetivos ambientales y sus valores de referencia para la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula, Santander, Colombia (CMM: caudal medio mensual).

Elaboración propia.

Análisis de sostenibilidad

Para el año húmedo (2007), comparada con el año seco (2015), en la zona de estudio no estaba tan intensificada la actividad agrícola. Adicionalmente, para el primer año se registró un valor de precipitación anual de 1030.6 mm, mientras que para el segundo fueron 675.1 mm. En las figuras 3, 4 y 5 se presenta la comparación entre cada una de las HH (verde, azul y gris) respecto a la oferta de agua disponible para cada caso durante el año húmedo (2007). Tanto en la azul, como en la verde y gris, el análisis de sostenibilidad resulta positivo; es decir, en ninguno de los meses analizados del año el consumo sobrepasa la oferta disponible.

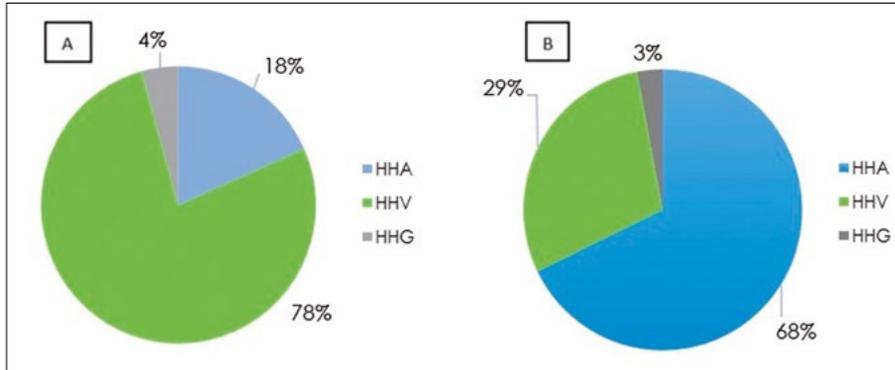


Figura 2. Distribución de la huella hídrica en la zona alta de la Cuenca la Angula, Santander, Colombia, según tipo de huella y tipo de cultivo. A) Para el año 2007 (húmedo) y B) para el año 2015 (seco).

Elaboración propia.



Figura 3. Huella hídrica verde versus disponibilidad de agua verde mensual (DAV) de la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula durante el año húmedo (2007).

Elaboración propia.

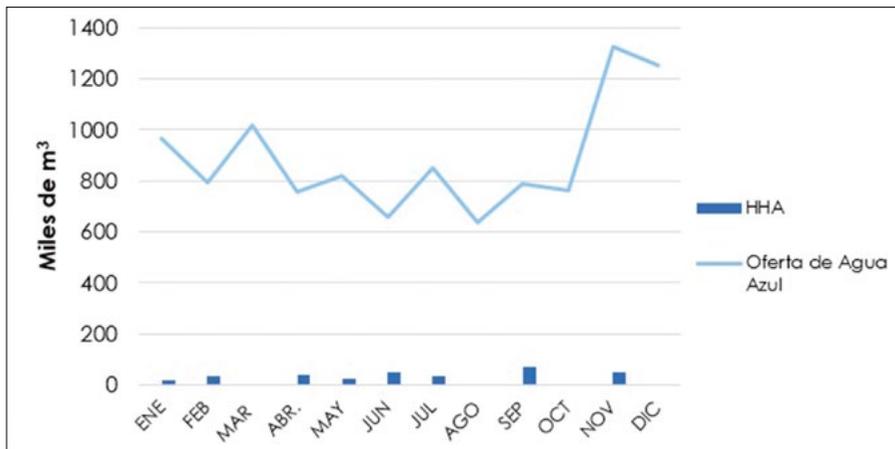


Figura 4. Huella hídrica azul versus oferta de agua azul neta de la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula durante el año húmedo (2007).

Elaboración propia.



Figura 5. Huella hídrica gris versus oferta natural de la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula durante el año húmedo (2007).
 Elaboración propia.

Para el caso del año seco (2015) se presentó el fenómeno El Niño (año de sequía en Colombia), que afectó principalmente el segundo semestre. Asimismo, el aumento en la extensión cultivada ocasionó repercusiones negativas en el consumo sostenible del agua. En las figuras 6 y 7 se muestra el análisis de sostenibilidad para la verde y azul durante el año seco. En el caso de la verde, esta nunca supera la disponibilidad de agua, de modo que la sostenibili-

dad es positiva. Por su parte, la azul supera la oferta de agua de la Quebrada La Angula la mayor parte del año, generando puntos críticos en casi todos los meses. Para el caso de 2015 la afectación llegó a su estado más grave en el mes de octubre, donde prácticamente la oferta de agua azul era nula. Sin embargo, el consumo de agua para cultivos se dio pues los cultivadores tomaron el agua proveniente de las fuentes que drenan a la Quebrada La Angula.



Figura 6. Huella hídrica verde versus disponibilidad de agua verde mensual (DAV) de la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula durante el año seco (2015).
 Elaboración propia.

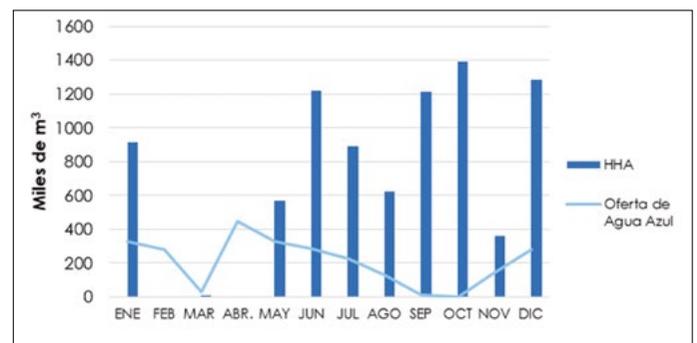


Figura 7. Huella hídrica azul versus oferta de agua azul neta de la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula durante el año seco (2015).
 Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Los valores de HH por tonelada para la lima Tahití en la zona de estudio durante los años húmedo y seco fueron comparados con los valores reportados por Mekonnen y Hoekstra (2011) según la base de datos de la FAOSTAT. Estos datos representan valores promedios globales y se registran con los valores calculados en el presente estudio (tabla 2).

Respecto al cultivo de lima Tahití, las diferencias más importantes se presentan en la verde por tonelada para el año seco y en la azul para el año húmedo. Esta última representó cerca de la mitad del valor global, mientras que la huella del seco es bastante cercana, correspondiendo a 93.52% del promedio global. El contenido de agua gris es inferior al valor promedio global, reportado por Mekonnen y Hoekstra (2011). Esto podría deberse a que en el presente estudio solo se tuvo en cuenta la lixiviación del nitrógeno según Builes Cedula (2013).

Según resultados de Bolaños (2011) y en la comparación con los valores reportados por Mekonnen y Hoekstra (2010) en relación con diferentes tipos de cultivo, los valores en general para países latinoamericanos son más bajos que el promedio global estimado según la FAOSTAT. Esto indica que los datos de huella virtual para el cultivo de lima Tahití en la zona alta de la Cuenca La Angula sí pueden

ser inferiores respecto al promedio global y que podrían llegar a ser más bajos en condiciones de altas precipitaciones.

Según el *Estudio Nacional del Agua* (ENA) en su versión de 2014 (IDEAM, 2015) los cítricos tuvieron una huella hídrica nacional de cerca de 770 Hm³ para el 2012. Aunque el consumo que representan los cítricos es superado ampliamente por cultivos como el café, la palma de aceite, el plátano y la caña, los cítricos están entre los 10 cultivos permanentes con más consumo de agua en el territorio colombiano (IDEAM, 2015). En la edición de 2018 los cítricos han aumentado su consumo a cerca 890 Hm³, estando todavía entre los 10 cultivos permanentes con mayor huella hídrica en el país (IDEAM, 2019).

Santander es uno de los cuatro departamentos que poseen mayores demandas de agua en el país con 7.8%, a la vez que de los que presenta más susceptibilidad al desabastecimiento (IDEAM, 2019), por lo cual requiere especial atención en el modo en que se está desarrollando la gestión del recurso hídrico. En el caso de la zona de estudio, los cultivos de lima Tahití representan cerca de 25% del total del área cultivada, lo que implica que uno de los consumos más importantes de agua en la delimitación sea precisamente en las actividades relacionadas con la producción de dicho cítrico.

Tabla 2

Comparación de huella hídrica por tonelada respecto al promedio mundial

	Promedio global*	Zona alta Cuenca La Angula 2007	Zona alta Cuenca La Angula 2015
	(m ³ /t)	(m ³ /t)	(m ³ /t)
HH Verde	432	350	329.67
HH Azul	152	82.88	142.15
HH Gris	58	19.51	14.32
HH Total	642	452.39	486.14

Nota: Adaptada de Mekonnen y Hoekstra (2011).

Los resultados del presente artículo muestran el cambio temporal de la HH en la zona alta de la Cuenca La Angula, comprobando que existen tres variables fundamentales que determinan la HH agrícola. En primer lugar está el tipo de cultivo, pues dependiendo de la especie se tiene un consumo y una evaporación diferente (FAO, 2006). Asimismo, al comparar los resultados de 2007 con los de 2015, el aumento en el área cultivada como segunda variable, implica un mayor consumo de recurso hídrico. Por último la precipitación, pues en temporadas con mayor régimen de lluvias los cultivos consumen más y, por tanto, aumenta la HH verde (Hoekstra et al., 2011).

Resulta importante ir actualizando los cálculos de HH para la zona y para los diferentes cultivos que existen desde 2015 hasta ahora, de modo que la misma pueda funcionar como una herramienta de gestión del recurso hídrico. Lo más importante de la HH no es el consumo en sí mismo, sino el análisis de sostenibilidad, pues al encontrar puntos críticos es posible encontrar medidas que prevengan o mitiguen los impactos generados a la cuenca, no solo desde el punto de vista ambiental, sino social y económico; de modo que se pueda, por ejemplo, regular las extensiones y tipos de cultivo para no afectar su sostenibilidad a la vez que se fomente la protección

y preservación de los ecosistemas naturales, ya que en el caso de la zona alta de la Cuenca La Angula (figura 8) las extensiones de zonas explotadas por actividades agrícolas aumentan a la par del crecimiento demográfico de los municipios cercanos. La HH representa un indicador básico para que la academia y las autoridades ambientales trabajen en conjunto con las comunidades agrícolas.

CONCLUSIONES

Para 2007 la HH total en la zona alta de la Cuenca La Angula para el cultivo de lima Tahiti fue de 1.74×10^6 m³, correspondiente a 18% azul, 78% verde y 4% gris. La huella virtual para dicho año fue de 452.4 m³/t. Para el año 2015, la HH total para el mismo cultivo fue de 1.25×10^7 m³ con una distribución de 68% azul, 29% verde y 3% gris. La huella virtual para este año fue de 486.2 m³/t. El año húmedo (2007) presentó indicadores positivos de sostenibilidad, mientras que el seco (2015) presentó hotspots en el análisis de HH azul, al punto de afectarse totalmente la oferta de agua azul. El cálculo de la HH representa un indicador de gran utilidad para la elaboración de medidas de gestión para reducir los impactos negativos y mejorar la sostenibilidad en una cuenca.



Figura 8. Cultivos de lima Tahiti en la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula. Fotografía del equipo de investigación.

REFERENCIAS

- Arévalo Uribe, D., & Sabogal Mogollón, J. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica*. Colombia: WWF.
- Bolaños, M. E. (2011). *Determinación de la huella hídrica y comercio de agua virtual de los principales productos de Honduras*. Honduras: Universidad Zamorano.
- Builes Cedula, E. D. (2013). *Cuantificación y análisis de sostenibilidad ambiental de la huella hídrica agrícola y pecuaria de la cuenca del río Porce* (Tesis de maestría). Recuperada de Repositorio digital de la Universidad Nacional de Colombia bdigital.
- Campuzano, C., Ochoa, J., Guzmán, A., & Rodríguez, C. (2015). *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia: Resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014*. Medellín, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (2004). *Plan de ordenamiento y manejo ambiental Subcuenca Lebrija Alto* [Documento en pdf]. Bucaramanga, Colombia: CDMB.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (1997). *Estudio semidetallado de suelos de la Subcuenca de la Quebrada La Angula* (123 pp.). Bucaramanga, Colombia: CORPOICA-CDMB.
- DANE. (2015). Cultivo del limón o lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) frente a los efectos de las condiciones climáticas adversas. *Boletín mensual. Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria*, 41.
- Hoekstra, A. Y. (Ed.). (2003). Virtual water trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. En *Value of Water Research* (Report Series No. 12). Delft, Netherlands: IHE Delft.
- _____ (2017). Water Footprint Assessment: Evolvement of a New Research Field. *Water Resources Management*, 31(10), 3061-3081. doi: 10.1007/s11269-017-1618-5
- Hoekstra, A. Y., & Chapagain, A. K. (2006). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, 21, 35-48. doi: 10.1007/s11269-006-9039-x
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual*. London-Washington D.C.: Earthscan.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM.
- _____ (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018*. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crops products. En *Value of Water Research* (Report Series No. 47). Delft, Netherlands: UNESCO-IHE.
- _____ (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hidrology and Earth System Sciences*, 15, 1577-1600. doi: 10.5194/hess-15-1577-2011
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Estudio FAO riego y drenaje*, 56.
- Salinas-Rodríguez, S. (2011). *Guía rápida para la determinación de caudales ecológicos*. México: Alianza WWF-Fundación Gonzalo Ríos Arronte, I.A.P.
- Velázquez, E. (2008). *Agua virtual, huella hídrica y el binomio agua-energía: Repesando los conceptos* (12 pp.). Sevilla, España: Universidad Pablo de Olavide. Recuperado de http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_documento/agua_virtual.pdf
- Zhang, Y., Huang, K., Yu, J., & Yang, B. (2017). Mapping of water footprint research: A bibliometric analysis during 2006-2015. *Journal of Cleaner Production*, 149, 70-79. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.067

Intención emprendedora en los productores de Chile del estado de Aguascalientes: Perspectiva desde las relaciones de colaboración

Entrepreneurial intention in chili producers in Aguascalientes state: A perspective from collaborative networks



Neftalí Parga-Montoya*✉, Javier Eduardo Vega-Martínez*, Guillermo Miramontes-Acevedo*

Parga-Montoya, N., Vega-Martínez, J. E., & Miramontes-Acevedo, G. (2020). Intención emprendedora en los productores de Chile del estado de Aguascalientes: Perspectiva desde las relaciones de colaboración. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 62-74.

RESUMEN

Las redes de colaboración son un tópico relevante para el desarrollo económico, social e individual de los emprendedores. Se tiene como base la teoría de los recursos y capacidades para analizar las redes que tienen los productores de Chile con otros actores del sector. El estudio tiene como objetivo principal medir los efectos de las redes de colaboración, tanto empresariales como institucionales sobre las intenciones emprendedoras. Se realizó un estudio empírico con 94 agricultores ubicados en el estado de Aguascalientes, México. Las hipótesis planteadas se contrastaron a partir de regresiones multivariantes. Los resultados obtenidos más relevantes se centran en las redes institucionales como detonantes de la intención emprendedora, teniendo efectos diferentes entre sí al conjuntar la escolaridad y la

experiencia en el modelo. De la misma manera, las contribuciones teóricas recaen en el desarrollo de una perspectiva de la intención emprendedora sustentada en la formación académica con implicaciones importantes en los productores.

ABSTRACT

Collaborative networks is a relevant topic for the economic, social and individual development of entrepreneurs. It is based on the neo-institutional theory with which the producers of Chile in Mexico are analyzed. The main objective of the study is to measure the effects of both business and institutional collaborative networks on entrepreneurial intentions. An empirical study was conducted with 94 farmers located in the state of Aguascalientes. The hypotheses raised were contrasted from multivariate regressions. The most relevant results obtained focus on institutional networks as triggers of entrepreneurial intent, having different effects from each other by combining schooling and experience in the model. In the same way, theoretical contributions lie in the development of an entrepreneurial intention perspective based on academic training with important implications for producers.

Palabras clave: agricultura; desarrollo rural.
Keywords: agriculture; rural development.

Recibido: 8 de marzo de 2019 Aceptado: 29 de octubre de 2019

* Departamento de Agronegocios, Centro de Ciencias Empresariales, Campus Sur, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Prolongación Mahatma Gandhi 6601, Col. El Gigante, Ejido Arellano, C. P. 20340, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: neftali.parga@edu.uaa.mx; javier.vega@edu.uaa.mx; gmirac82@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4832-4103>; <https://orcid.org/0000-0001-9599-9387>; <https://orcid.org/0000-0002-7366-0312>

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

Los emprendedores son considerados un elemento clave en la promoción de innovación (Lasso, Mainardes, & Motoki, 2019; Zhai et al., 2018), creación de empleo (Barba-Sánchez & Atienza-Sahuquillo, 2017;

Singh & DeNoble, 2003) y crecimiento económico (Manimala & Wasdani, 2015; Neneh & Vanzyl, 2014). En ciertas ocasiones origina beneficios sociales debido a que logran cubrir necesidades particulares de desigualdad social en las economías.

De acuerdo con el último reporte del Global Entrepreneurship Monitor (Naranjo, Campos, & López, 2016), los mexicanos opinan que la mayoría no percibe buenas oportunidades de negocio (51.7% hombres y 58.7% mujeres), consideran que no se tienen las habilidades, experiencias y conocimientos para iniciarlo (50.1% hombres y 58.8% mujeres); también señalan que los mexicanos que han percibido oportunidades no emprenden por miedo al fracaso (68% hombres y 65.8% mujeres). Este análisis es crucial para el entendimiento del comportamiento emprendedor absolutamente crítico para la creación de empresas a partir de la identificación de oportunidades y no por necesidad (Shu, Ren, & Zheng, 2018).

El contexto del emprendedor juega un papel importante para el desarrollo personal y profesional de los individuos, puesto que la conexión con otros actores opera tanto de manera informal como formal (Urban & Kujinga, 2017). En este sentido, desde un marco teórico que contribuya al análisis de las relaciones que establece el emprendedor, se considera la teoría de los Recursos y Capacidades, para evaluar la capacidad que tienen las empresas para relacionarse con los demás entes económicos y obtener ventajas competitivas de las mismas (Khadhraoui, Lakhali, Plaisent, & Prosper, 2016; Lau & Bruton, 2011; Naminse & Zhuang, 2018; Srećković, 2018). En el sector agrícola la configuración de las redes es importante, puesto que de manera habitual están en contacto con diferentes actores, tanto públicos como privados, con el fin de crear una comunidad de soporte a los bienes generados a partir de la agricultura o ganadería (Migliore, Schifani, Romeo, Hashem, & Cembalo, 2015).

La plausibilidad de las redes de colaboración en el capital social es debida al conocimiento valioso que es transferido, además de la posibilidad de adoptar tecnología por medio de la conjunción de diversos recursos dentro de la cadena de valor (Kühne, Gellynck, & Weaver, 2015). Desde este punto, la heterogeneidad constituye un elemento primordial para los términos sociológicos, económicos y geográficos en el comportamiento emprendedor de

los productores (Hayter, 2016). Bajo este argumento, las redes de colaboración delinean los esfuerzos de los agricultores hacia un marco de motivación y aspiración empresarial (Heberer & Schubert, 2018), puesto que son la vena principal de oportunidades de negocio para los emprendedores, proveyendo de conocimiento sobre posibles riesgos de capital, así como apoyándolos a tomar decisiones acertadamente (Oppen, Nee, & Holm, 2017).

Para la construcción de la variable IE, el estudio contribuye a la concepción del término desde la perspectiva del capital social al considerar la interacción de los vínculos que se tienen con otros actores (Lang & Fink, 2019; Migliore et al., 2015; Ruiz-Ortega, Parra-Requena, García-Villaverde, & Rodrigo-Alarcon, 2017), reconocido por varios autores en la literatura como aspecto clave para tomar decisiones (Hunecke, Engler, Jara-Rojas, & Poortvliet, 2017); adoptar el riesgo (Wossen, Berger, & Di Falco, 2015); desarrollar innovación agrícola (Michiels & Nolan, 2016); promover el bienestar social (Raymond-Flesch, Auerswald, McGlone, Comfort, & Minnis, 2017); resuelve problemas de recursos escasos como el uso del agua en el riego (Yoder & Roy Chowdhury, 2018) y contribuye al desarrollo sostenible (He, Zhang, Feng, Hu, & Zhang, 2016).

Redes de colaboración

La literatura científica de las redes de colaboración está construida a partir de diferentes teorías. Pfeffer (1987) consideró que las organizaciones en el contexto social desarrollan un comportamiento que ejerce poder interorganizacional después convertido en intraorganizacional, como una dependencia a ese recurso para sobrevivir y desempeñarse mejor, esto eleva las probabilidades de cohesión sin las expectativas de las demás empresas (Davis & Cobb, 2010). La teoría expuesta por Gulati (1998) concibe el impacto de eventos críticos en la toma de decisiones, proponiendo que las empresas exitosas evolucionan en breves periodos de tiempo acompañadas de arreglos voluntarios con empresas con las que comercializan, cooperan o codesarrollan productos, servicios o tecnología. Por otro lado, la teoría de recursos y capacidades examina las relaciones como habilidades que solventan las carencias de las empresas y dan soporte a las consecuencias de las decisiones tomadas (Street & Cameron, 2007). Burt (1993, 1997) liga a las relaciones de la empresa como una de las capacidades que detonan la competitividad; esta capacidad es primordial, porque a pesar de contar con capital financiero o humano,

sin el social se reducen las oportunidades para invertir, comprar o vender donde la competencia es regularmente imperfecta y se tiene que recurrir a una estructura social, en la cual se debe confiar, depender y soportar a los demás jugadores.

Redes de colaboración e Intención emprendedora

El papel de las redes de colaboración en el comportamiento emprendedor están directamente asociadas a la consecución de recursos tangibles e intangibles, con el fin de asumir riesgos de forma individual y compartida (Hoang & Antoncic, 2003; Shane & Cable, 2002; Wills-Johnson, 2008). Por tanto, el aprovechamiento de nuevas oportunidades de negocios son gracias a las conexiones que se establecen antes y durante la puesta en marcha de las operaciones productivas y/o empresariales (Danis, De Clercq, & Petricevic, 2011; Ferreira, Garrido, & Fernández, 2011), aunque de cierta forma deben ser proporcionales a la fuerza de dependencia entre cada actor, ya que el anclaje excesivo de un eslabón con otro provocaría una relación limitada y pernicioso para aquel actor que no busca el desarrollo individual (Burt & Burzynska, 2017).

En el área de los agronegocios, las colaboraciones con otros actores son proclives a establecer esta dependencia, por ende, es menester analizar la influencia del establecimiento de redes de colaboración en las intenciones emprendedoras de los productores, puesto que el soporte colaborativo inhibe, en ocasiones, el éxito empresarial. En estudios como el de Mehta, Mareztki y Semali (2011) las iniciativas emprendedoras en el este de África son descritas como una dinámica interdependencia de aventuras empresariales que son condicionadas por el rol y las capacidades de ciertos actores de la cadena que provocan una composición de integración, aunque al mismo tiempo dispersadas entre sí; debido a que aquellos actores clave son los únicos que desarrollan sus propios recursos y capacidades, mientras que los demás son restringidos a sus propios factores productivos sin tener la intención de quererlos mejorar.

En el caso del México rural las redes de colaboración son escasas, se reducen a grupos cerrados que aprovechan los recursos, información y mecanismos de interpretación (Pérez-Hernández, Núñez-Espinoza, & Figueroa-Sandoval, 2017). De acuerdo con Macías Macías (2016), las redes de los agricultores

mexicanos no han generado ventajas competitivas en la dinámica económica, principalmente por la visión a corto plazo que se ha seguido a lo largo de los años.

La relación entre los agricultores en el contexto mexicano es superficial -a un nivel de identificación y aportación- con alta desconfianza que limita las actividades de emprendimiento (Flores-Trejo, Almaguer-Vargas, Aguilar-Ávila, Rendón-Medel, & Márquez-Berber, 2016). Sin embargo, en casos específicos las relaciones han permitido el desarrollo de grupos marginados, como las mujeres de extracción rural (Pérez-Hernández et al., 2017; Robinson Trápaga, Díaz-Carrión, & Cruz Hernández, 2019) y comunidades indígenas (Chong-González, 2016; D'Aubeterre Buznego & Rivermar Pérez, 2019; Jiménez Martínez, 2016), por tanto, para fomentar el emprendimiento las relaciones son importantes (Chong-González, 2016; Macías Macías, 2016).

Este estudio reflexiona sobre la intención del emprendimiento en el sector agroalimentario en México, como el énfasis que tiene un individuo de formalizar su unidad agrícola reconociéndola como una empresa constituida. Diversos autores han estudiado la intención emprendedora de diferentes maneras (e.g., orientación de carrera) (Aloulou, 2016; Dehghanpour Farashah, 2015; Gorgievski, Stephan, Laguna, & Moriano, 2017), aspiraciones vocacionales (Purwana & Suhud, 2017), emprendedores próximos a crear la empresa (Davidsson & Honig, 2003; Hopp & Sonderegger, 2015; Lasso et al., 2019) y el autoempleo (Ostapenko, 2017; Sánchez, 2011; Vancea & Utzet, 2017).

Ligthelm (2008) ha señalado que medir la intención emprendedora en negocios informales permite definir las motivaciones que tiene un emprendedor para crear una empresa con potencial de crecimiento bajo planeación y administración del negocio (Brinckmann, Grichnik, & Kapsa, 2010). Aspectos como tener planes para iniciar el negocio formal, el aprendizaje necesario para darla de alta y reunir los recursos que se requieren para abrir la empresa. La comunidad científica delimita la intención de crear una empresa desde un gran rango de individuos, existen estudios que se relacionan con la IE con estudiantes de grados universitarios como una orientación de carrera (Dehghanpour Farashah, 2015; Fragoso, Rocha-Junior, & Xavier, 2019; Gorgievski et al., 2017) o vocaciones aspiracionales

(Bacq, Ofstein, Kickul, & Gundry, 2016; Fragoso et al., 2019; Rosique-Blasco, Madrid-Guijarro, & García-Pérez-de-Lema, 2018).

La necesidad de incrementar la complejidad de los procesos de la agricultura es un tema muy estudiado (Berthet, Barnaud, Girard, Labatut, & Martin, 2016; Dolinska & d'Aquino, 2016; Meijer, Catacutan, Ajayi, Sileshi, & Nieuwenhuis, 2015). Sin embargo, el locus de este esfuerzo debe ser comprendido desde el horizonte principal que tienen los productores actualmente, el cual es supeditado a los aprendizajes aplicados en la intención emprendedora, ya que la formación de aspiraciones emprendedoras en los productores es un indicador cognitivo de las habilidades y conocimientos de una persona que son necesarias para lograr el éxito a lo largo de nuevos procesos, tanto productivos como de gestión (Yusoff, Ahmad, & Halim, 2016).

Siguiendo este orden, Naminse y Zhuang (2018) concluyeron que las redes de colaboración de los agricultores chinos son de las capacidades más significativas para el crecimiento de las actitudes hacia el emprendimiento que reducen la pobreza rural. De igual forma, de acuerdo con Migliore et al. (2015), la inferencia social y comercial de los agricultores italianos afecta sus objetivos y aspiraciones emprendedoras, ya que esto le permite interpretar las fallas del mercado y la conciencia del ambiente institucional. En este sentido, Mehta et al. (2011) recalcó que los contactos guían a los agricultores de Kenia hacia el éxito empresarial, robusteciendo los componentes de información valiosa y recursos esenciales.

Por un lado, estudios como los anteriormente citados demuestran que los emprendedores requieren un proceso cognitivo que les ayude a tomar decisiones de manera concienzuda, puesto que los comportamientos habituales de los emprendedores relacionados al campo regularmente no poseen un entendimiento adecuado de la influencia que tienen las actividades empresariales en los negocios de cultivos (Yaseen, Somogyi, & Bryceson, 2017); mientras que por el otro, las redes de colaboración en el sector agrícola coadyuvan a la minimización de costos que surgen al establecer intercambios comerciales, ya que existen estructuras ambientales y comportamentales que generan incertidumbre; las prácticas de colaboración disminuyen sus efectos y favorecen la interpretación correcta de los merca-

dos y jerarquías (Standifird & Marshall, 2000).

Yiu, Lau y Bruton (2007) consideran dos clases de redes con las que trabajan las empresas:

1. Empresariales, se refieren a los enlaces que se configuran para establecer una interrelación donde habitualmente existen transacciones de información, recursos, capacidades: proveedores, clientes y competidores que existen de manera formal o informal (Boso, Story, & Cadogan, 2013; Lau y Bruton, 2011; Yiu et al., 2007).
2. Institucionales, son vínculos que también proveen ventajas críticas que representan con varios organismos públicos: oficinas de gobierno, bancos y universidades, así como asociaciones empresariales o civiles. Estas redes son recursos de las empresas, de las cuales dependen para operar en el mercado (Boso et al., 2013; Gupta et al., 2012; Haggard, Lee, & Noland, 2011; Lau & Bruton, 2011).

Bajo este planteamiento, es menester investigar cuál es el efecto de la relación de las redes empresariales y redes institucionales en la intención emprendedora de los productores. Se postulan las siguientes hipótesis para dar respuesta:

H1: Existe influencia de las redes empresariales en la intención emprendedora de los productores de Chile del estado de Aguascalientes.

H2: Existe influencia de las redes institucionales en la intención emprendedora de los productores de Chile del estado de Aguascalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la técnica estadística regresión lineal múltiple para medir la influencia de las variables independientes sobre la dependiente. La población objetivo fueron los productores de Chile del estado de Aguascalientes, debido a que no hay información gubernamental de la ubicación de los agricultores de la entidad se contactó al Comité Estatal del Producto Chile de Aguascalientes (CEPROCH) para localizar a los campesinos que cultivaron diferentes tipos de Chile en la región durante 2018. Con base en la lista proporcionada por la organización se realizó el periodo de recolección de información desde

octubre hasta diciembre de 2018, para levantar información censal estatal de los productores de Chile.

Se consiguió información para identificar la productividad en cuanto a hectáreas cultivadas en los municipios del estado; se obtuvo que Cosío y Rincón de Romos tienen la mayor cantidad, Tepezalá y Asientos la menor, mientras que los municipios de San José de Gracia, Calvillo y El Llano no tuvieron actividad productiva en 2018 (figura 1).

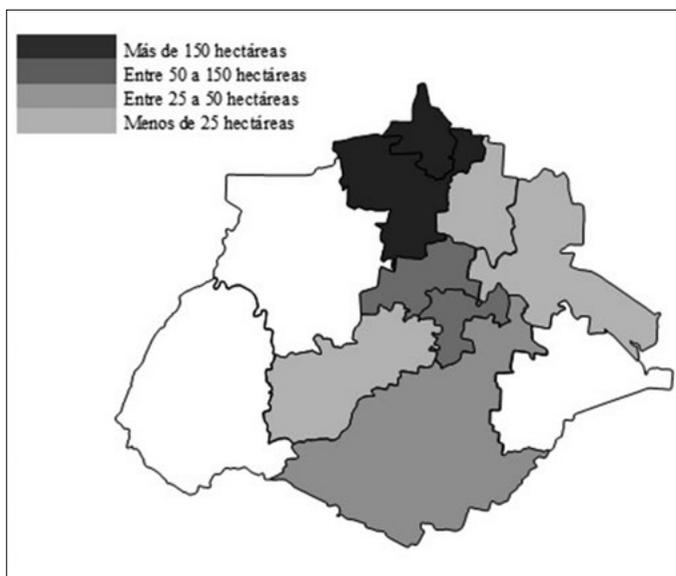


Figura 1. Territorio cultivado en Aguascalientes. Elaboración propia.

Como datos destacados de la distribución de las 819 ha cultivadas -8.7 hectáreas por agricultor-: 1) 30% corresponde a Chile jalapeño fresco; 2) el territorio de cultivo de chiles con secado apenas representa 21% -i.e. el cultivo de producto procesado-, aunque falta considerar que la mayoría de los productores no realizan el proceso de secado, llevando su producto fresco al eslabón que se encargará de hacer la transformación -jalapeño, ancho y pasilla-, con lo que pierden la oportunidad de darle valor agregado (figura 2); y 3) para los productores el Chile es cultivo secundario, ya que dan prioridad a maíz, lechuga y brócoli, mismos que representan 78% de la tierra cultivada, además de que cada vez se presentan oportunidades de conversión de cultivos a frutillas, espárragos, entre otros. Con respecto al perfil del productor se tiene que: 1) todos son hombres; 2) 58% tienen una edad de entre 45 a 64 años

y solo 2% tiene menos de 24 años; 3) 21% no tiene escolaridad; por otro lado, 50% de los agricultores tienen educación básica, mientras que apenas 3% tiene posgrado como formación académica.



Figura 2. Chile para secado. Fotografía del equipo de investigación.

Variables

Con referencia a la intención emprendedora se construyó una variable a partir del promedio de los datos obtenidos de cada uno de los indicadores de la escala de Thompson (2009), la cual consta de 10 indicadores en una escala Likert de 5 puntos que miden la convicción de los individuos para iniciar una nueva empresa de manera concienzuda si se consideran la planeación financiera y de gestión que realiza, la búsqueda de oportunidades y recopilación de información para la toma de decisiones.

Se ajustaron los indicadores para la interpretación adecuada de la terminología utilizada por los agricultores.

La escala que se utilizó para medir las redes de colaboración fue la de Yiu et al. (2007), en la que considera la cercanía con otros actores económicos relacionados con su actividad económica por medio de una escala Likert dividida en dos dimensiones: redes empresariales y redes institucionales. En este caso, se midió el agricultor con empresas e instituciones, tanto públicas como privadas. Se generaron las variables redes empresariales y redes institucionales calculando el promedio de los diferentes actores; para las redes empresariales se tomó en consideración a los proveedores, clientes y competidores; mientras que para las redes institucionales se consideraron al gobierno, universidades, bancos, gremios, comisiones legislativas y dueños de empresas de otros giros.

Las variables de control agregadas al planteamiento del estudio son la experiencia y la escolaridad (logaritmo natural), con el objetivo de indicar si tienen efectos compartidos con las redes de colaboración. Por un lado, la experiencia proporcionará al modelo la posibilidad de medir los efectos de aquellos que han trabajado en el sector y, como estos, tienen mayor intención emprendedora. Por otro lado, la escolaridad es un elemento esencial en la toma de decisiones que tienen los productores, por lo que su medición permite al estudio otorgar mayor importancia a la repercusión que tiene la educación en las aspiraciones a emprender.

RESULTADOS

Se presentan los resultados descriptivos de las variables analizadas, así como el factor de inflación de varianza, que indica la ausencia de problemas de multicolinealidad (tabla 1). En relación con los resultados descriptivos, se pudo observar que la experiencia promedio fue de 28 años con una desviación estándar de 16.34; mientras que la escolaridad promedio fue de escuela secundaria (1= Sin escolaridad; 2= Primaria; 3= Secundaria; 4= Media superior; 5= Educación superior; 6= Posgrado). Con respecto a las unidades económicas rurales (UER) se estratificaron de la siguiente forma (SAGARPA & FAO, 2014): 16% son E1 (UER Familiares de subsistencia sin vinculación al mercado); 6% son E3 (UER en transición); 15% son E4 (Empresarial con rentabilidad frágil); 53% son E5 (Empresarial pujante) y 9% son E6 (Empresarial dinámico).

En el caso de las variables independientes, las redes empresariales fueron relaciones cercanas con proveedores, clientes y competidores; por su parte, las redes institucionales tuvieron una media de relaciones lejanas. Por su parte, la intención emprendedora tuvo un promedio de 4.47 (Importante). De la misma manera se presentan las correlaciones, de donde se desprende que las correlaciones positivas significativas estadísticamente tienen un rango de .24 a .43.

Se observó que las correlaciones con la intención emprendedora fueron significativas con las redes empresariales ($r = .26$; $r^2 = .07$) e institucionales ($r = .37$;

Tabla 1

Descriptivos y correlaciones bivariadas

	Media	D. E.	VIF	1	2	3	4	5
1 Experiencia	28.35	16.34	1.363	1				
2 Escolaridad	2.92	1.39	1.870	-.47***	1			
3 Redes Empresariales	4.06	.6	1.089	-.14	.14	(.77)		
4 Redes Institucionales	2.36	1.04	1.353	-.03	.43***	.24**	(.87)	
5 Intención Emprendedora	4.47	.65		-.35***	.40***	.26**	.37***	(.90)

Nota: Observaciones= 94; Coeficientes de Cronbach son reportados entre paréntesis. * $p < .1$; ** $p < .05$; *** $p < .01$.

Elaboración propia.

$r^2 = .14$). Estas correlaciones reflejan las relaciones de las variables sin ser afectadas por la experiencia y escolaridad de los productores. Previos estudios han señalado el efecto de la interrelación empresarial en las aspiraciones emprendedoras (Harun, 2017; Yaseen, Saleem, Zahra, & Israr, 2018), por lo que son consistentes con los resultados presentados.

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos del análisis de regresión lineal múltiple calculado con los 94 productores de Chile. El efecto total de las dos dimensiones de redes de colaboración controladas por las variables de experiencia y escolaridad fueron significativas (D). Combinando la influencia de las dos dimensiones de las redes de colaboración (A) se tiene un incremento en la variación de la intención emprendedora significativo

estadísticamente ($r^2 = .169$; $F = 9.549^{***}$), que en mayor proporción es explicado por las redes institucionales.

Con referencia a los modelos con las variables de control de manera alterna, las redes institucionales (columna B) fueron significativas positivamente ($B = .208^{***}$; $E.E. = .057$), no obstante, la experiencia tuvo efectos significativos negativos ($B = -.013^{***}$; $E.E. = .004$), mientras que las redes empresariales se mantuvieron constantes; el modelo fue igualmente significativo estadísticamente ($r^2 = .274$; $F = 11.565^{***}$). El papel de la escolaridad (C) fue positiva y estadísticamente significativa ($B = .138^{***}$; $E.E. = .048$), así como las dos dimensiones de las redes de colaboración: las redes empresariales ($B = .178^*$; $E.E. = .102$) y las redes institucionales ($B = .130^*$; $E.E. = .048$), el modelo en su totalidad fue estadísticamente significativo ($r^2 = .234$; $F = 9.364^{***}$).

Tabla 2
 Regresión lineal múltiple

	A	B	C	D
Constante	3.208 (.418)	3.620 (.326)	3.040 (.412)	3.563 (.459)
<i>Variables de Control</i>				
Experiencia		-.013*** (.004)		-.010** (.004)
Escolaridad			.138*** (.048)	.073 (.053)
Redes con empresas	.192* (.098)	.142 (.099)	.178* (.102)	.143 (.100)
Redes con instituciones	.205*** (.061)	.208*** (.057)	.130* (.048)	.166** (.066)
R ²	.169	.274	.234	.284
R ² -Ajustada	.151	.250	.209	.252
F	9.549***	11.565***	9.364***	8.906***
Observaciones	94			

Nota: Variable dependiente: Intención emprendedora. Los coeficientes y errores estándar son reportados entre paréntesis. * $p < .1$; ** $p < .05$; *** $p < .01$.
 Elaboración propia.

DISCUSIÓN

La perspectiva de este estudio desde las redes de colaboración facilita la comprensión del impacto que tiene el contexto y las interacciones que tienen los productores con él. Las variaciones encontradas entre los diversos modelos aportan soporte empírico para discutir sobre la importancia de un tipo de red de colaboración y otra, puesto que la fuerza de la relación es más significativa dependiendo las características del productor, tanto su experiencia como escolaridad. El objetivo del estudio se logró a partir de contrastar las hipótesis con la técnica estadística, lo cual se explica a continuación.

Redes institucionales como causa de intención emprendedora

Observando los efectos compartidos de las redes de colaboración sin la influencia de las variables de control, se constató que de manera general las redes institucionales fungen como un elemento importante para la visión emprendedora del productor, ya que este tipo de interrelaciones le proveen no solo de insumos complementarios para el ejercicio de su actividad económica, sino la posibilidad de desarrollar habilidades como la planeación de futuro, búsqueda de oportunidades, gestión de negocios y planeación financiera para la ejecución de nuevos emprendimientos.

Tanto el estudio empírico como la literatura previamente presentada asumen que las redes institucionales encauzan las decisiones tomadas de los agricultores hacia objetivos específicos de emprendimiento, los cuales se ven robustecidos significativamente cuando se conjunta la experiencia en el sector (B), aunque se interpreta que existe una cierta dependencia del agricultor con las redes institucionales -principalmente, las instancias gubernamentales- para aprovechar oportunidades de negocio. Al agregar la escolaridad y la experiencia (D), de igual forma, las redes institucionales tuvieron significancia, por lo que hay insinuación de darles contactos importantes para aproximarse al contexto económico del campo.

Sin embargo, un hallazgo valioso que dejan entrever los resultados es una gran dependencia hacia las redes institucionales, puesto que en todos los modelos postulados la influencia de las mismas está presente, lo que condiciona el éxito individual de los productores en el ámbito empresarial, ya que

las capacidades que no se desarrollan son aquellas que dan soporte a las competencias de la integración de la cadena, lo que disminuye una respuesta fehaciente de los factores de entrada de la industria (Boso et al., 2013; Guillén, 2002; Human & Provan, 1996; Lau & Bruton, 2011; Yiu et al., 2007).

Así como en el estudio de Naminse y Zhuang (2018), los resultados demuestran que los agricultores que se asocian con empresas les permite identificar e interpretar las fallas del mercado a través de información valiosa y recursos esenciales para tomar decisiones de nuevos emprendimientos, aunque mejor provechados en aquellos con mayor escolaridad, en el estudio de Yúnez Naude y González Andrade (2008) se comprobó que este tipo de cultivos básicos padecen de una interdependencia en los enlaces de producción.

Experiencia e influencia de las redes empresariales

Los resultados que se obtuvieron de plantear a la experiencia como variable de control en la influencia de las redes de colaboración (B) sirvieron para dejar antecedente empírico de los efectos negativos que tiene el conocimiento acumulado por haber desempeñado la actividad. Aunque la experiencia facilita la asociación (Šumane et al., 2018), los resultados se contraponen a lo mencionado en los estudios realizados por Hockerts (2017), Si et al. (2015), Vancea y Utzet (2017), en donde se señaló la influencia de la experiencia de manera positiva, sirviendo como un elemento que proporciona tolerancia al riesgo, autoeficacia y deseabilidad por emprender.

Escolaridad e influencia de las redes empresariales

Cuando la escolaridad se considera en el análisis de manera individual (C), ambas redes de colaboración -empresariales e institucionales- son relevantes para sus aspiraciones emprendedoras puesto que estos traen consigo recursos y capacidades para operar en el mercado de manera holística. Esto se observa de igual forma en el estudio de Naminse y Zhuang (2018), quienes demuestran que a los agricultores que se asocian con empresas les permite identificar e interpretar las fallas del mercado, les da información valiosa y recursos esenciales para perseguir objetivos e intentar emprender. Para Mehta et al. (2011) y para este estudio el involucramiento cercano con clientes, proveedores y competidores representó el soporte necesario para dirigir esfuerzos del productor hacia actividades de nueva creación de empresas.

Efectos en el caso de México

De acuerdo con la literatura consultada y los resultados obtenidos, en el contexto mexicano se pudo constatar que las redes institucionales son lejanas, como lo concluyó Macías Macías (2016) en su estudio; sin embargo, este tipo de relación tuvo mayores efectos sobre el emprendimiento de los agricultores, como lo señaló anteriormente Chong-González (2016). Una contribución importante fue soportar los resultados manifestados por Pérez-Hernández et al. (2017), en el que se identificaron los grupos cerrados que aprovechan los vínculos institucionales para obtener recursos, información y mecanismos de interpretación del contexto.

CONCLUSIONES

Dados los resultados obtenidos se concluye que no se rechaza la hipótesis de estudio planteada, la cual aseveraba la existencia de los efectos de las redes de colaboración en la intención emprendedora de los productores de Chile del estado de Aguascalientes. Los hallazgos encontrados en los modelos de regresión en los que se consideran las variables escolaridad y experiencia muestran el claro posicionamiento del sector primario en el estado: 1) el desarrollo de una perspectiva empresarial en aquellos productores que tienen mayor escolaridad; 2) la dependencia de los agricultores hacia las redes institucionales -conformadas generalmente de las instancias gubernamentales-, especialmente por aquellos que tienen mayor experiencia en el sector agrícola, los cuales reconocen el papel de estos colaboradores como promotores de su actividad económica y las tendencias a las que deben regirse; y 3) cómo la experiencia afecta negativamente las intenciones emprendedoras de los productores.

Lo anterior posiciona a los actores económicos que se desenvuelven dentro del sector primario

en una situación complicada para la toma de decisiones empresariales. Por ende, el estudio de las intenciones emprendedoras es necesario para comprender las necesidades que tienen tanto los productores como los involucrados en la cadena de valor para fortalecer las competencias emprendedoras y de colaboración sin una dependencia evidente en las instituciones, puesto que la propuesta de estas hoy día ha sido la de forzar la dirección de los agricultores sin fomentar las capacidades de relación interempresarial. Muchos de los encuestados están por terminar su vida productiva en el campo; sin embargo, aún sigue presente el desconocimiento del potencial económico y comercial de su actividad.

El presente estudio es una premisa de la situación actual del campo aguascalentense, por esto se recomienda analizar la asociatividad de los productores y su efecto en las capacidades para emprender. De igual forma, se considera indagar cómo el contexto institucional está afectando las oportunidades de negocio de los agricultores. Además, es conveniente conocer si la pobreza rural ha sido combatida adecuadamente por medio de las directrices públicas desarrolladas por los gobiernos nacional y estatal enfocadas al emprendimiento en el campo de Aguascalientes.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Programa para el Desarrollo Profesional Docente, su subvención fue menester para cumplir los objetivos de la investigación. De igual forma, se reconoce la participación del Comité Estatal del Producto Chile del estado de Aguascalientes, ya que su colaboración oportuna permitió el levantamiento de información, así como la pertinencia de sus dirigentes para apoyar la intervención de la Universidad Autónoma de Aguascalientes en el sector agricultor.

REFERENCIAS

- Aloulou, W. J. (2016). Predicting entrepreneurial intentions of freshmen students from EAO modeling and personal background: A Saudi perspective. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 8(2), 180-203. doi: 10.1108/JEEE-09-2015-0050
- Bacq, S., Ofstein, L. F., Kickul, J. R., & Gundry, L. K. (2016). Perceived entrepreneurial munificence and entrepreneurial intentions: A social cognitive perspective. *International Small Business Journal*, 35(5), 639-659. doi:10.1177/0266242616658943
- Barba-Sánchez, V., & Atienza-Sahuquillo, C. (2017). Entrepreneurial motivation and self-employment: evidence from expectancy theory. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 13(4), 1097-1115. doi: 10.1007/s11365-017-0441-z
- Berthet, E. T. A., Barnaud, C., Girard, N., Labatut, J., & Martin, G. (2016). How to foster agroecological innovations? A comparison of participatory design methods. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(2), 280-301. doi: 10.1080/09640568.2015.1009627
- Boso, N., Story, V. M., & Cadogan, J. W. (2013). Entrepreneurial orientation, market orientation, network ties, and performance: Study of entrepreneurial firms in a developing economy. *Journal of Business Venturing*, 28(6), 708-727. doi: 10.1016/j.jbusvent.2013.04.001
- Brinckmann, J., Grichnik, D., & Kapsa, D. (2010). Should entrepreneurs plan or just storm the castle? A meta-analysis on contextual factors impacting the business planning-performance relationship in small firms. *Journal of Business Venturing*, 25(1), 24-40. doi: 10.1016/j.jbusvent.2008.10.007
- Burt, R. S. (1993). The social structure of competition. En R. Swedberg (Ed.), *Explorations in Economic Sociology* (pp. 65-103). NY, US: Russell Sage Foundation.
- _____ (1997). The contingent value of social capital. *Administrative Science Quarterly*, 42(2), 339-365.
- Burt, R. S., & Burzynska, K. (2017). Chinese entrepreneurs, social networks, and guanxi. *Management and Organization Review*, 13(2), 221-260. doi: 10.1017/mor.2017.6
- Chong-González, E. G. (2016). El emprendedurismo femenino rural. *Entramado*, 12(1), 30-36.
- D'Aubeterre Buznego, E., & Rivermar Pérez, L. (2019). Movilidades y cadenas de valor en una localidad nahua de la Sierra Norte de Puebla, México. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, 55-73. doi: 10.17141/iconos.63.2019.3378
- Danis, W. M., De Clercq, D., & Petricevic, O. (2011). Are social networks more important for new business activity in emerging than developed economies? An empirical extension. *International Business Review*, 20(4), 394-408.
- Davidsson, P., & Honig, B. (2003). The role of social and human capital among nascent entrepreneurs. *Journal of Business Venturing*, 18(3), 301-331. doi: 10.1016/S0883-9026(02)00097-6
- Davis, G. F., & Cobb, J. A. (2010). Chapter 2 Resource dependence theory: Past and future. En C. B. Schoonhoven & F. Dobbin (Eds.), *Research in the Sociology of Organizations: Vol. 28. Stanford's Organization Theory Renaissance 1970-2000* (pp. 21-42). Bingley, UK: Emerald Group Publishing Limited.
- Dehghanpour Farashah, A. (2015). The effects of demographic, cognitive and institutional factors on development of entrepreneurial intention: Toward a socio-cognitive model of entrepreneurial career. *Journal of International Entrepreneurship*, 13(4), 452-476. doi: 10.1007/s10843-015-0144-x
- Dolinska, A., & d'Aquino, P. (2016). Farmers as agents in innovation systems. Empowering farmers for innovation through communities of practice. *Agricultural Systems*, 142, 122-130. doi: 10.1016/j.agsy.2015.11.009
- Ferreira, J., Garrido, S., & Fernández, R. (2011). Contribution of resource-based view and entrepreneurial orientation on small firm growth. *Cuadernos de Gestión*, 11(1), 95-116.
- Flores-Trejo, A., Almaguer-Vargas, G., Aguilar-Ávila, J., Rendón-Medel, R., & Márquez-Berber, S. R. (2016). Redes sociales y confianza entre productores de rambután en el Soconusco, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(esp. 15), 3009-3021.
- Fragoso, R., Rocha-Junior, W., & Xavier, A. (2019). Determinant factors of entrepreneurial intention among university students in Brazil and Portugal. *Journal of Small Business & Entrepreneurship*, 1-25. doi: 10.1080/08276331.2018.1551459
- Gorgievski, M. J., Stephan, U., Laguna, M., & Moriano, J. A. (2017). Predicting Entrepreneurial Career Intentions: Values and the Theory of Planned Behavior. *Journal of Career Assessment*, 26(3), 457-475. doi: 10.1177/1069072717714541

- Guillén, M. F. (2002). Structural inertia, imitation, and foreign expansion: South Korean firms and business groups in China, 1987-95. *The Academy of Management Journal*, 45(3), 509-525.
- Gulati, R. (1998). Alliances and networks. *Strategic Management Journal*, 19, 293-317.
- Gupta, V. K., Guo, C., Canever, M., Yim, H., Sraw, G., & Liu, M. (2012). Institutional environment for entrepreneurship in rapidly emerging major economies: The case of Brazil, China, India, and Korea. *International Entrepreneurship and Management Journal*. doi: 10.1007/s11365-012-0221-8
- Haggard, S., Lee, J., & Noland, M. (2011). Integration in the absence of institutions: China-North Korea cross-border exchange. En *Working Paper Series*. Washington, DC: US: Peterson Institute for International Economics. Recuperado de <http://www.piie.com/publications/wp/wp11-13.pdf>
- Harun, R. (2017). Entrepreneurial intention among rural community. A case study of Kurdistan regional government. *ProEnvironment*, 10(32), 225-229.
- Hayter, C. S. (2016). Constraining entrepreneurial development: A knowledge-based view of social networks among academic entrepreneurs. *Research Policy*, 45(2), 475-490. doi: 10.1016/j.respol.2015.11.003
- He, K., Zhang, J., Feng, J., Hu, T., & Zhang, L. (2016). The impact of social capital on farmers' willingness to reuse agricultural waste for sustainable development. *Sustainable Development*, 24(2), 101-108. doi: 10.1002/sd.1611
- Heberer, T., & Schubert, G. (2018). Weapons of the rich: Strategic behavior and collective action of private entrepreneurs in China. *Modern China*, 45(5), 471-503. doi: 10.1177/0097700418808755
- Hoang, H., & Antoncic, B. (2003). Network-based research in entrepreneurship: A critical review. *Journal of Business Venturing*, 18(2), 165-187.
- Hockerts, K. (2017). Determinants of social entrepreneurial intentions. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 41(1), 105-130. doi: 10.1111/etap.12171
- Hopp, C., & Sonderegger, R. (2015). Understanding the dynamics of nascent entrepreneurship—prestart-up experience, intentions, and entrepreneurial success. *Journal of Small Business Management*, 53(4), 1076-1096. doi: 10.1111/jsbm.12107
- Human, S., & Provan, K. (1996). External resource exchange and perceptions of competitiveness within organizational networks: An organizational learning perspective. In *Frontiers of Entrepreneurship Research*. US: BABSON College.
- Hunecke, C., Engler, A., Jara-Rojas, R., & Poortvliet, P. M. (2017). Understanding the role of social capital in adoption decisions: An application to irrigation technology. *Agricultural Systems*, 153, 221-231. doi: 10.1016/j.agsy.2017.02.002
- Jiménez Martínez, B. E. (2016). Alternativas de organización para emprendedores indígenas: Procesos de apropiación social del conocimiento a través de su cosmovisión. *Entretextos*, 8(23). Recuperado de <http://entretextos.leon.uia.mx/num/23/PDF/ENT23-4.pdf>
- Khadhraoui, M., Lakhil, L., Plaisent, M., & Prosper, B. (2016). The impact of entrepreneurial orientation on performance and customer satisfaction: The moderator effect of network capabilities. *Journal of Economic Development, Management, Information Technology, Finance & Marketing*, 8(2), 66-76.
- Kühne, B., Gellynck, X., & Weaver, R. D. (2015). Enhancing innovation capacity through vertical, horizontal, and third-party networks for traditional foods. *Agribusiness. An International Journal*, 31(3), 294-313. doi: 10.1002/agr.21408
- Lang, R., & Fink, M. (2019). Rural social entrepreneurship: The role of social capital within and across institutional levels. *Journal of Rural Studies*, 70, 155-168. doi: 10.1016/j.jrurstud.2018.03.012
- Lasso, S., Mainardes, E., & Motoki, F. (2019). Why do entrepreneurs open tech startups? A comparative study between Brazilian and foreign enterprises. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 15(1), 233-255. doi: 10.1007/s11365-017-0445-8
- Lau, C. M., & Bruton, G. D. (2011). Strategic orientations and strategies of high technology ventures in two transition economies. *Journal of World Business*, 46(3), 371-380.
- Ligthelm, A. A. (2008). A targeted approach to informal business development: The entrepreneurial route. *Development Southern Africa*, 25(4), 367-382. doi: 10.1080/03768350802316138
- Macías Macías, A. (2016). Los clusters en la hortofruticultura: Oportunidad para fomentar el desarrollo rural en México. *Carta Económica Regional*, 15(84), 44-52.
- Manimala, M. J., & Wasdani, K. P. (Eds.). (2015). *Entrepreneurial ecosystem. Perspectives from emerging economies*. New Delhi, India: Springer.

- Mehta, K., Marezki, A., & Semali, L. (2011). Trust, cellphones, social networks and agricultural entrepreneurship in East Africa: A dynamic interdependence. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development Online*, 11(6). Recuperado de <https://www.ajfand.net/Volumel1/No6/Mehta11270.pdf>
- Meijer, S. S., Catacutan, D., Ajayi, O. C., Sileshi, G. W., & Nieuwenhuis, M. (2015). The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 13(1), 40-54. doi: 10.1080/14735903.2014.912493
- Micheels, E. T., & Nolan, J. F. (2016). Examining the effects of absorptive capacity and social capital on the adoption of agricultural innovations: A Canadian Prairie case study. *Agricultural Systems*, 145, 127-138. doi: 10.1016/j.agsy.2016.03.010
- Migliore, G., Schifani, G., Romeo, P., Hashem, S., & Cembalo, L. (2015). Are farmers in alternative food networks social entrepreneurs? Evidence from a behavioral approach. *Journal of Agricultural & Environmental Ethics*, 28(5), 885-902. doi: 10.1007/s10806-015-9562-y
- Naminse, E. Y., & Zhuang, J. (2018). Does farmer entrepreneurship alleviate rural poverty in China? Evidence from Guangxi Province. *PLOS ONE*, 13(3), e0194912. doi: 10.1371/journal.pone.0194912
- Naranjo, E. E., Campos, M. E., & López, L. N. (2016). Global Entrepreneurship Monitor: *Reporte Nacional 2015 México* [Documento en pdf descargable]. Monterrey, México: Tecnológico de Monterrey. Recuperado de <https://www.gem-consortium.org/report/gem-mexico-2015-national-report>
- Neneh, B. N., & Vanzyl, J. (2014). Growth intention and its impact on business growth amongst Smes in South Africa. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(20), 172-183. doi: 10.5901/mjss.2014.v5n20p172
- Opper, S., Nee, V., & Holm, H. J. (2017). Risk aversion and guanxi activities: A behavioral analysis of CEOs in China. *Academy of Management Journal*, 60(4). doi: 10.5465/amj.2015.0355
- Ostapenko, N. (2017). Do informal institutions affect entrepreneurial intentions? *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 24(3), 446-467. doi: 10.1108/JSBED-12-2016-0192
- Pérez-Hernández, L. M., Núñez-Espinoza, J. F., & Figueroa-Sandoval, B. (2017). Redes sociales y mujeres organizadas para la producción de ovinos en Salinas, San Luis Potosí. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 14(3), 325-345.
- Pfeffer, J. (1987). A resource dependence perspective on *intercorporate relations*. En M. Mizuchi, & M. Schwartz (Eds.), *Intercorporate relations: The structural analysis of business* (pp. 25-55). NY, US: Cambridge University Press.
- Purwana, D., & Suhud, U. (2017). Entrepreneurship education and taking/receiving & giving (TRG) motivations on entrepreneurial intention: Do vocational school students need an entrepreneurial motivator. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 15(22), 349-363.
- Raymond-Flesch, M., Auerswald, C., McGlone, L., Comfort, M., & Minnis, A. (2017). Building social capital to promote adolescent wellbeing: a qualitative study with teens in a Latino agricultural community. *BMC Public Health*, 17(1), 177. doi: 10.1186/s12889-017-4110-5
- Robinson Trápaga, D. G., Díaz-Carrión, I. A., & Cruz Hernández, S. (2019). Empoderamiento de la mujer rural e indígena en México a través de grupos productivos y microempresas sociales. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 9(17), 91-108. doi: 10.17163/ret.n17.2019.06
- Rosique-Blasco, M., Madrid-Guijarro, A., & García-Pérez-de-Lema, D. (2018). The effects of personal abilities and self-efficacy on entrepreneurial intentions. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 14(4), 1025-1052. doi: 10.1007/s11365-017-0469-0
- Ruiz-Ortega, M. J., Parra-Requena, G., García-Villaverde, P. M., & Rodrigo-Alarcon, J. (2017). How does the closure of interorganizational relationships affect entrepreneurial orientation? *Business Research Quarterly*, 20(3), 178-191. doi: 10.1016/j.brq.2017.04.003
- Sánchez, J. C. (2011). University training for entrepreneurial competencies: Its impact on intention of venture creation. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 7(2), 239-254. doi: 10.1007/s11365-010-0156-x
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012*. México: SAGARPA-FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-bc980s.pdf>
- Shane, S., & Cable, D. (2002). Network ties, reputation and the financing of New Ventures. *Management Science*, 48(3), 364-381.
- Shu, R., Ren, S., & Zheng, Y. (2018). Building networks into discovery: The link between entrepreneur network capability and entrepreneurial opportunity discovery. *Journal of Business Research*, 85, 197-208. doi: 10.1016/j.jbusres.2017.12.048

- Si, S., Yu, X., Wu, A., Chen, S., Chen, S., & Su, Y. (2015). Entrepreneurship and poverty reduction: A case study of Yiwu, China. *Asia Pacific Journal of Management*, 32(1), 119-143. doi: 10.1007/s10490-014-9395-7
- Singh, G., & DeNoble, A. (2003). Views on self-employment and personality: An exploratory study. *Journal of Developmental Entrepreneurship*, 8(3), 265-281.
- Srećković, M. (2018). The performance effect of network and managerial capabilities of entrepreneurial firms. *Small Business Economics*, 50(4), 807-824. doi: 10.1007/s11187-017-9896-0
- Standifird, S. S., & Marshall, R. S. (2000). The transaction cost advantage of guanxi-based business practices. *Journal of World Business*, 35(1), 21-42. doi: 10.1016/S1090-9516(99)00032-2
- Street, C., & Cameron, A. F. (2007). External relationships and the small business: A review of small business alliance and network research. *Journal of Small Business Management*, 45(2), 239-266.
- Šūmane, S., Kunda, I., Knickel, K., Strauss, A., Tisenkops, T., de los Rios, I., . . . Ashkenazy, A. (2018). Local and farmers' knowledge matters! How integrating informal and formal knowledge enhances sustainable and resilient agriculture. *Journal of Rural Studies*, 59, 232-241. doi: 10.1016/j.jrurstud.2017.01.020
- Thompson, E. R. (2009). Individual entrepreneurial intent: Construct clarification and development of an internationally reliable metric. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 33(3), 669-694. doi: 10.1111/j.1540-6520.2009.00321.x
- Urban, B., & Kujinga, L. (2017). The institutional environment and social entrepreneurship intentions. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 23(4), 638-655. doi: 10.1108/IJEBr-07-2016-0218
- Vancea, M., & Utzet, M. (2017). Does unemployment and precarious employment lead to increasing entrepreneurial intentions among young people? Results from a survey-based study in Spain. *Central European Business Review*, 2, 5-17.
- Wills-Johnson, N. (2008). The networked firm: a framework for RBV. *Journal of Management Development*, 27(2), 214-224. doi: 10.1108/02621710810849344
- Wossen, T., Berger, T., & Di Falco, S. (2015). Social capital, risk preference and adoption of improved farm land management practices in Ethiopia. *Agricultural Economics*, 46(1), 81-97. doi: 10.1111/agec.12142
- Yaseen, A., Saleem, M. A., Zahra, S., & Israr, M. (2018). Precursory effects on entrepreneurial behaviour in the agri-food industry. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 10(1), 2-22. doi: 10.1108/JEEE-08-2016-0029
- Yaseen, A., Somogyi, S., & Bryceson, K. (2017). Entrepreneurial behaviour formation among farmers: Evidence from the Pakistani dairy industry. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 8(1), 124-143. doi: 10.1108/JADEE-01-2017-0002
- Yiu, D. W., Lau, C. M., & Bruton, G. D. (2007). International venturing by emerging economy firms: The effects of firm capabilities, home country networks, and corporate entrepreneurship. *Journal of International Business Studies*, 38, 519-540.
- Yoder, L., & Roy Chowdhury, R. (2018). Tracing social capital: How stakeholder group interactions shape agricultural water quality restoration in the Florida Everglades. *Land Use Policy*, 77, 354-361. doi: 10.1016/j.landusepol.2018.05.038
- Yúnez Naude, A., & González Andrade, S. (2008). Efectos multiplicadores de las actividades productivas en el ingreso y pobreza rural en México. *El Trimestre Económico*, 75(298), 349-377.
- Yusoff, A., Ahmad, N. H., & Halim, H. A. (2016). Entrepreneurial orientation and agropreneurial intention among Malaysian agricultural students: The impact of agropreneurship education. *Advances in Business-Related Scientific Research Journal*, 7(1), 77-92.
- Zhai, Y. M., Sun, W. Q., Tsai, S. B., Wang, Z., Zhao, Y., & Chen, Q. (2018). An empirical study on entrepreneurial orientation, absorptive capacity, and SMEs' innovation performance: A sustainable perspective. *Sustainability*, 10(2). doi: 10.3390/su10020314

Estrés académico en estudiantes universitarios

Academic stress in university students



María Fernanda Silva-Ramos*, José Juan López-Cocotle*✉, María Elena Columba Meza-Zamora**

Silva-Ramos, M. F., López-Cocotle, J. J., & Meza-Zamora, M. E. C. (2020). Estrés académico en estudiantes universitarios. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 75-83.

RESUMEN

El estrés en los estudiantes de educación superior es una problemática que es necesario estudiar de manera profunda, ya que repercute a nivel físico, emocional y psicológico. El objetivo fue determinar el nivel de estrés en estudiantes universitario mediante un estudio cuantitativo, descriptivo y correlacional en una muestra de 255 estudiantes. Se utilizó el inventario SISCO, ya que permite identificar el estrés en estudiantes de educación superior y posgrado. El procesamiento de los datos se realizó mediante el programa SPSS versión 22 y se consideró lo estipulado en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la salud. El 86.3% de los participantes presentan un nivel de estrés moderado, se determinó independencia entre el nivel de estrés y el sexo de los participantes ($p = .298$) y se reporta asociación significativa con el programa de estudios ($p = .005$).

Palabras clave: estrés académico; estudiantes universitarios; nivel de estrés; estresores; síntomas; afrontamiento.

Keywords: academic stress; university students; stress level; stressors; symptom; coping.

Recibido: 28 de febrero de 2019 Aceptado: 10 de octubre de 2019

* División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Estatal Libre Villahermosa-Comalcalco km 27+000 s/n Ranchería Ribera Alta, Jalpa de Méndez, C.P. 86205, Tabasco, México. Correo electrónico: fsilvar.97@hotmail.com; jjuanlopez@hotmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1460-4633>; <http://orcid.org/0000-0002-0919-2630>

** Facultad de Enfermería, Universidad Veracruzana. Calle Médicos 489, U. H. del Bosque, C. P. 91010, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. Correo electrónico: meze53@hotmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6306-6176>

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

Stress in the students of higher education is a problem which is necessary to study deeply, since it affects the physical, emotional and psychological level. The objective was to determine the level of stress in university students by a quantitative, descriptive and correlational study in a sample of 255 students. The SISCO inventory was used to know the stress in higher education and postgraduate students. The SPSS program version 22 for Windows for data processing and the stipulations of the Regulations of the General Health Law on Health Research were considered. The 86.3% of the participants have a moderate level of stress, the independence found between the level of stress and the sex of the participants was $p = .298$ and significant association with the syllabus ($p = .005$).

INTRODUCCIÓN

El estrés en una expresión frecuente en la actualidad. Es un término complejo, interesante y actual, del que no existe un consenso en su definición. Es una respuesta negativa que provoca un desequilibrio en los individuos que lo padecen a causa de las diferencias entre la presión y la capacidad para afrontarla. El estresor mismo no es el causante del estrés, sino la percepción que tiene el individuo sobre este (Bowler & Cone, 2001; Williams & Cooper, 2004), se genera cuando la persona considera que las demandas desbordan sus recursos y las cataloga como estresores.

Zárata Depraect, Soto Decuir, Castro Castro y Quintero Salazar (2017) mencionan que el estrés académico es un estado que se produce cuando el estudiante percibe negativamente (distrés) las

demandas de su entorno, cuando le resultan angustiantes aquellas situaciones a las que se enfrenta durante su proceso formativo y pierde el control para afrontarlas y en algunas ocasiones se manifiestan síntomas físicos como ansiedad, cansancio, insomnio, y expresiones académicas como bajo rendimiento escolar, desinterés profesional, ausentismo e incluso deserción.

Los factores que predisponen a un individuo al estrés pueden estar determinados por la singularidad de cada uno, incluyendo factores basados en la personalidad, la autoestima y la resistencia orgánica; por tanto, un factor de estrés puede ser percibido diferente por dos personas, mostrando que las respuestas a los estímulos estresantes son individuales y subjetivas, lo que refleja la capacidad de adaptación de cada individuo (Domingues Hirsch et al., 2018).

El estrés está presente en todos los ámbitos de acción de un individuo, incluido el educativo, de ahí la preocupación de los integrantes del equipo de salud para conocer las implicaciones que este tiene sobre el rendimiento de los estudiantes; es decir, el estrés que los estudiantes experimentan (figura 1) durante su tránsito escolar.



Figura 1. Estudiantes de un programa de educación superior. Fotografía del equipo de investigación.

La incorporación a la universidad constituye una experiencia estresante que implica afrontar situaciones que buscarán cambiar la forma de enfocar el aprendizaje, el estudio y la esfera personal. Dichos cambios pueden aumentar el riesgo de que los

estudiantes presenten altos niveles de estrés, asimismo, se puede interpretar en una amplia gama de experiencias, entre las que figuran el nerviosismo, la tensión, el cansancio, el agobio, la inquietud y otras sensaciones similares (Escobar Zurita, Soria de Mesa, López Proaño, & Peñafiel Salazar, 2018).

Los estresores académicos provocan un desequilibrio sistémico con manifestación en una serie de síntomas; el estudiante es quien debe llevar a cabo estrategias de afrontamiento para restaurar dicho equilibrio (García et al., 2017; Peña-Paredes, Bernal Mendoza, Pérez Cabañas, Reyna Ávila, & García Sales, 2018). Todos los organismos experimentan reacciones de estrés durante su vida; sin embargo, cuando la reacción del sujeto persiste puede agotar las reservas del individuo e interpretarse en una serie de problemas que afectan directamente sus actividades (Pulido Rull et al., 2011). Sánchez-Villena (2018) menciona que el estrés académico es mayor en estudiantes de educación superior debido a la mayor cantidad de exigencias académicas.

Las actividades que se realizan durante el tránsito académico, como tareas, exámenes, reuniones, entrevistas, compromisos, son eventos que un estudiante universitario realiza constantemente a lo largo de su proceso de aprendizaje, pero cuando ocurre una sobrecarga aparece el estrés como respuesta del cuerpo ante la exigencia escolar y personal; lo más relevante de dicha situación son las consecuencias que repercuten en los ámbitos académico, físico, psicológico y social (Sarubbi de Rearte & Castaldo, 2013).

La persona estresada muestra un desequilibrio interno que afecta el funcionamiento psicológico y fisiológico, la respuesta individualizada genera afecciones directas en su conducta (Guadarrama Guadarrama et al., 2012). Suárez-Montes y Díaz-Subieta (2015) han mencionado que "el estrés académico es un elemento que favorece el estrés crónico y el deterioro de la salud mental" (p. 302).

Cuando el exceso de trabajo es la fuente del estrés académico, los estudiantes enfrentan cada vez más exigencias, desafíos y retos que requieren una gran cantidad de recursos físicos y psicológicos, tal condición les puede hacer experimentar agotamiento, poco interés frente al estudio y a la autocrítica e incluso llevarlos a la pérdida de control (Jiménez Herrera, 2010).

Gutiérrez y Amador (2016) mencionan que entre las consecuencias que presenta el estrés académico, como otros tipos de estrés, son manifestaciones físicas individuales, como incremento de la frecuencia cardíaca, transpiración y tensión muscular de brazos y piernas; respiración entrecortada y roce de los dientes, trastornos del sueño, fatiga crónica, cefalea y problemas de digestión. Las reacciones conductuales más relevantes son deterioro del desempeño, tendencia a polemizar, aislamiento, desgano, tabaquismo, consumo de alcohol u otros, ausentismo, nerviosismo, aumento o reducción de apetito y sueño.

Es pertinente enfocar la mirada hacia las diversas situaciones que generan estrés en estudiantes universitarios, así como su desarrollo y diversas formas para afrontarlo la cual permitirá el acceso a un mejor aprovechamiento académico, principal fin de la estancia de los jóvenes en el ámbito educativo. (Guadarrama Guadarrama et al., 2012, p. 1535)

Los esfuerzos cognoscitivos y conductuales que se llevan a cabo para satisfacer las demandas específicas, tanto externas como internas, son evaluadas como excedentes o desbordantes; es decir, los esfuerzos que realiza la persona para anticiparse, desafiar o cambiar las condiciones para alterar una situación estresante (Collados Sánchez & García Cutillas, 2012). El estrés es un problema de salud mental que perjudica a 50% de la población, considerado como un factor grave generador de patologías (Caldera Montes, Pulido Castro, & Martínez González, 2007).

El presente estudio describió el nivel de estrés y la relación entre las variables sexo y carrera en estudiantes de una universidad de carácter público del sureste de México. Su importancia radica en que a la fecha no existen estudios que identifiquen esta problemática en la institución, lo que permite reconocer los obstáculos a lo largo de la formación académica y detectar áreas de oportunidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo con diseño descriptivo y correlacional. La población de estudio estuvo representada por estudiantes universitarios de los programas educativos (PE) Licenciatura en Enfermería y Genómica e Ingeniería en Petroquímica y Nanotecnología con una muestra

de 255 estudiantes. Se utilizó muestreo probabilístico estratificado con el propósito de asegurar que todos los participantes tuvieran la posibilidad de participar en el estudio (Burns & Grove, 2012). Para la selección de los participantes se consideró aquellos con más de un ciclo escolar cursado.

Como instrumento de evaluación se utilizó el inventario SISCO (Barraza Macías, 2007), el cual tiene como objetivo principal reconocer las características del estrés que suele acompañar a los estudiantes de educación media superior, superior y posgrado durante sus estudios. Cuenta con un índice de confiabilidad Alfa de Cronbach de .90. Es un cuestionario autoadministrado con 31 ítems distribuidos de la siguiente manera:

-Un ítem de filtro, en términos dicotómicos (sí-no) que permite determinar si el encuestado es candidato o no a contestar el cuestionario. Un ítem en escala tipo Likert de cinco valores numéricos (del 1 al 5, donde 1 es poco y 5 es mucho) permitiendo identificar el nivel autopercebido de estrés académico.

-Ocho ítems de cinco valores categoriales (nunca, rara vez, algunas veces, casi siempre y siempre) que permiten identificar la constancia en que las demandas del entorno son valoradas como estímulos estresores. 15 ítems de cinco valores categoriales (nunca, rara vez, algunas veces, casi siempre y siempre) que identifican la frecuencia en la que se presentan los síntomas o reacciones al estresor y seis ítems (nunca, rara vez, algunas veces, casi siempre y siempre) que nos permite conocer las estrategias de afrontamiento utilizadas por los estudiantes. Para determinar el nivel de estrés se utilizó la escala de medición propuesta por Barraza Macías (2008) donde a través de puntaje porcentual se clasifica el estrés en leve (0-33), moderado (34-66) y profundo (67-100).

Para llevar a cabo la recolección de datos se requirió autorización a la institución educativa y se solicitó a la Coordinación de Docencia el total de estudiantes y el total por cada programa educativo (estrato). Con los datos proporcionados, la muestra se distribuyó de la siguiente manera: 67 estudiantes del programa de Enfermería, 66 de la Licenciatura en Genómica, 66 estudiantes de la Ingeniería en Petroquímica y 56 de Nanotecnología; a quienes se dio a conocer los objetivos y propósitos del estudio, todos los participantes hicieron válida su inclusión mediante la firma del consentimiento informado.

Los datos se procesaron en el paquete estadístico *Statistical Package for Social Sciences (SPSS)* versión 22 para Windows, mediante estadística descriptiva a través de frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central. Para determinar la correlación entre variables se empleó la prueba de Chi-cuadrado (χ^2).

El presente estudio se realizó conforme a lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (SEGOB, 2 de abril de 2014) y la Norma Oficial Mexicana 012 NOM-012-SSA3-2012 (SEGOB, 4 de enero de 2013), que establece los criterios para llevar a cabo proyectos de investigación para la salud en seres humanos, donde se respetó la dignidad y los derechos de los participantes, se garantizó el anonimato y la confidencialidad de los datos proporcionados por los participantes y se les dio a conocer que eran libres de retirarse en el momento en que lo desearan.

RESULTADOS

De acuerdo con los datos recolectados, 40.4% de los participantes son del sexo masculino y 59.6% femenino, debido a que la población que más demanda el estudio de la enfermería corresponde a este último. Respecto a la ocupación, 69.8% estudia y 30.2% estudia y trabaja (tabla 1).

En la tabla 2 se muestran las medias y desviaciones estándar de los componentes del inventario SISCO. Se observa que el estrés está presente en los estudiantes debido a que los estresores se encuentran por arriba del punto medio de la escala sobre base 5 ($M= 3.0$), con respecto a las reacciones de los estudiantes, se encuentran alrededor del punto medio de la escala, siendo la más frecuente las reacciones físicas ($M= 2.6$), asimismo, el uso de estrategias de afrontamiento ($M= 2.9$).

Tabla 1
Características sociodemográficas

VARIABLES	n	%
Sexo		
Masculino	103	40.4
Femenino	152	59.6
Licenciatura		
Enfermería	67	26.3
Genómica	66	25.9
Petroquímica	66	25.9
Nanotecnología	56	22.0
Ocupación		
Estudiante	178	69.8
Estudia y Trabaja	77	30.2

Nota: Elaboración propia. N= 255.

Tabla 2

Medias y desviaciones estándar de los componentes del Inventario SISCO

Componentes	M	DE
Estresores	3.0	.71
Reacciones Físicas	2.6	.78
Reacciones Psicológicas	2.5	.76
Reacciones comportamentales	2.3	.75
Estrategias de Afrontamiento	2.9	.77

Nota: Elaboración propia. N= 255.

En la figura 2 se puede observar que los estudiantes de los cuatro programas educativos presentan un nivel moderado de estrés (23.1%, 21.6%, 25.2% y 16.5%, respectivamente). De estos, los estudiantes del PE Ingeniería en Petroquímica presentan mayor índice porcentual (25.2%), esto puede deberse a la complejidad de la carga académica, ya que están más orientados a las ciencias exactas.

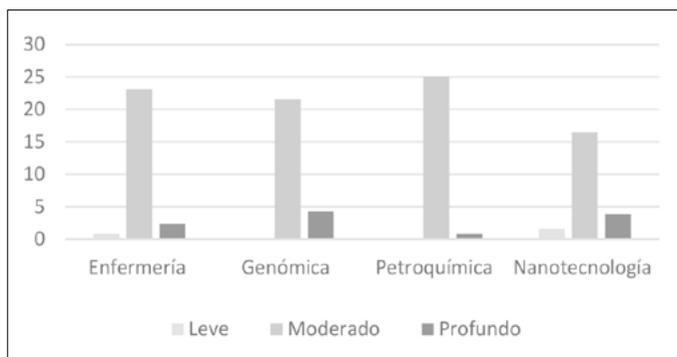


Figura 2. Nivel de estrés por programa educativo. N= 255. Elaboración propia.

La figura 3 muestra que el nivel de estrés que presentan los participantes es moderado (86.3%), seguido de un nivel profundo (11.4%) y un nivel leve con 2.4%, independientemente de su disciplina. En la tabla 3 se observa que no existe relación significativa entre nivel de estrés y sexo de los participantes ($\chi^2 = 2.423, p = .298$), por tanto, es posible determinar que el estrés está presente en ambos sexos.

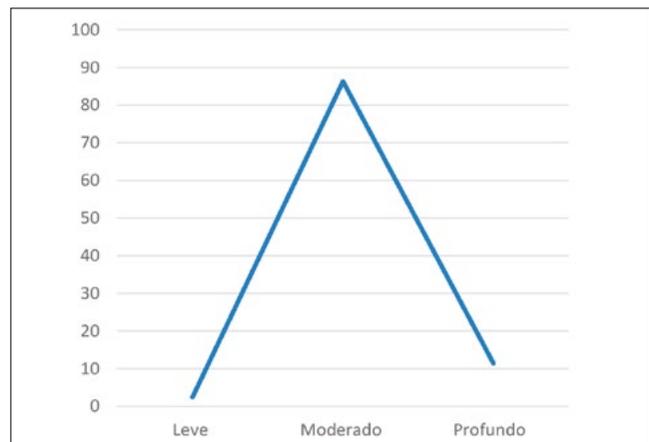


Figura 3. Nivel de estrés. N= 255. Elaboración propia.

Tabla 3

Relación entre el nivel de estrés y sexo masculino (n= 103) y femenino (n= 152)

Nivel de estrés	Masculino		Femenino		χ^2	p
	n	%	n	%		
Leve	2	33.3	4	66.7	2.42	.298
Moderado	93	42.3	127	57.7		
Profundo	8	27.6	21	72.4		

Nota: N= 255.

Elaboración propia.

Tabla 4

Relación entre el nivel de estrés y programa educativo

Licenciatura	Leve		Moderado		Profundo		χ^2	<i>p</i>
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%		
Enfermería	2	3.0	59	88.1	6	9	18.55	.005
Genómica	0	0	55	83.3	11	16.7		
Petroquímica	0	0	64	97.0	2	3.		
Nanotecnología	4	7.1	42	75.0	10	17.9		

Nota: *N*= 255.

Elaboración propia.

Se encontró una asociación significativa entre nivel de estrés y programa de estudios que cursan los estudiantes ($\chi^2= 18.551$, $p=.005$). Se observa que los estudiantes de Petroquímica y Enfermería presentan un nivel porcentual más elevado (97% y 88.1%); sin embargo, los estudiantes de Ingeniería en Nanotecnología presentan mayor índice porcentual en estrés profundo (17.9%) seguido por la Licenciatura en Genómica con 16.7% (tabla 4).

DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación lograron determinar que existe un alto índice de estudiantes de educación superior con un nivel de estrés moderado, asimismo, se identificó que los estímulos estresores más frecuentes son las evaluaciones de los profesores, la sobrecarga de tareas y trabajos escolares y el tiempo limitado para hacer los trabajos. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Guadarrama Guadarrama et al. (2012), donde la mayor frecuencia de sucesos estresantes ocurre en estudiantes que oscilan entre 18 y 25 años, en que los asuntos escolares y económicos fueron los más significativos; en primer lugar la época de exámenes u oposiciones, seguido por problemas económicos propios o familiares.

Peña-Paredes et al. (2018) mencionan que las situaciones que siempre generaron estrés fueron incompreensión de temas abordados en clase (25.3%), tiempo limitado para hacer los trabajos (23.4%), sobrecarga de trabajos (21.5%), evaluaciones de profesores (20.9%), participación en clase (15.2%), tipo de trabajo que solicitan los maestros (14.6%), actitud y carácter del profesor (11.4%) y competencia con los compañeros (8.2%), lo que coincide con el presente estudio, ya que los estresores más frecuentes

fueron las evaluaciones de los maestros ($M= 3.40$), seguido de la sobrecarga de tareas ($M= 3.35$) y el tiempo limitado para realizar los trabajos escolares ($M= 3.27$); además, estos resultados son similares a lo reportado por García García et al. (2017), donde las actividades que generan estrés son la carga académica con 28.8%, la falta de tiempo para consumir las actividades académicas (27.4%) y las actividades relacionadas con responsabilidades de la asignatura (21.7%).

En lo que respecta a las reacciones manifestadas por los alumnos, se encontraron físicas (dolores de cabeza o migraña, 38.0%), psicológicas (inquietud, 38.4% y ansiedad, angustia o desesperación, 38.4%) y comportamentales (desgano para llevar a cabo las labores escolares, 36.9% y aumento o reducción del consumo de alimentos, 31.4%). Los hallazgos son mayores a lo reportado en un estudio realizado en la Universidad Autónoma de Guerrero a estudiantes de las áreas de matemáticas, letras, arquitectura, economía, urbanismo y filosofía (Peña-Paredes et al., 2018); destacaron los dolores de cabeza o migraña (10.1%), inquietud (16.5%), ansiedad, angustia o desesperación (12.7%), aumento o reducción del consumo de alimentos (10.1%) y desgano para realizar labores escolares (8.9%), quizá debido a la complejidad de las asignaturas impartidas en las diversas licenciaturas de la institución, ya que están basadas en ciencias puras y básicas.

Los datos mencionados difieren con los hallazgos del estudio de Jerez Mendoza y Oyarzo Barría (2015) realizado a estudiantes del área de la salud en Chile en la Universidad de Los Lagos, Osorno, en el que la prevalencia de los síntomas en alumnos es mayor a los reportado: dolores de cabeza o migrañas (61.5%), inquietud (76.1%), ansiedad, angustia o

desesperación (67.2%), desgano para llevar a cabo labores escolares (72.6%) y aumento o reducción del consumo de alimentos (68.8%).

Con respecto a las estrategias de afrontamiento utilizadas por los estudiantes, las más empleadas fueron habilidad asertiva ($M=3.15$) y ejecución de un plan de estudios ($M=3.09$), hallazgos similares fueron reportados en el Tecnológico Superior en Finanzas de Ecuador, ya que 31.6% de los encuestados mencionó que realizan acciones de afrontamiento ante las situaciones características de estrés académico, donde las más frecuentes son la ejecución de un plan de estudios y asertividad (Álvarez-Silva, Gallegos-Luna, & Herrera-López, 2018).

En el presente estudio 86.3% de los participantes presentan un estrés moderado, hallazgos similares se reportan en un estudio realizado en estudiantes de una Universidad de Colombia en la que se encontró que los estudiantes de Medicina presentan niveles significativos de estrés (64%) (Lemos, Henao Pérez, & López Medina, 2018). La presencia de estrés en los alumnos del área de ciencias de la salud puede ser por la responsabilidad al tener en sus manos la vida de personas, aunada a la dinámica existente al interior de las instituciones formadoras de recursos humanos para la salud.

El estrés académico cuya fuente se encuentra en el ámbito educativo afecta el aprendizaje de los estudiantes y su bienestar (Toribio-Ferrere & Franco-Bárcenas, 2016). El conjunto de los efectos citados influye en el rendimiento académico, puede

fomentar el consumo de drogas, alteración del sueño, elusión de la responsabilidad y otras situaciones que repercutan negativamente en el desempeño de su labor como futuros profesionales y en el logro de sus aspiraciones personales (Alfonso Águila, Calcines Castillo, Monteaguado de la Guardia, & Nieves Achon, 2015).

CONCLUSIONES

Este trabajo permitió identificar la presencia de estrés en estudiantes universitarios debido a sucesos estresantes durante su tránsito escolar. El alumno que presenta altos niveles de estrés por un periodo prolongado puede afectar su rendimiento académico y provocar un desequilibrio sistémico, asimismo, se espera que contribuya con los estudios realizados sobre esta temática para su mejor comprensión.

Se determinó que existe estrés académico moderado con predominio en la población femenina. Se cotejó que genera síntomas que pueden llegar a afectar el tránsito escolar, desde dolores de cabeza o migrañas (físicas), problemas de concentración, sentimientos de depresión e inquietud (psicológicas), así como desgano para realizar labores escolares y el consumo o reducción de alimentos (comportamentales). Es necesario enfocar la mirada hacia los métodos de enseñanza-aprendizaje y el desarrollo de competencias, además de fomentar entre los estudiantes la responsabilidad y organización de las labores escolares y con ello minimizar la intensidad, frecuencia y reacciones que el estrés produce.

REFERENCIAS

- Alfonso Águila, B., Calcines Castillo, M., Monteagudo de la Guardia, R., & Nieves Achon, C. (2015). Estrés académico. *Edumecentro*, 7(2), 163-178.
- Álvarez-Silva, L. A., Gallegos-Luna, R. M., & Herrera-López, P. S. (2018). Estrés académico en estudiantes de Tecnología Superior. *Universitas Revista de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador*, 28, 193-209.
- Barraza Macías, A. (2007). Inventario SISCO del estrés académico. *Universidad Pedagógica de Durango*, 7, 89-93.
- _____ (2008). Construcción y validación psicométrica del Inventario del Estrés de Examen. *Investigación Educativa Duranguense*, 9, 33-45.
- Bowler, R. M., & Cone, J. E. (2001). *Secretos de la Medicina del Trabajo*. México: Mc Graw Hill-Interamericana Editores.
- Burns, N., & Grove, S. K. (2012). *Investigación en Enfermería*. (5ª. ed.). España: Elsevier.
- Caldera Montes, J. F., Pulido Castro, B. E., & Martínez González, M. G. (2007). Niveles de estrés y rendimiento académico en estudiantes de la carrera de Psicología del Centro Universitario de Los Altos. *Revista de Educación y Desarrollo*, 7, 77-82.
- Collados Sánchez, J. M., & García Cutillas, N. (2012). Riesgo de estrés en estudiantes de Enfermería durante las prácticas clínicas. *Revista Científica de Enfermería*, 4, 1-10.
- Domingues Hirsch, C., Devos Barlem, E. L., De Almeida, L. K., Tomaschewski Barlem, J. G., Lerch Lunardi, V., & Marcelino Ramos, A. (2018). Stress triggers in the educational environment from the perspective of nursing students. *Texto & Contexto Enfermagem*, 27(1), e0370014.
- Escobar Zurita, E. R., Soria de Mesa, B. W., López Proaño, G. F., & Peñafiel Salazar, D. A. (2018). Manejo del estrés académico; revisión crítica. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/atlante/2018/08/estres-academico.html>
- García García, P., Cano Fajardo, L. E., López Guevara, S. J., Castillo Muraira, Y., Gutiérrez Sánchez, G., & Jiménez Martínez, A. A. (2017). Nivel de estrés y consumo de alcohol en estudiantes universitarios. *Parainfo Digital*, 11(27). Recuperado de <http://www.index-f.com/para/n27/118.php>
- Guadarrama Guadarrama, R., Márquez Mendoza, O., Mendoza Mojica, S. A., Veytia López, M., Serrano García, J. M., & Ruiz Tapia, J. A. (2012). Acontecimientos estresantes, una cuestión de salud en universitarios. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 15(4), 1532-1547.
- Gutiérrez, H. A. M., & Amador, M. M. E. (2016). Estudio del estrés en el ámbito académico para la mejora del rendimiento estudiantil. *QUIPURAMAYOC*, 24(45A), 23-28.
- Jerez Mendoza, M., & Oyarzo Barría, C. (2015). Estrés académico en Estudiantes del Departamento de Salud de la Universidad de los Lagos Osorno. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría*, 53(3), 149-157.
- Jiménez Herrera, L. G. (2010). Estrés en estudiantes de farmacia de la Universidad de Costa Rica. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 10(2), 1-29. doi: 10.15517/AIE.V10I2.10114
- Lemos, M., Henao Pérez, M., & López Medina, D. C. (2018). Estrés y salud mental en estudiantes de medicina. Relación con afrontamiento y actividades extracurriculares. *Archivos de Medicina*, 14(2). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6499267>
- Peña-Paredes, E., Bernal Mendoza, L. I., Pérez Cabañas, R., Reyna Ávila, L., & García Sales, K. G. (2018). Estrés y estrategias de afrontamiento en estudiantes de nivel Superior de la Universidad Autónoma de Guerrero. *Nure Investigación: Revista Científica de Enfermería*, 15(92). Recuperado de <file:///E:/Msat/Dialnet-EstresYEstrategiasDeAfrontamientoEnEstudiantesDeNi-6279759.pdf>
- Pulido Rull, M. A., Serrano Sánchez, M. L., Valdés Cano, E., Chávez Méndez, M. T., Hidalgo Montiel, P., & Vera García, F. (2011). Estrés académico en estudiantes universitarios. *Psicología y Salud*, 21(1), 31-37.
- Sánchez-Villena, A. (2018). Relación entre estrés académico e ideación suicida en estudiantes universitarios. *Eureka*, 15(1), 27-38.
- Sarubbi de Rearte, E., & Castaldo, R. I. (2013). Factores causales del estrés en los estudiantes universitarios. V Congreso Internacional de Investigación y Práctica profesional en Psicología XX Jornadas de Investigación Nuevo encuentro de investigadores en Psicología MERCASUR. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://www.aacademica.org/000-054/466>

- Secretaría de Gobernación. (4 de enero de 2013). Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013
- _____ (2 de abril de 2014). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf
- Suárez-Montes, N., & Díaz-Subieta, L. B. (2015). Estrés académico, deserción y estrategias de retención de estudiantes en la educación superior. *Revista de Salud Pública*, 17(2), 300-313.
- Toribio-Ferrere, C., & Franco-Bárceñas, S. (2016). Estrés Académico: El enemigo silencioso del estudiante. *Salud y Administración*, 3(7), 11-18.
- Williams, S., & Cooper, L. (2004). *Manejo del estrés en el trabajo: Plan de acción detallado para profesionales*. México: El Manual Moderno.
- Zárate Depraect, N. E., Soto Decuir, M. G., Castro Castro, M. L., & Quintero Salazar, J. R. (2017). Estrés académico en estudiantes universitarios: Medidas preventivas. *Revista de Alta Tecnología y la Sociedad*, 9(4), 92-98.

La hipertensión arterial y el riñón: El dúo fatídico de las enfermedades crónicas no transmisibles

The arterial hypertension and kidney: The fateful duo of chronic non-communicable diseases



Asdrúbal Aguilera-Méndez*✉, Renato Nieto-Aguilar**, Deyanira Serrato-Ochoa**, Gema Cecilia Manuel-Jacobo*

Aguilera-Méndez, A., Nieto-Aguilar, R., Serrato-Ochoa, D., & Manuel-Jacobo, G. C. (2020). La hipertensión arterial y el riñón: El dúo fatídico de las enfermedades crónicas no transmisibles. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 84-92.

RESUMEN

Las enfermedades crónicas no transmisibles son la principal causa de muerte en el mundo. Entre ellas, las cardiovasculares ocupan el primer lugar en mortalidad y el principal factor de riesgo es la hipertensión, la cual suele ser asintomática hasta que los efectos perjudiciales se manifiestan. Existe una fuerte relación entre la hipertensión y el riñón, ya que por un lado la hipertensión es el mayor factor de riesgo para la iniciación y progresión de la enfermedad renal y al mismo tiempo la hipertensión es el resultado de la propia enfermedad renal. En

Palabras clave: hipertensión arterial; riñón; enfermedad renal crónica; enfermedades crónicas no transmisibles.

Keywords: arterial hypertension; kidney; chronic kidney disease; chronic non-communicable diseases.

Recibido: 2 de abril de 2019 Aceptado: 29 de octubre de 2019

* Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. Francisco J. Múgica s/n, Colonia Felicitas del Río, Edificio B-1 planta baja, Ciudad Universitaria, C. P. 58030, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: amendez@umich.mx, asdruguilera@yahoo.com.mx; ceci_manjac@hotmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0326-2068>; <http://orcid.org/0000-0002-8067-0455>

** Centro Universitario de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzicuaró km 5, Colonia Arboledas Valladolid, C. P. 58330, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: nieto.renato@gmail.com; gelato.serrato@yahoo.com.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4009-1942>; <http://orcid.org/0000-0001-7031-832X>

✉ Autor para correspondencia

esta revisión, se analizaron de manera general diferentes aspectos de la hipertensión arterial, como prevalencia, clasificación, etiología, heredabilidad y relación con enfermedades crónicas no transmisibles y la importancia del riñón en la regulación de la presión arterial; así como la enfermedad renal y su relación con la hipertensión y las consecuencias deletéreas para la salud.

ABSTRACT

Chronic non-communicable diseases are leading cause of death worldwide. Among them, cardiovascular diseases are main cause of mortality and the main risk factor is hypertension, which is usually asymptomatic until the harmful effects are manifested. There is a strong relationship between hypertension and kidney, because on the one hand hypertension is the major risk factor for the initiation and progression of kidney disease and at the same time hypertension is the result of kidney disease itself. In this review, different aspects of arterial hypertension will be analyzed, such as its prevalence, classification, etiology, heritability and relationship with chronic noncommunicable diseases and the importance of the kidney in the regulation of blood pressure; as well as kidney disease and its relationship with hypertension and the deleterious consequences for health.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónicas no transmisibles son padecimientos de lenta evolución y duración prolongada que conducen a un deterioro corporal (Barba Evia, 2018). Entre ellas están el cáncer, la diabetes, afecciones respiratorias, renales y cardiovasculares.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, en 2016 70% de las muertes en el mundo correspondieron a padecimientos crónicos no transmisibles (Global Burden of Disease Study 2016 Risk Factors Collaborators, 2017). La hipertensión es uno de los siete trastornos que componen la entidad conocida como *enfermedades cardiovasculares* (ECV). Datos epidemiológicos han demostrado que la hipertensión es el principal factor de riesgo para padecer enfermedad cardiovascular (Perumareddi, 2019). En México, la prevalencia de la hipertensión arterial es de 25.5% (Campos Nonato, Hernández-Barrera, Pedroza-Tobías, Medina, & Barquera, 2018).

La enfermedad renal crónica (ERC) está relacionada con varias de las afecciones crónicas no transmisibles, principalmente con la hipertensión arterial. En México, los datos epidemiológicos de morbilidad y mortalidad para la ERC son muy alarmantes (Méndez-Durán, Méndez-Bueno, Tapia-Yáñez, Muñoz-Montes, & Aguilar-Sánchez, 2010). Se ha demostrado una estrecha relación entre la hipertensión y la ERC, ya que la primera es el principal factor de riesgo para el inicio y progresión de la ERC y, al mismo tiempo, la hipertensión puede ser el resultado de la ERC. Por tanto, en esta revisión analizaremos de manera general aspectos de la hipertensión arterial, como su prevalencia, clasificación, etiología, heredabilidad y relación con enfermedades crónicas no transmisibles y la importancia del riñón en la regulación de la presión arterial; así como la enfermedad renal crónica y su relación

con la hipertensión y las consecuencias deletéreas para la salud.

Hipertensión arterial

Cuando existe un desequilibrio entre los factores vasoconstrictores y vasodilatadores del organismo se presenta la hipertensión, la cual consiste en una elevación sostenida y crónica de la presión arterial debido a factores diversos y es caracterizada por un incremento de la presión sistólica >140 mm de Hg y presión diastólica >90 mm de Hg (Kapil & Lobo, 2014; SSA, 2012). En este desequilibrio intervienen factores ambientales, genéticos y epigenéticos. Estos últimos son la conexión por medio de la cual los factores ambientales (alimentación) intervienen directamente con los genes y regulan su expresión (Poulter, Prabhakaran, & Caulfield, 2015). La presión arterial y la hipertensión se pueden clasificar según los niveles de presión sanguínea (tabla 1) (Kapil & Lobo, 2014; SSA, 2012).

También existe el término de *prehipertensión*, denominado por el *Séptimo Informe del Comité Nacional Conjunto de Prevención, Detección, Evaluación y Tratamiento de la Presión Arterial Alta*, para definir a un grupo de personas con mayor riesgo de presentar ECV, que tenían lecturas de presión arterial no consideradas por los médicos como significativas. El rango de presión arterial definido para la prehipertensión es de 120–139 mmHg sistólica/80–89 mmHg diastólica (Kalaitzidis & Bakris, 2010).

Tabla 1

Clasificación de la presión sanguínea. Definición de las diferentes categorías de la presión sanguínea de acuerdo con los niveles de presión sistólica y diastólica (Kapil & Lobo, 2014; SSA, 2012)

Categoría	Presión Sistólica (mmHg)	Presión Diastólica (mmHg)
Óptima	<120	<80
Presión arterial normal	120 a 129	80 a 84
Presión arterial normal alta	130 a 139	85 a 89
Hipertensión grado 1	140 a 159	90 a 99
Hipertensión grado 2	160 a 179	100 a 109
Hipertensión grado 3	≥180	≥110
Hipertensión enmascarada	≤140	≤90

Nota: Elaboración propia.

Se sabe que en la relación entre nivel de presión arterial y el riesgo de ECV los eventos son continuos, consistentes e independientes de otros factores de riesgo. Estudios observacionales con más de 1 millón de personas indican que la muerte por isquemia, enfermedad cardíaca y accidente cerebrovascular aumentan linealmente desde niveles de presión arterial tan bajos como 115 mmHg sistólica y 75 mmHg diastólica hacia arriba. Los estudios epidemiológicos también apoyan la hipótesis de que en la relación entre el rango de presión arterial y el riesgo de ERC, la progresión es lineal (Kalaitzidis & Bakris, 2010). Los estudios epidemiológicos para la prehipertensión se asocian con un nivel intermedio de riesgo de ECV, más alto que para los pacientes normotensos, pero menor que para los pacientes con hipertensión en grado 1 (Gu, Burt, Paulose-Ram, Yoon, & Gillum, 2008).

Etiología de la hipertensión arterial

De acuerdo con su etiología, la hipertensión se puede clasificar en dos grandes grupos (figura 1):

a) Esencial o primaria, donde no hay causa médica específica y representa de 90 a 95% de los casos diagnosticados y se manifiesta principalmente en edades avanzadas. Está fuertemente relacionada con los hábitos de estilo de vida sedentarios y una alimentación rica en grasas, carbohidratos, pocas verduras y frutas. Además existen diversos factores que la pueden originar como fármacos antiinflamatorios, esteroides, medicamentos, sal (cloruro de sodio), alcohol y hormonas de reemplazo femeninas (Kapil & Lobo, 2014).

b) Secundaria, es el resultado de condiciones preexistentes, categorizadas principalmente en problemas: renales (síndrome monogénico tubular, compresión subcapsular, reninoma, enfermedad policística y enfermedad crónica renal); vasculares (coartación aórtica, estenosis renal aterosclerótica y displasia fibromuscular); endocrinas (hiperaldoosteronismo, hipercortisolemia, feocromocitoma, acromegalia, desórdenes de la síntesis de esteroides, hipertiroidismo e hipotiroidismo) y neuronales (apnea del sueño obstructiva y falla autonómica). Representa entre 5 y 10% de todos los casos y se manifiesta principalmente en personas de 40 años (Kapil & Lobo, 2014; Poulter et al., 2015).

La presión arterial también tiene un rasgo hereditario, se ha estimado que 30% de la variación en la presión arterial está relacionada con factores genéticos. Una característica común de la mayor parte de las formas de hipertensión de herencia mendeliana es que presentan alteraciones en la homeostasis del sodio. Los estudios de genoma han identificado más de 65 loci que afectan la presión sanguínea, la mayoría de estos incluyen genes que no se hubieran esperado afectarían la presión sanguínea según los conocimientos de la fisiopatología de la hipertensión (Munroe, Barnes, & Caulfield, 2013). En los últimos años se ha propuesto que la hipertensión arterial también podría tener su origen en la programación metabólica intrauterina (Poulter et al., 2015).

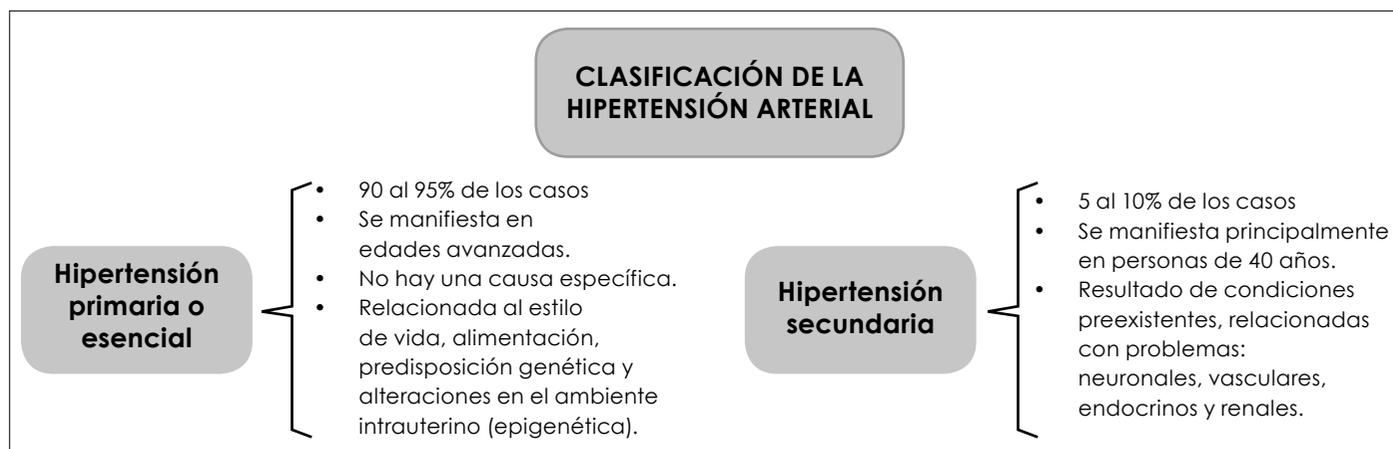


Figura 1. Clasificación de la hipertensión arterial. De acuerdo a su etiología la hipertensión se puede clasificar en: 1) Hipertensión primaria o esencial. 2) Hipertensión secundaria. Elaboración propia.

Datos epidemiológicos en seres humanos y experimentales en animales han demostrado que alteraciones en el ambiente intrauterino debidas a diversos factores, como alteraciones en la nutrición materna, se asocian con la aparición de hipertensión arterial en las personas adultas y animales expuestos a estos durante el embarazo (Velázquez, Fleming, & Watkins, 2019). Una propuesta para comprender la relación entre la programación metabólica fetal y el desarrollo de la hipertensión en el adulto es a través de la epigenética (Burton & Lillycrop, 2019). Esta estudia como factores ambientales (nutrientes) modifican químicamente el ADN sin cambiar su secuencia, se puede heredar y genera un fenotipo específico (Britten & Davidson, 1969).

La dificultad para interconectar todos los mecanismos que regulan la presión arterial conducen al hecho de que incluso si hay un factor principal responsable de originar la hipertensión, otros podrían ser los responsables de su mantenimiento. La mayor parte de las teorías están de acuerdo en que el desorden de su regulación se debe a factores endógenos o exógenos. Los factores endógenos son multifactoriales, incluyendo los genéticos. Los factores exógenos son los que desencadenan la propensión genética e incluyen sobre todo un alto consumo de sal, inadecuada alimentación (alimentos ricos en grasa saturada y carbohidratos) y algunos factores psicogenéticos (estrés) (Kasko, Budaj, & Hulin, 2012).

La hipertensión con frecuencia presenta un conjunto de factores de riesgo adicionales relacionados con enfermedades crónicas no transmisibles, como la resistencia a la insulina, la diabetes, la obesidad y la dislipidemia, las cuales pueden causar hipertensión. Por ejemplo, el incremento en el peso corporal está relacionado con retención de sodio, debido a una mayor actividad del sistema renina-angiotensina-aldosterona. También en las personas obesas el incremento en la concentración de triglicéridos favorece la aparición de ateromas que reducen la luz vascular e incrementan la presión arterial. De igual manera, la resistencia a la insulina produce un aumento compensatorio de insulina para mantener los niveles de glucosa en sangre adecuados y se ha reportado que la hiperinsulinemia es un importante factor de riesgo de aterosclerosis que contribuye a elevar la presión arterial por disminución en la luz vascular (Anari, Amani, Latifi, Veissi, & Shahbazian, 2017; Schrauben et al., 2019).

La hipertensión arterial se caracteriza por presentar una disfunción endotelial relacionada con la disminución de factores vasorelajantes, como el óxido nítrico (ON), bradicinina y prostaciclina, y al aumento de factores vasoconstrictores como adrenalina, serotonina, endotelinas, tromboxano A2 y especies reactivas de oxígeno (Plavnik, Ajzen, Cristofalo, Barbosa, & Kohlmann, 2007). También existe una incapacidad de los vasos sanguíneos para modificar su estructura en respuesta a cambios hemodinámicos y mecánicos debido a la hiperestimulación del sistema renina-angiotensina-aldosterona e hipersensibilidad del sistema nervioso simpático (Feihl, Liaudet, Waeber, & Levy, 2006; Poulter et al., 2015). También el aumento del PAI-1 (inhibidor del activador del plasminógeno-1) tiene una función importante remodelando la estructura del endotelio vascular y participa en la trombosis de los vasos sanguíneos (De Taeye, Smith, & Vaughan, 2005).

El hecho de que la disfunción endotelial sea promotora de la hipertensión pone de manifiesto la relación entre la hipertensión y otras enfermedades que perturban la función endotelial como la diabetes, la obesidad y la dislipidemia (Landmesser & Drexler, 2007). También estudios prospectivos han mostrado que el estrés crónico y la ansiedad causan un impacto en el desarrollo de la hipertensión por activación constante del sistema simpático (Ettner, Etnet, & White, 2012).

La hipertensión arterial es una enfermedad que puede ser asintomática hasta que se manifiestan consecuencias no reversibles, por ello es conocida como el asesino silencioso. Los efectos deletéreos de la hipertensión están relacionados con daños en varios órganos, principalmente corazón, cerebro y riñón. En el corazón se modifica el gasto cardíaco, que produce insuficiencia cardíaca y se manifiesta por intolerancia al esfuerzo, fatiga y disfunción renal. Cuando la hipertensión daña los vasos sanguíneos del cerebro, provoca lo que se conoce como accidente cerebrovascular, trombosis, embolia o *ictus*. Dependiendo de la parte del cerebro afectada, el *ictus* puede provocar parálisis, ceguera, pérdida de la memoria, problemas del lenguaje o incluso la muerte. De igual forma, la hipertensión induce daños en los riñones, originando destrucción de las nefronas que conlleva a insuficiencia renal y finalmente a la muerte (Gargiulo, Suhail, & Lerma, 2015; Poulter et al., 2015).

El riñón y el control de la presión arterial

Anatómicamente cada riñón está cubierto por una cápsula dura, fibrosa y rígida de tejido conectivo que sirve para limitar los cambios bruscos de volumen que se producen como respuesta a una elevación de la presión arterial. El riñón se divide en dos regiones principales: corteza y médula; a su vez, se puede dividir en cuatro zonas: corteza, franja exterior de la médula externa, franja interior de la médula externa y médula interna (Ahmeda & Alzoghbi, 2016). La unidad funcional y estructural del riñón es la nefrona, la cual contiene un cúmulo de capilares denominado glomérulo. En él se filtran grandes cantidades de sangre y el líquido filtrado se convierte en orina en su camino a la pelvis del riñón (Guyton & Hall, 2007; Schnaper, 2014).

El riñón ejerce una función muy importante en el control de la presión arterial, por medio del control de la excreción y reabsorción de agua-sodio y a través de la síntesis y liberación de hormonas que regulan dos grandes sistemas: el renina-angiotensina-aldosterona y el adrenérgico (Guyton & Hall, 2007). Todos estos mecanismos también se retroalimentan, por tanto, cuando hay un desequilibrio se producen alteraciones renales estructurales y funcionales que tiene consecuencias acumulativas, las cuales están relacionadas con la génesis y mantenimiento de la hipertensión arterial (figura 2).

Los riñones poseen una función preponderante en el control a largo plazo de la presión arterial, ya que excretan grandes cantidades de agua y sodio. Este control está relacionado con la homeostasis del volumen de líquido en el cuerpo. Cuando el volumen de sangre se incrementa y la capacitancia vascular no cambia, genera un aumento en la presión arterial. Si la presión aumenta demasiado, el riñón excretará mayor cantidad de líquido hacia la orina y la presión sanguínea se normalizará. Cuando la presión arterial disminuye, el riñón excretará menos líquido del que se ingiere y esta retención de líquidos incrementará la presión arterial. A la eliminación renal de agua se le denomina diuresis por presión. El aumento de la presión arterial también origina un incremento de la eliminación de sodio, que se conoce como natriuresis por presión (Guyton & Hall, 2007).

Los riñones también pueden regular la presión arterial a corto plazo, mediante el sistema renina-angiotensina-aldosterona. Este sistema contribuye a su control regulando la reabsorción de sodio por la

aldosterona y mediante la síntesis de angiotensina II (Ang II). La Ang II aumenta la contractilidad miocárdica, estimula la liberación de aldosterona, de catecolaminas de la médula adrenal y de las terminaciones nerviosas simpáticas, lo que aumenta la actividad del sistema nervioso simpático y la reabsorción de agua en el riñón (Miller & Arnold, 2018). Además, la estimulación aguda con Ang II regula la homeostasis agua-sodio y la vasoconstricción, lo que modula la presión sanguínea; mientras que la estimulación crónica promueve la disfunción de las células del músculo liso vascular, del músculo cardíaco y el aumento de la fibrosis renal (Pérez-Díaz, Hiriart, Olivares-Reyes, & Robles-Díaz, 2006).

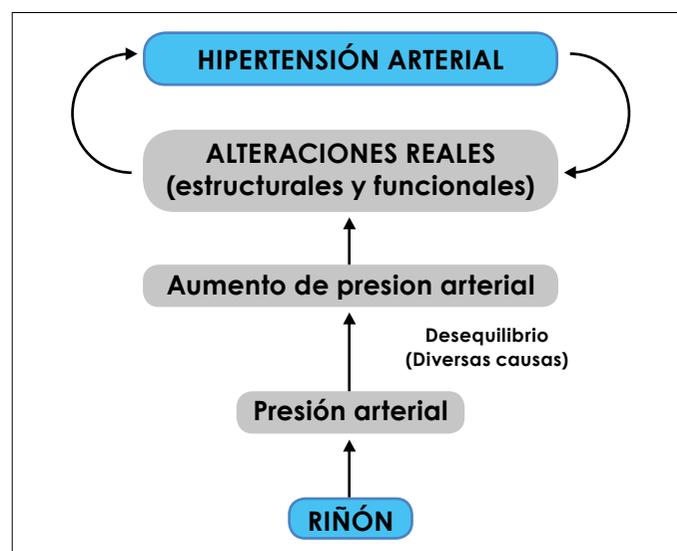


Figura 2. Relación del riñón y la hipertensión arterial. El riñón regula la presión arterial, cuando existe un desequilibrio se produce un incremento en la presión arterial, lo cual condiciona la aparición de alteraciones renales (estructurales y funcionales) que propician la aparición de hipertensión arterial, lo que a su vez produce mayores alteraciones renales que favorecen el mantenimiento y progresión de la hipertensión arterial. Elaboración propia.

Hipertensión y enfermedad renal crónica

La enfermedad renal crónica es definida por la Kidney Disease Improved Global Outcomes como una disminución de la función renal, con una tasa de filtración glomerular (TFG) menor que 60 ml/min/1.73 m² SC durante más de tres meses y con alteraciones histológicas, albuminuria o proteinuria mayor a 30 mg/dl. Las enfermedades crónicas no transmisibles son factores importantes de susceptibilidad para la enfermedad renal, principalmente la diabetes y la hipertensión (Barba Evia, 2018).

Si la disfunción renal es el resultado de una hipertensión crónica o la primer causa del estado hipertensivo, continua estando en discusión (Ahmeda & Alzoghaibi, 2016; Hsu y Tain, 2019; Webster, Nagler, Morton, & Masson, 2017). Sin embargo, lo que no está a discusión es la participación del riñón en la génesis y mantenimiento de la hipertensión arterial (Weir, 2009). Existe el punto de vista de que los cambios en la función renal son debidos a factores estructurales y alteraciones funcionales causadas por la exposición del riñón al aumento de la presión de perfusión.

Se ha demostrado que el aumento de la presión arterial basal puede exacerbar los cambios estructurales en el riñón de pacientes hipertensos, lo que resulta en una hipertensión secundaria. De igual manera, se ha visto que el incremento de la resistencia periférica total debida a diversas causas induce también una mayor resistencia vascular renal, modifica la función del riñón y origina hipertensión arterial (Ahmeda & Alzoghaibi, 2016; Weir, 2009).

Los primeros estudios que relacionaron la hipertensión con un cambio renal fueron hechos por Guyton et al. (1972). Postularon que las alteraciones en la función renal son condicionantes de predisposición de cualquier tipo de hipertensión arterial, ya que para lograr la natriuresis es necesario incrementar la presión arterial, con el objetivo de aumentar la presión de filtración glomerular para aumentar la carga filtrada y eliminar sodio (Guyton et al., 1972; Zehnder, 2005). Posteriormente Brenner, Garcia y Anderson (1988) propusieron que una disminución en el número de nefronas también está relacionada con la hipertensión, ya que al disminuir se produce una hiperfiltración glomerular compensatoria para mantener la filtración glomerular global y la filtración de sodio. Este efecto se genera por el aumento de Ang II, la que determina vasoconstricción eferente, aumento de la presión glomerular e hipertensión (Brenner et al., 1988). Otro estudio fue el de Rettig, consistente en trasplantar riñones de ratas condicionadas genéticamente a desarrollar hipertensión (SHR, del inglés *Spontaneous Hypertensive Rats*) a ratas receptoras compatibles normotensas, las cuales desarrollaron hipertensión. Se concluyó que los riñones de las ratas hipertensas tenían un daño intrínseco que originaba la hipertensión (Rettig et al., 1990).

Por otro lado, Curtis realizó estudios en personas donde evaluó si el trasplante de riñón de un donante sano (normotenso) impide la hipertensión en un receptor con hipertensión arterial. Él encontró que la hipertensión arterial esencial desaparecía cuando los individuos hipertensos recibían un trasplante de un donante normotenso (Curtis et al., 1983). Aunque estos estudios apuntan a que el riñón sería el causante de la hipertensión, no se puede considerar solamente a las alteraciones estructurales renales como único factor para provocar la hipertensión arterial.

Se ha demostrado que la hipertensión puede agravar la lesión en los glomérulos y en los vasos sanguíneos renales y es un factor primordial de nefropatía terminal. En contraste, las anomalías de la función renal pueden provocar hipertensión arterial. La relación entre hipertensión y nefropatía condiciona el desarrollo de un círculo vicioso, ya que la lesión renal primaria aumenta la presión arterial, lo que a su vez lesiona más a los riñones, aumenta más la presión arterial y así sucesivamente, hasta que origina una nefropatía terminal (Barba Evia, 2018; Webster et al., 2017). Los trastornos vasculares de los riñones relacionados con la hipertensión arterial incluyen la oclusión parcial o completa de vasos de diverso calibre, lo que afecta a los glomérulos y como consecuencia se desarrolla una insuficiencia renal progresiva; de esta manera, la hipertensión arterial incrementa aún más la hipertensión (Gekle, 2017; Guyton & Hall, 2007). La hipertensión es altamente prevalente en pacientes con enfermedad renal crónica, jugando una función importante en la alta morbilidad y mortalidad cardiovascular de esta población (Morgado & Leão Neves, 2012; Mulé et al., 2017).

De manera general se han propuesto dos mecanismos para explicar el daño renal en pacientes con hipertensión:

1. Cambios en la macro y microvasculatura renal, que propician la pérdida de la autoregulación renal y una elevación de la presión capilar glomerular y el consiguiente daño por hiperfiltración glomerular.
2. La disfunción endotelial renal y la pérdida de vasodilatadores endógenos, que favorecen la lesión vascular isquémica, lo cual conduce a la activación del sistema renina-angiotensina-al-

dosterona y al incremento de la liberación de citocinas y factores de crecimiento, lo que a su vez conduce a el reclutamiento de células inflamatorias que estimulan la apoptosis, lo que causa pérdida de nefronas y un aumento en la síntesis de matriz extracelular, que conlleva a una fibrosis renal (Morgado & Leão Neves, 2012).

Además, la regulación renal del sistema renina-angiotensina-aldosterona, mediada por la isquemia local, se asocia con un aumento en la actividad de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) en los túbulos proximales y peritubulares del intersticio, lo que incrementa la producción de Ang II y, por tanto, la vasoconstricción y cambios en la estructura vascular (Mehta & Griendling, 2007; Vio & Jeanneret, 2003). La Ang II regula el crecimiento celular en el riñón y su aumento favorece el desarrollo de glomeruloesclerosis y fibrosis tubulointersticial. Además, estimula la síntesis de endotelina I y disminuye la síntesis de óxido nítrico, lo que potencia su efecto vasoconstrictor. La hipertensión, a su vez, provoca esclerosis arteriolar aferente con isquemia tubular, inflamación intersticial y liberación de Ang II, lo que contribuye a fibrosis renal y deterioro funcional (Zehnder, 2005).

CONCLUSIONES

Las enfermedades crónicas no transmisibles son un gran problema de salud, tanto en México como en el mundo. Entre ellas, la hipertensión arterial y

la enfermedad renal crónica tienen una gran prevalencia de morbilidad y mortalidad. Además, la hipertensión arterial en la mayoría de los casos no manifiesta una sintomatología que permita diagnosticarse a tiempo, lo que tiene consecuencias graves al ser un factor de riesgo para infartos al miocardio y enfermedad renal crónica, ello la convierte en el asesino silencioso de las enfermedades crónicas. Se concluye que independientemente del mecanismo que origina la hipertensión arterial, las alteraciones renales van a contribuir a mantener la hipertensión arterial y a exacerbarla.

Independientemente del origen de la enfermedad renal crónica, la hipertensión contribuirá a empeorarla y a su vez conducirá a complicaciones en la salud, las cuales pueden ser mortales. Las perspectivas con respecto al panorama en cuanto a una posible disminución en la prevalencia de la hipertensión y la enfermedad renal crónica son poco alentadoras. Por tanto, es muy importante concientizar a los pacientes que padezcan cualquiera de estas dos enfermedades sobre los cuidados que deben tener, porque el presentar una condiciona la aparición de la otra, lo que lleva a un deterioro progresivo de la salud con altas probabilidades de muerte.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo recibido para realizar los proyectos de investigación.

REFERENCIAS

- Ahmeda, A. F., & Alzoghaibi, M. (2016). Factors regulating the renal circulation in spontaneously hypertensive rats. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(4), 441-451.
- Anari, R., Amani, R., Latifi, S. M., Veissi, M., & Shahbazian, H. (2017). Association of obesity with hypertension and dyslipidemia in type 2 diabetes mellitus subjects. *Diabetes and Metabolic Syndrome*, 11(1), 37-41.
- Barba Evia, J. R. (2018). México y el reto de las enfermedades crónicas no transmisibles. El laboratorio también juega un papel importante. *Revista Mexicana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, 65(1), 4-17.
- Brenner, B. M., Garcia, D. L., & Anderson, S. (1988). Glomeruli and blood pressure. Less of one, more the other? *American Journal of Hypertension*, 1 (4Pt 1), 335-347.
- Britten, R. J., & Davidson, E. H. (1969). Gene regulation in higher cells. *Science*, 165(3891), 349-357. doi: 10.1126/science.165.3891.349
- Burton, M. A., & Lillycrop, K. A. (2019). Nutritional modulation of the epigenome and its implication for future health. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 78(3), 305-312.
- Campos Nonato, I., Hernández-Barrera, L., Pedroza-Tobías, A., Medina, C., & Barquera, S. (2018). Hipertensión arterial en adultos mexicanos: Prevalencia, diagnóstico y tipo de tratamiento. ENSANUT MC 2016. *Salud Pública de México*, 60(3), 233-243.
- Curtis, J. J., Luke, R. G., Dustan, H. P., Kashgarian, M., Whelchel, J. D., Jones, P., & Diethelm, A. G. (1983). Remission of essential hypertension after renal transplantation. *The New England Journal of Medicine*, 309(17), 1009-1015.
- De Taeye, B., Smith, L. H., & Vaughan, D. E. (2005). Plasminogen activator inhibitor-1: a common denominator in obesity, diabetes and cardiovascular disease. *Current Opinion in Pharmacology*, 5(2), 149-154.
- Ettner, R., Ettner, F., & White, T. (2012). Secrecy and the pathogenesis of hypertension. *International Journal of Family Medicine*, 2012, 492718.
- Feihl, F., Liaudet, L., Waeber, B., & Levy, B. I. (2006). Hypertension: A disease of the microcirculation? *Hypertension*, 48(6), 1012-1017.
- Gargiulo, R., Suhail, F., & Lerma, E. V. (2015). Hypertension and chronic kidney disease. *Disease-a-month: DM*, 61(9), 387-395.
- Gekle, M. (2017). Kidney and aging - A narrative review. *Experimental Gerontology*, 87(Pt B), 153-155.
- Global Burden of Disease Study 2016 Risk Factors Collaborators. (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1345-1422. doi: 10.1016/S0140-6736(17)32366-8
- Gu, Q., Burt V. L., Paulose-Ram, R., Yoon, S., & Gillum, R. F. (2008). High blood pressure and cardiovascular disease mortality risk among U.S. adults: The third National Health and Nutrition Examination Survey mortality follow-up study. *Annals of Epidemiology*, 18(4), 302-309. doi: 10.1016/j.annepidem.2007.11.013
- Guyton, A. C., Coleman, T. G., Cowley, A. V., Scheel, K. W., Manning, R. D., & Norman, R. A. (1972). Arterial pressure regulation. Overriding dominance of the kidneys in long-term regulation and in hypertension. *The American Journal of Medicine*, 52(5), 584-594.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2007). *Tratado de Fisiología Médica* (7° ed.). México: Elsevier.
- Hsu, C. N., & Tain, Y. L. (2019). Regulation of nitric oxide production in the developmental programming of hypertension and kidney disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(3), pii: E681. doi: 10.3390/ijms20030681
- Kalaitzidis, R. G., & Bakris, G. L. (2010). Prehypertension: Is it relevant for nephrologists? *Kidney International*, 77(3), 194-200. doi: 10.1038/ki.2009.439
- Kapil, V., & Lobo, M. D. (2014). Hypertension. *Medicine*, 42(9), 485-490. doi: 10.1016/j.mpmed.2014.06.004
- Kasko, M., Budaj, M., & Hulin, I. (2012). Harmful or helpful hypertension-pathophysiological basis. En M. Khullar (Ed.), *Genetics and pathophysiology of essential hypertension* (pp. 5-30). Croatia: InTech.
- Landmesser, U., & Drexler, H. (2007). Endothelial function and hypertension. *Current Opinion in Cardiology*, 22(4), 316-320.

- Mehta, P. K., & Griendling, K. K. (2007). Angiotensin II cell signaling: Physiological and pathological effects in the cardiovascular system. *American Journal of Physiology: Cell Physiology*, 292(1), C82-C97.
- Méndez-Durán, A. J., Méndez-Bueno, J. F., Tapia-Yáñez, T., Muñoz-Montes, A., & Aguilar-Sánchez, L. (2010). Epidemiología de la insuficiencia renal crónica en México. *Diálisis y Trasplante*, 31(1), 7-11. doi: 10.1016/S1886-2845(10)70004-7
- Miller, A. J., & Arnold, A. C. (2018). The renin-angiotensin system in cardiovascular autonomic control: recent developments and clinical implications. *Clinical Autonomic Research: Official Journal of the Clinical Autonomic Research Society*, 29(2), 231-243. doi: 10.1007/s10286-018-0572-5
- Morgado, E., & Leão Neves, P. (2012). Hypertension and chronic kidney disease: Cause and consequence—therapeutic considerations. En H. Babaei (Ed.), *Antihypertensive drugs* (pp. 45-66). Croatia: InTech.
- Mulè, G., Castiglia, A., Cusumano, C., Scaduto, E., Geraci, G., Altieri, D.,... & Cottone, S. (2017). Subclinical kidney damage in hypertensive patients: A renal window opened on the cardiovascular system. Focus on Microalbuminuria. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 956, 279-306. doi: 10.1007/5584_2016_85
- Munroe, P. B., Barnes, M. R., & Caulfield, M. J. (2013). Advances in blood pressure genomics. *Circulation Research*, 112(10), 1365-1379. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.112.300387
- Pérez-Díaz, I., Hiriart, M., Olivares-Reyes, J. A., & Robles-Díaz, G. (2006). Receptores para la angiotensina II diferentes a los clásicos receptores membranales AT1 y AT2: Características y su papel en el funcionamiento celular. *Revista de Educación Bioquímica*, 25(2), 55-60.
- Perumareddi, P. (2019). Prevention of hypertension related to cardiovascular disease. *Primary Care*, 46(1), 27-39. doi: 10.1016/j.pop.2018.10.005
- Plavnik, F. L., Ajzen, S. A., Christofalo, D. M., Barbosa, C. S., & Kohlmann O. (2007). Endothelial function in normotensive and high-normal hypertensive subjects. *Journal of Human Hypertension*, 21(6), 467-472. doi: 10.1038/sj.jhh.1002164
- Poulter, N. R., Prabhakaran, D., & Caulfield, M. (2015). Hypertension. *The Lancet*, 386(9995), P801-P812.
- Rettig, R., Folberth, C., Stauss, H., Kopf, D., Waldherr, R., & Unger, T. (1990). Role of the kidney in primary hypertension: A renal transplantation study in rats. *The American Journal of Physiology*, 258(3 Pt 2), F606-F611. doi: 10.1152/ajprenal.1990.258.3.F606
- Schnaper, H. W. (2014). Remnant nephron physiology and the progression of chronic kidney disease. *Pediatric Nephrology* (Berlin, Germany), 29(2), 193-202. doi: 10.1007/s00467-013-2494-8
- Schrauben, S. J., Jepson, C., Hsu, J. Y., Wilson, F. P., Zhang, X., Lash, J. P.,... & Feldman, H. I. (2019). Insulin resistance and chronic kidney disease progression, cardiovascular events, and death: findings from the chronic renal insufficiency cohort study. *BMC Nephrology*, 20(1), 60. doi: 10.1186/s12882-019-1220-6
- Secretaría de Salud. (2012). Resumen integrado Norma Oficial Mexicana NOM-030-SSA2-2009, para la prevención, detección, diagnóstico, tratamiento y control de la hipertensión arterial sistémica. *Revista Mexicana de Cardiología*, 23(Suplemento 1), 4A-38A. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/cardio/h-2012/hs121a.pdf>
- Velázquez, M. A., Fleming, T. P., & Watkins, A. J. (2019). Peri-conceptual environment and the developmental origins of disease. *The Journal of Endocrinology*, 242(1), T33-T49. doi: 10.1530/JOE-18-0676
- Vío, C. P., & Jeanneret, V. A. (2003). Local induction of angiotensin-converting enzyme in the kidney as a mechanism of progressive renal diseases. *Kidney International. Supplement*, 86, S57-S63.
- Webster, A. C., Nagler, E. V., Morton, R. L., & Masson, P. (2017). Chronic kidney disease. *The Lancet*, 389(10075), 1238-1252. doi: 10.1016/S0140-6736(16)32064-5
- Weir, M. R. (2009). Hypertension and the kidney: Perspectives on the relationship of kidney disease and cardiovascular disease. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 4(12), 2045-2050. doi: 10.2215/CJN.03050509
- Zehnder, C. (2005). Riñón e hipertensión. *Revista Médica Clínica Condes*, 16(2), 110-116. Recuperado de https://www.clinicalascondes.cl/Dev_CLC/media/Imagenes/PDF%20revista%20m%C3%A9dica/2005/2%20abril/RinoneHipertension-13.pdf

Validación y liberación de dispositivo de medición para OEM automotriz, utilizando herramientas estadísticas en concurso de metrología a nivel nacional

Validation and release of measurement device for automotive OEM, using statistical tools in national metrology competition



Luis Cuautle-Gutiérrez*✉, José Francisco Lobato-Ramírez*

Cuautle-Gutiérrez, L., & Lobato-Ramírez, J. F. (2020). Validación y liberación de dispositivo de medición para OEM automotriz, utilizando herramientas estadísticas en concurso de metrología a nivel nacional. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 93-98.

RESUMEN

En los últimos años, los estudios estadísticos para el análisis de los sistemas de medición (MSA, por sus siglas en inglés) de partes de la industria automotriz, han cobrado mucha fuerza no sólo por la versatilidad que tienen para estudiar atributos y variables, sino por la facilidad que les proporcionan a las organizaciones para liberar sus dispositivos de medición en las líneas de producción y controlar la calidad de sus productos de manera sencilla y confiable. Esta nota expone la metodología que se siguió para la validación estadística del dispositivo de comprobación utilizado en un concurso de diseño y desarrollo de dispositivos de medición para componentes de la industria automotriz, en donde se obtuvo el primer lugar.

Palabras clave: dispositivo de comprobación; variables; atributos; sesgo; estabilidad; normalidad.

Keywords: checking fixture; variables; attributes; bias; stability; normality.

Recibido: 26 de marzo de 2019 Aceptado: 3 de octubre de 2019

* Facultad de Ingeniería Industrial y Automotriz, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Calle 21 Sur 1103, Barrio de Santiago, C. P. 72410, Puebla, Pue., México. Correo electrónico: luis.cuautle@upaep.mx; josefrancisco.lobato@upaep.edu.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2424-2381>; <http://orcid.org/0000-0002-9749-2712>

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

In recent years, statistical studies for the measurement system analysis (MSA) of parts of the automotive industry have gained strength not only by their versatility to study attributes and variables, but also by the easiness they provide organizations to release their measuring devices on production lines and thus, be able to control the quality of their products easily and reliable. This note exposes the methodology that was followed for the statistical validation of the checking fixture used in a design and development contest for measuring devices for components of the automotive industry, where the first place was obtained.

INTRODUCCIÓN

Los fabricantes de equipo original (OEM) tienen cada vez más claro el reto que simboliza cuidar las características críticas de cada parte que conforma al automóvil y que tienen una relación directa en la funcionalidad del componente o la seguridad del usuario. Por esta razón se incorporan dispositivos de medición en las líneas de producción (Torres Hernández et al., 2015) capaces de determinar de manera rápida si la pieza que se está analizando cumple con los requerimientos de diseño. Estos dispositivos pueden ser electrónicos o mecánicos, siendo más común el segundo tipo por cuestiones de costo. El funcionamiento de este tipo de dispositivos es bastante sencillo (Jiang, Zhou, & Li, 2013).

Se cuenta con una o más estructuras en donde se introduce la pieza a medir y se analizan características por variables o atributos que sean cruciales para la calidad del producto. Las variables son analizadas a través de indicadores de carátula, calibradores y demás dispositivos que puedan proporcionar un valor numérico para observar qué tanto la producción se encuentra por arriba o por debajo del valor nominal y verificar si esta característica se encuentra dentro del marco de tolerancia, con la finalidad de hacer los ajustes pertinentes en el proceso y la maquinaria para asegurar la calidad del producto (Momang & Mohamed, 2015).

Las expectativas para un dispositivo de medición son muy altas, por lo cual antes de ponerlo en línea de producción es necesario asegurarse de que sea capaz de generar mediciones confiables y estables en el tiempo. Esta actividad no sería posible sin la ayuda de la metrología y herramientas estadísticas, como los estudios de repetibilidad y reproducibilidad, de las cuales hace uso para validar las lecturas que realiza (DeGlee, 2008) y liberar el dispositivo para utilizarlo en donde sea requerido. El dispositivo de comprobación (*checking fixture*, por su término en inglés) mostrado a continuación fue diseñado, manufacturado y liberado por estudiantes de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla para el concurso interuniversidades de diseño y desarrollo de un dispositivo de medición para autopartes del sector automotriz, organizado por una OEM de clase mundial, en donde el equipo obtuvo el primer lugar (Cancino, 30 de octubre de 2018).

DESARROLLO

Inicialmente se identificaron las características de la pieza automotriz (figura 1) que sería necesario analizar por variables y atributos (Kevin Catherine, Raja Ma'arof, & Suresh, 2015). Según especificación, es crítico medir el perfil de superficie inferior de la pieza automotriz para asegurarse de que durante el ensamble, en un proceso posterior, no existiera juego alguno que pudiera poner en riesgo la funcionalidad.

Para la recopilación de datos el grupo de acción de la industria automotriz (AIAG, por sus siglas en inglés) plantea que al menos se deben recolectar 10 lecturas para poder realizar estudios de localización y amplitud de un sistema de medición para variables

(AIAG, 2010). Se obtienen 15 por cada línea (L) para cada superficie bajo la tolerancia geométrica de perfil de superficie (figura 2), contando con valores de referencia previamente establecidos por el usuario experto que servirían para estudios posteriores.

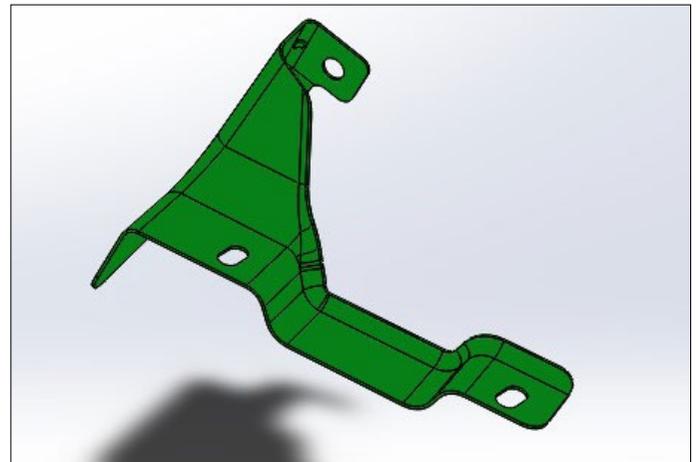


Figura 1. Pieza automotriz.
Elaboración propia.

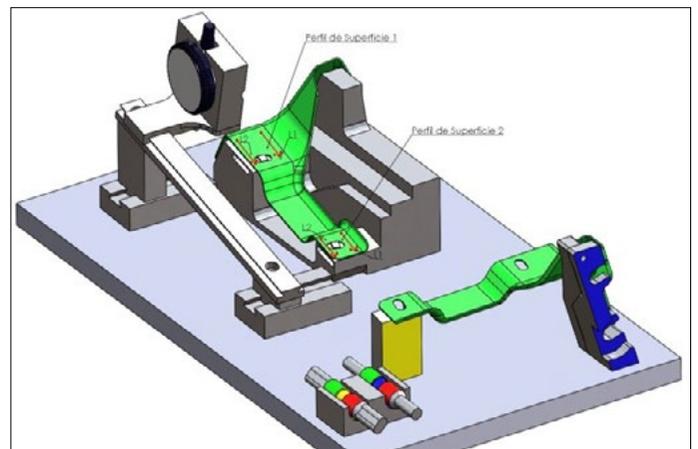


Figura 2. Zonas de control de superficie de líneas de barrido de indicador de carátula.
Elaboración propia.

Con las lecturas se comprueban los supuestos estadísticos de normalidad y estabilidad (Otero Fernández, Mazorra Lopetey, & Ulloa Enríquez, 2014) con un software estadístico para asegurarse de que los resultados de los estudios posteriores de sesgo, capacidad y repetibilidad fueran confiables a lo largo del tiempo. Comenzando por la normalidad,

se realizó la prueba bajo el criterio de Anderson-Darling (Pedrosa, Juarros-Bassterretxea, Robles-Fernández, Basteiro, & García-Cueto, 2015) y se obtuvo un valor $-p$ menor a 0.005, por lo que la distribución de los datos no sigue una distribución normal, ya que el valor $-p < \alpha = 0.05$ (nivel de confianza de 95%). Por tanto, se decidió recurrir a otros criterios estadísticos para comprobar dicha normalidad.

Como se puede observar (figura 3), bajo el criterio de Ryan-Joiner (Cabrera, Zanazzi, J. F., Zanazzi, J. L., & Boaglio, 2017), los datos de las mediciones siguen una distribución normal, puesto que el valor $p > 0.100$. Adicionalmente, se recurre a un criterio adicional para eliminar cualquier incertidumbre que pudiera existir. De acuerdo al criterio Kolmogorov-Smirnov, se obtuvo un valor $KS = 0.238$ y se concluye que los datos de las mediciones de ambos perfiles de superficie se comportan de una manera normal, puesto que valor $KS > 0.05$ (Pedrosa et al., 2015).

Para validar un sistema de medición es necesario que dichas ponderaciones se comporten de manera predecible dentro de ciertos parámetros estadísticos (Gasper, 1 de julio de 2017). Por ello se realizaron gráficas de control de medidas individuales y rangos móviles para cada observación del perfil de superficie 1 y perfil de superficie 2 en sus localizaciones L1 y L2. Se utilizó un software estadístico y los resultados se reportan a continuación (figura 4).

Las dos localizaciones de ambas características de calidad se encuentran bajo control estadístico de procesos bajo todas las pruebas de causas especiales (AIAG, 2010). Esto quiere decir que el proceso de medición es estable y predecible. Posteriormente se realizan estudios de sesgo y repetibilidad para la liberación en línea del dispositivo de medición. Lo que usualmente se desarrollaría a continuación sería realizar un estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para saber exactamente qué parte

de la variación de la medición se debe a la pieza, al sistema de medición y a la persona que se encuentra generando dichas mediciones (Columbus, 8 de junio de 2018).

Sin embargo, dada la naturaleza del concurso en el que únicamente se cuenta con una pieza, se decidió analizar solamente la repetibilidad a través de un estudio tipo 1 y poder así determinar la variación en las medidas obtenidas con el instrumento.

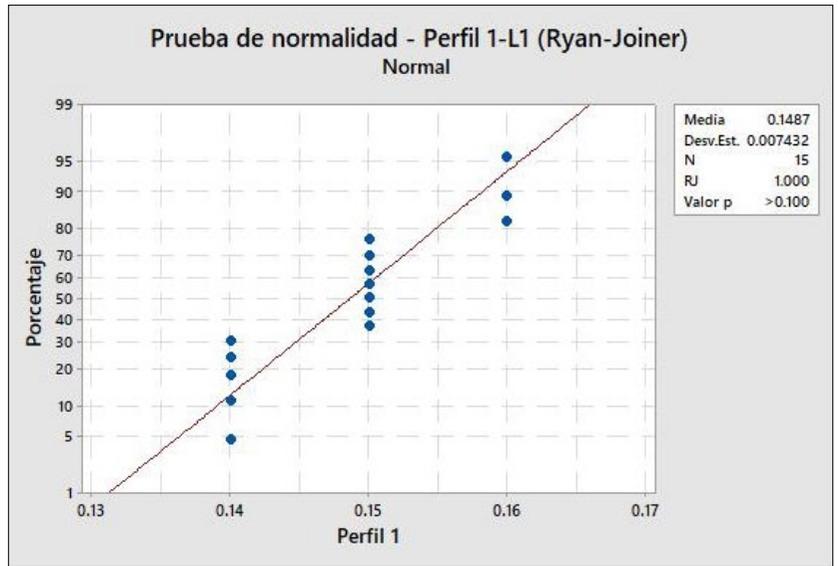


Figura 3. Prueba de normalidad de RJ. Elaboración propia.

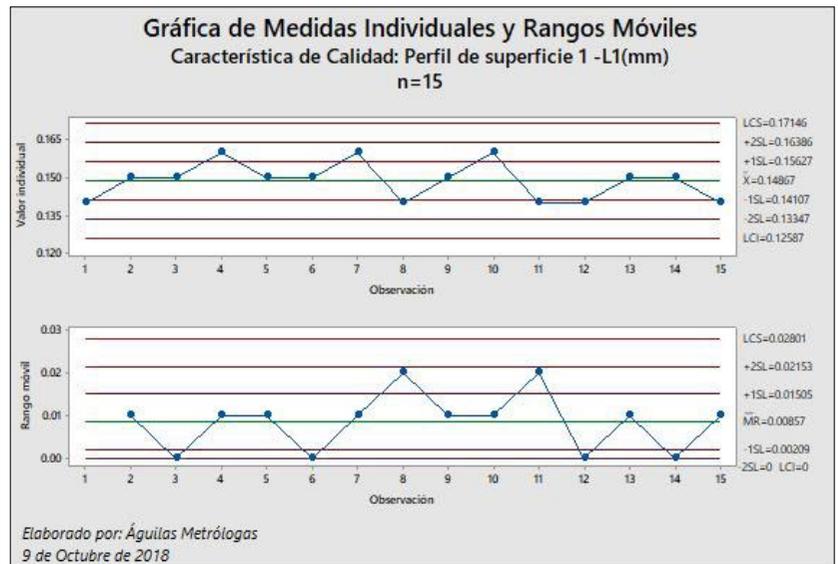


Figura 4. Prueba de estabilidad. Elaboración propia.

Dicho estudio consiste en ponderar varias veces la misma característica de la misma parte con el dispositivo por un usuario. Dicho esto, se realizó un

estudio tipo 1 del sistema de medición, en donde se observaron los siguientes resultados:

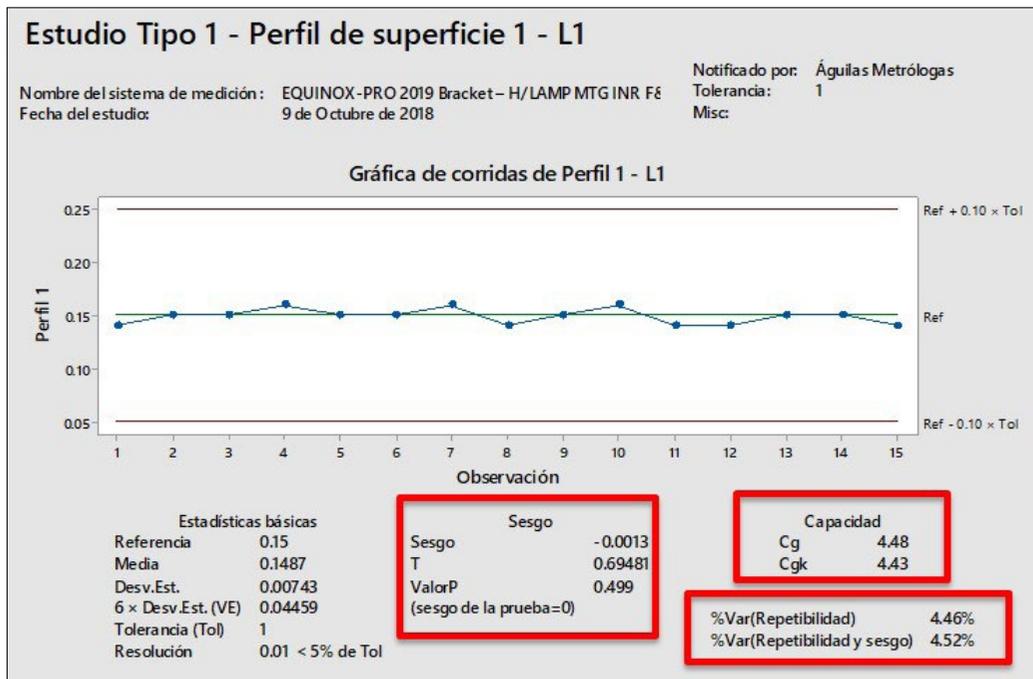


Figura 5. Estudio tipo 1 del sistema de medición. Elaboración propia.

Del apartado de sesgo (figura 5) se observa que el respectivo de las mediciones del perfil de superficie 1 en su localización 1 no es significativo, puesto que el valor $p > 0.05$. Del recuadro de capacidad, los índices Cg y Cgk mayores a 1.33 sugieren que la variación de la medición con respecto a la tolerancia es pequeña, lo cual hace referencia a un proceso de ponderación esbelto (Andrejiová & Kimáková, 2014; Gasparin, Tosello, Hansen, & Islam, 2013). En otras palabras, el sistema está midiendo las partes de manera consistente y exacta.

Del apartado de repetibilidad, se comparan los porcentajes %Var (repetibilidad) y %Var (repetibilidad y sesgo) con umbral máximo de 15%, que equivale a un índice de capacidad de 1.33 (AIAG, 2010). Como se puede observar, los valores obtenidos por el sistema de medición son mucho menores al máximo, lo cual nuevamente sugiere que la variación causada por el sistema de ponderación no es significativa. Las mismas conclusiones aplican para el resto de localizaciones del perfil de superficie 1 y del perfil de superficie 2. Una vez validado el sistema

de medición por variables se sugiere desarrollar un nuevo análisis de dicho proceso para valorar los atributos que el dispositivo (figura 6) también considera y que, por la disponibilidad de una sola pieza para el estudio, no se pudieron realizar.

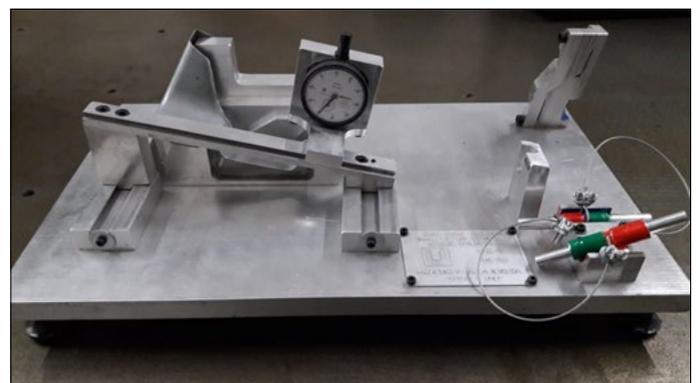


Figura 6. Dispositivo de comprobación construido. Fotografía tomada por el equipo de investigación.

CONCLUSIONES

Debido al análisis realizado, la empresa fabricante de equipo original aprobó el diseño y manufactura del dispositivo planteado para evaluar variables de las características críticas de la pieza estudiada dentro de sus instalaciones.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los integrantes del equipo Águilas Metrólogas, ganador del primer lugar nacional, así como a las autoridades del Decanato de Ingenierías y Facultad de Ingeniería Industrial y Automotriz de la UPAEP por el apoyo brindado en la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- Andrejiová, M., & Kimáková, Z. (2014). Indices Cg and Cgk in the assessment of the measuring device capability. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*, 12(4), 113-116.
- Automotive Industry Action Group. (2010). *Measurement Systems Analysis. Reference Manual* (4th ed.). US: Chrysler Group LLC-Ford Motor Company- General Motors Corporation.
- Cabrera, G., Zanazzi, J. F., Zanazzi, J. L., & Boaglio, L. (2017). Comparación de potencias en pruebas estadísticas de normalidad, con datos escasos. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 4(2), 47-52.
- Cancino, B. (30 de octubre de 2018). Ganan estudiantes de la UPAEP concurso nacional de la industria automotriz. *El Sol de Puebla*. Recuperado de <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/ganan-estudiantes-de-la-upaep-concurso-nacional-de-la-industria-automotriz-puebla-2510976.html>
- Columbus, L. (8 de junio de 2018). Seven ways gage management improves product quality and enables growth—manufacturers can significantly improve their visibility into operations through gage repeatability and reproducibility (GR&R) studies. *Quality*. Recuperado de <https://www.qualitymag.com/articles/94750-seven-ways-gage-management-improves-product-quality-and-enables-growth>
- DeGlee, G. (2008). Is your gage good enough? *Manufacturing Engineering*, 141(6). Recuperado de www.sme.org/manufacturingengineering
- Gasparin, S., Tosello, G., Hansen, H. N., & Islam, A. (2013). Quality control and process capability assessment for injection-moulded micro mechanical parts. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 66(9-12), 1295-1303. doi: 10.1007/s00170-012-4407-6
- Gasper, E. (1 de julio de 2017). Calibration and measurement systems: The unsung hero in quality efforts – timely calibration of all measurement devices is critical to manufacturing efforts. *Quality*, 24-27. Recuperado de www.qualitymag.com
- Jiang, K., Zhou, X., & Li, M. (2013). Computer-aided checking fixture design system for automobile parts. *International Journal of Production Research*, 51(20), 6045-6069. doi: 10.1080/00207543.2013.793421
- Kevin Catherine, L. D., Raja Ma'arof, R. A., & Suresh, S. (2015). A study on the impact of the milling parameters on the surface roughness when using polyurethane board as a base material in manufacturing automotive checking fixtures. *Materials Science Forum*, 819, 449-454. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.819.449
- Momang, B. W., & Mohamed, N. M. Z. N. (2015). Development concept of a portable quality-confirmation inspection device for automotive body parts. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME)*, 11, 2738-2746. doi: 10.15282/ijame.11.2015.49.0230
- Otero Fernández, M. G., Mazorra Lopetey, A., & Ulloa Enríquez, M. U. (2014). Evaluación del sistema de medición en la fabricación de gel de hidróxido de aluminio. *Revista Cubana de Farmacia*, 48(4), 533-541. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v48n4/far02414.pdf>
- Pedrosa, I., Juarros-Basterretxea, J., Robles-Fernández, A., Basteiro, J., & García-Cueto, E. (2015). Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar? *Universitas Psychologica*, 14(1), 15-24. doi: 10.11144/Javeriana.upsy14-1.pbad
- Torres Hernández, P. M., Guillén Anaya, L. G., Siller Orozco, G. I., Ramírez Espinoza, C. F., Rico Pérez, L., Ñeco Cabrera, R., & Martínez Gómez, E. A. (2015). Diseño de un calibrador de calidad para disminuir el desperdicio en el área de ensamble de un componente para automóvil. *Revista Ingeniería Industrial*, 14(3), 95-104.

Danny Cohen. *In memoriam*

Marcelo de Jesús Pérez-Ramos*✉

Pérez-Ramos, M. J. (2020). Danny Cohen. *In memoriam* [Obituario]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 99-100.

RESUMEN

Danny Cohen nació el 9 de diciembre de 1937. Es considerado un pionero digital, cuyo trabajo en las décadas de los sesenta y setenta cimentó el camino para la voz sobre IP y el cómputo en la nube. Científico y especialista en redes informáticas, impulsor de la era digital, israelí apasionado del vuelo, combinó sus conocimientos con su pasión, logrando desarrollar el primer simulador de vuelo computarizado, que revolucionó y cambió para siempre el entrenamiento de los pilotos aéreos.

Hijo de inmigrantes. Su padre, David, de origen ruso y su madre, Dorit, de origen húngaro. Nació en Haifa, Israel, cuando era parte de Palestina bajo el mandato británico. Fue paracaidista militar en Israel y una vez que cumplió su cargo y se retiró de la milicia, se formó en matemáticas aplicadas en el Instituto de Tecnología de Israel, también conocido como Technion, ubicado en Haifa. Migró a EE. UU. en 1965 para continuar con su formación en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), en donde desarrolló el primer simulador de vuelo computarizado, brindando la oportunidad a quien lo utilizara de volar un avión sin subirse a uno. Continuó su formación en Harvard para especializarse en gráficos computarizados y en 1969 obtuvo el doctorado en Ciencias Computacionales, para después incorporarse a su planta docente.

Migró a California y se incorporó inicialmente al Instituto Tecnológico de California (Caltech) en 1976, posteriormente se estableció en el Instituto de Ciencias de la Información de la Universidad del Sur de California (USC). Ahí desarrolló investigación en



El científico Danny Cohen en el aeropuerto de Van Nuys en California. Creó el primer simulador de vuelo y después aprendió a volar realmente.

Fotografía de David Cohen (s. f.).

el proyecto de voz para interacción en tiempo real sobre ARPANET, red con propósitos principalmente académicos, también utilizada con motivos militares y antecesora de lo que hoy conocemos como Internet. Estos trabajos cimentaron las bases para el desarrollo de la voz por IP (VoIP). También es responsable de la creación del tecnicismo *endianness* para referirse al orden-formato en que los datos de más de 1 byte son almacenados en las computadoras, además, desarrolló la tecnología precursora de lo que hoy se conoce como cómputo en la nube.

Se incorporó a Sun Microsystems Laboratories en 2001 y se desempeñó como un destacado ingeniero, fungió como consejero para la Fuerza Aérea de EE.UU., participó en uno de los estándares IETF (Internet Engineering Task Form), enfocado a la

* Departamento de Administración, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Correo electrónico: marcelo.perez@edu.uaa.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4486-3687>

✉ Autor para correspondencia

simulación interactiva distribuida para aplicaciones de tecnología en juegos de guerra para las fuerzas armadas de EE. UU. Se retiró en 2012.

Recibió el Premio al mérito por Servicio Civil de la Fuerza Aérea de EE. UU. en 1993, el IEEE Fellow en 2010; se le reconoció como miembro de la Academia de Ingeniería en 2006 y en 2012 el Salón de la Fama de Internet lo introdujo como uno de los pioneros de la tecnología como la conocemos hoy día. Obtuvo cinco patentes, una en 1973 y cuatro entre 2008 y 2009.

Danny Cohen, de 81 años, falleció el 12 de agosto del 2019 en Palo Alto, California, a causa de complicaciones del mal de Parkinson. Le sobreviven su ex esposa e hijo y dos nietos. Sus destacables contribuciones, tanto en el campo de la ciencia como en la formación de nuevos científicos, deben ser conocidas por todo el mundo, ya que mucho de lo que hoy conocemos en servicios tecnológicos son derivados de sus magníficas aportaciones.

Descanse en paz, Dr. Danny Cohen.

REFERENCIAS

- Cohen, D. (s. f.). The computer scientist Danny Cohen at Van Nuys airport in California in an undated photo. First he created the flight simulator, then he learned to fly the real thing [Fotografía]. Recuperada de <https://www.nytimes.com/2019/08/16/obituaries/danny-cohen-who-helped-set-the-stage-for-a-digital-era-dies-at-81.html>

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, D. (22 de agosto de 2019). Internet Hall of famer and computer scientist Danny Cohen dead at 81. *Digit.* Recuperado de <https://digit.fyi/pioneering-computer-scientist-danny-cohen-dead-at-81/>
- Communications of the ACM. (21 de agosto de 2019). RIP Danny Cohen: The computer scientist who gave world endianness, meets his end aged 81. *ACM News* [Resumen de obituario]. Recuperado de <https://cacm.acm.org/news/238975-rip-danny-cohen-the-computer-scientist-who-gave-world-endianness-meets-his-end-aged-81/fulltext>
- Hafner, K. (16 de agosto de 2019). Danny Cohen, who helped set the stage for a digital era, dies at 81. *The New York Times*. Recuperado de <https://www.nytimes.com/2019/08/16/obituaries/danny-cohen-who-helped-set-the-stage-for-a-digital-era-dies-at-81.html>
- Internet Hall of Fame. (s. f.). Danny Cohen [Lista de integrantes en diferentes años]. Recuperado de <https://www.internethalloffame.org/inductees/danny-cohen>
- Pineda, D. (20 de agosto de 2019). Danny Cohen, computer scientist who propelled the digital age, dies. *Los Angeles Times*. Recuperado de <https://www.latimes.com/obituaries/story/2019-08-20/danny-cohen-computer-scientist-dead>
- The IEEE Editorial Staff. (9 de diciembre de 2019). Danny Cohen, inventor of the first flight simulator, dies at 81. *IEEE Spectrum*. Recuperado de <https://spectrum.ieee.org/the-institute/ieee-member-news/danny-cohen-inventor-of-the-first-flight-simulator-dies-at-81>

Hyperspectral imaging analysis and applications for food quality [Análisis de imágenes hiperespectrales y aplicaciones para la calidad de los alimentos]

Basantia, N. C., Nollet, L. M. L., & Kamruzzaman, M. (Eds.). (2019). *Hyperspectral imaging analysis and applications for food quality [Análisis de imágenes hiperespectrales y aplicaciones para la calidad de los alimentos]* (303 pp., ISBN-13: 978-1138630796, ISBN-10: 1138630799). EE. UU.: CRC Press.

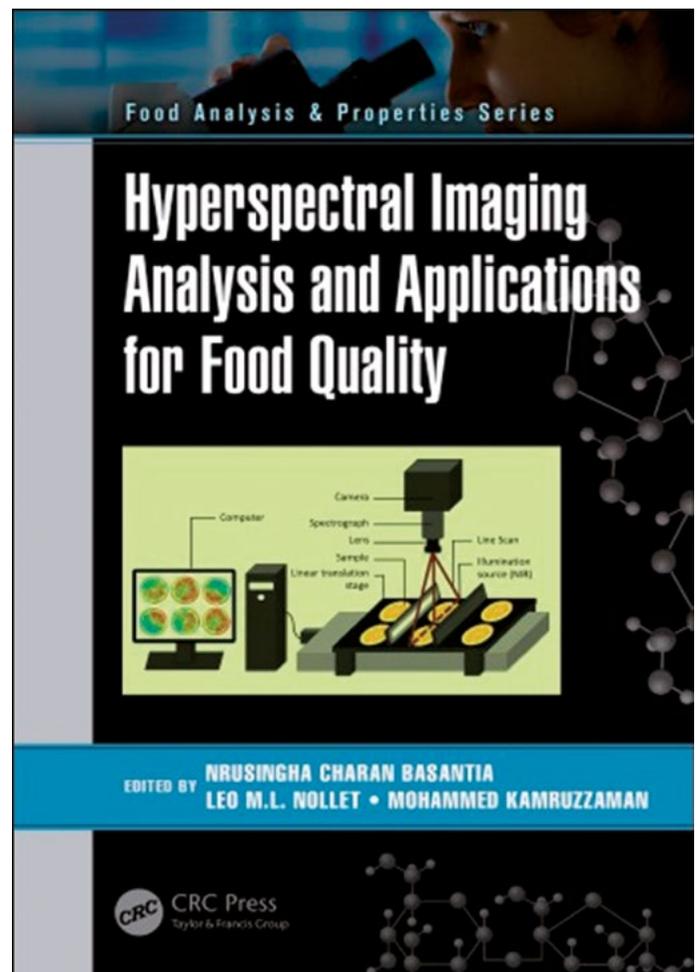
Rafael Alejandro Casillas-Peñuelas*✉

Casillas-Peñuelas, R. A. (2020). *Hyperspectral imaging analysis and applications for food quality [Análisis de imágenes hiperespectrales y aplicaciones para la calidad de los alimentos]* [Reseña de libro]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 101-102.

El libro consta de 19 capítulos organizados en tres secciones. Una primera sobre los fundamentos de las imágenes hiperespectrales, otra sobre las matemáticas utilizadas para su interpretación y, finalmente, sus aplicaciones.

La primera sección habla sobre los principios del procesamiento de imágenes hiperespectrales. Las imágenes a color que usualmente capturamos hasta con nuestros celulares son de una región espacial con información de tres longitudes de onda. Comúnmente, se trata de una imagen en el espectro visible del azul (400-499 nm), una centrada en el verde (500-599 nm) y otra en el rojo (600-700 nm). La combinación de estos tres canales en una misma posición es interpretada como un color en el espacio visible.

Sin embargo, desde la década de los 80, gracias a los avances en electrónica y computación se han propuesto dispositivos capaces de capturar la luz en diferentes longitudes, no solamente en el espectro visible para nosotros (400-700 nm), si no hacia abajo (canales ultravioletas <400 nm) y arriba del espectro (IR > 700 nm). De esta manera, una imagen hiperespectral consiste en realidad en un cubo de datos con dos dimensiones espaciales y una correspondiente a la espectrografía. El resto de la sección



Portada del libro *Hyperspectral imaging analysis and applications for food quality [Análisis de imágenes hiperespectrales y aplicaciones para la calidad de los alimentos]*.

* Departamento de Ciencias de los Alimentos, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: racasi@correo.uaa.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0069-6450>

✉ Autor para correspondencia

trata de las técnicas utilizadas para estandarizar la captura de imágenes y su procesamiento. Se habla también sobre técnicas básicas para la extracción de características a partir de imágenes hiperespectrales y diferencias en objetos de interés.

La segunda sección del libro habla sobre quimiometría. Se refiere al uso de métodos estadísticos, y más recientemente a técnicas de aprendizaje máquina e inteligencia artificial para el análisis de datos. El principal problema para la popularización del uso de las imágenes hiperespectrales es el no saber qué hacer con tanta información. Por ejemplo, un solo cubo hiperespectral pequeño puede constar de 200 x 200 x 100 voxeles, equivalente a 4 millones de datos para una sola imagen hiperespectral. La información que capturan puede ser muy útil, pero también redundante. Como señalan los autores, es necesario primeramente seleccionar las variables, visualizarlas y, de ser necesario, reducir su dimensionalidad. Se incluyen un par de capítulos con métodos avanzados de aprendizaje máquina, tanto supervisado como no supervisado, que muestran, además de la actualidad del tema, cómo se integran diferentes campos de la ciencia con el fin de resolver problemas prácticos.

La tercera sección es la más interesante para el usuario final de las tecnologías de cámaras hiperespectrales, pues habla de diferentes estudios de caso sobre aplicaciones, en particular sobre ciencia de los alimentos. La tecnología de cámaras hiperespectrales tiene el potencial de analizar la composición de un objeto sin necesidad de tocarlo. Si bien la tecnología tiene la limitación de ser superficial, puede dar la información espectral del objeto, la cual es una función de los atributos físicos y químicos de los objetos analizados. Puede ser útil para la detección de anomalías, así como para el análisis cuantitativo de los constituyentes de una muestra. Esto es de gran relevancia para la industria alimentaria y en todo el mundo se está usando para estudios de inocuidad y calidad alimentaria sin necesidad de manipular los objetos ni, mucho menos, destruirlos. Alguno de los casos que se estudian en este libro es el uso de imágenes hiperespectrales para:

- Estimación de la cantidad de agua en productos pecuarios
- Detección de adulteración de la carne
- Evaluación de la calidad y grado de maduración en frutas
- Detección de daños por insectos, en frutas y hortalizas
- Evaluación de granos y semillas
- Evaluación de bebidas

En cuanto a la evaluación crítica, es un libro técnico que puede ser de gran utilidad para científicos y estudiantes de pregrado y posgrado. Es una clara muestra de cómo la ciencia moderna no es exclusiva de una sola área, si no que los resultados se obtienen con el trabajo conjunto de especialistas en áreas multidisciplinarias. Como lo es para la evaluación en la industria cárnica, desde la evaluación de la canal, en donde es posible determinar la cantidad de grasa en la decimosegunda costilla y así determinar la calidad de la canal (*prime, choice, regular, standard*) hasta la clasificación de los cortes y el grado de deterioro de los mismos, mecanismos ampliamente utilizados en la industria piscícola para determinar la cantidad de proteína, humedad y vida de anaquel de filetes, así como la identificación de parásitos en producto terminado, lo que contribuye de manera rápida a la calidad, seguridad, contaminación, autenticidad y posibles adulteraciones de productos, como los lácteos, principalmente quesos.

Se puede decir que esta obra recopila información y estudios científicos aplicados en alimentos, mencionando claramente que las técnicas analíticas convencionales son muy laboriosas, involucran demasiado tiempo para obtener resultados y el uso de reactivos y su recuperación es algo complicado, aparte de la contaminación al medio ambiente y lo peor de los análisis, que se destruye la muestra. Sin embargo, el uso de imágenes hiperespectrales muestra la gran ventaja de ofrecer información rápida y no destructiva de la muestra en estudio con menores costos y la velocidad de procesamiento que, con las técnicas de análisis de datos, llevarán a esta tecnología a un nivel muy importante en la evaluación de la calidad e inocuidad de los alimentos en tiempo real.

- Determinación de frescura de pescados, con base en su composición química y deterioro microbiano

Política editorial de la revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes es una revista arbitrada, científica y multidisciplinaria; editada y distribuida cuatrimestralmente por el Departamento de Apoyo a la Investigación, de la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Se editan tres números por año en versión impresa y electrónica (enero-abril, mayo-agosto, septiembre-diciembre).

La revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* contribuye con la difusión del conocimiento científico y tecnológico generado por investigadores de la región, nacionales y extranjeros mediante la publicación de artículos de investigación, revisiones científicas, notas científicas, reseñas de libros y obituarios, para fomentar la colaboración multidisciplinaria e interinstitucional que favorezca el desarrollo de la investigación, promueva la publicación de sus resultados y la formación de una cultura científica en la población lectora.

Tiene como objetivo principal difundir, comunicar y divulgar el conocimiento científico y tecnológico, así como promover el desarrollo de la investigación y la producción científica con estándares de calidad en el ámbito local, nacional e internacional a través de la publicación de artículos originales y de difusión.

Está dirigida a estudiantes de licenciatura, ingenierías y posgrados, profesionistas de las diversas disciplinas, profesores e investigadores y público interesado en la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Se distribuye en instituciones de educación superior, centros de investigación, bibliotecas, y organismos del sector público. Cuenta con convenios de intercambio bibliotecario, como: México-USA, COMPAB, REBCO y REMBA. A nivel internacional la revista se difunde por medio de los índices en los que está citada: Índice de Revistas de Divulgación Científica y Tecnológica del Conacyt, Actualidad Iberoamericana, IRESIE, LATINDEX, PERIÓDICA y REDALYC, y en las bases de datos: DIALNET, EBSCO, HELA, ULRICH'S Periodicals Directory e Informe Académico.

El primer número se publicó en el año de 1990 y hasta el momento se han editado más de 70. En su estructura considera tres secciones: 1) Editorial, que incluye el Directorio, un Consejo Editor, un Comité Editorial de distinguida trayectoria y el grupo editor. 2) Artículos científicos, inéditos y originales. 3) Reseñas de libros y obituarios, todos relacionados con las Ciencias Agropecuarias, Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias de la Salud, Ingenierías y Tecnologías, así como las Ciencias Económicas, Sociales y Humanidades.

La revista participa en la Declaración del Movimiento Internacional "Open Acces" con el fin de contribuir al aumento de la visibilidad, el acceso y la difusión de la producción científica, por ello, los autores y colaboradores de los artículos ceden a título gratuito a la revista los derechos de edición, reproducción, distribución y comunicación pública en el país y en el extranjero por medios impresos, electrónicos, óptico u otra tecnología incluyendo internet. Asimismo, aceptan que el trabajo que se presenta sea distribuido en acceso abierto, resguardando los derechos de autor bajo una licencia "Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-CompartirIgual 4.0 Internacional" (CC BY NC-SA).

CRITERIOS PARA PUBLICAR

Los manuscritos propuestos a publicación, deberán ser textos científicos que no hayan sido publicados ni enviados simultáneamente a otra revista para su publicación y de esta manera, sean una contribución original e inédita a la literatura científica. Solo se aceptan artículos escritos en idioma español y deberán contener todas las secciones estipuladas en esta guía, formateados correctamente. Deben seguir las reglas gramaticales y ortográficas de la lengua española. Todos los manuscritos serán evaluados por al menos dos especialistas o investigadores expertos de las diferentes áreas, pertenecientes a diversas instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional.

Tipos de publicaciones

Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes acepta artículos originales: de investigación, revisiones científicas y notas científicas; asimismo, reseñas de libros y obituarios; sin embargo, se da prioridad al primer género, de tal manera que integrará el 75% del contenido de cada número y el 25% corresponderá al segundo género.

Artículo de investigación: Informa los resultados de una investigación, cuyo tema queda comprendido en alguna de las áreas del conocimiento anteriormente indicadas y es de interés científico por su relevancia.

Artículo de revisión científica: Resume y analiza un tema científico de importancia, es una revisión de la literatura y del estado actual de un campo de investigación, que ofrece una evaluación crítica del tema.

Nota científica: Es un artículo corto de un tema relevante, novedoso y actual, de ciencia y tecnología que describe o explica un hallazgo y por su mérito científico ameritan una rápida publicación. Pueden incluirse resultados relevantes

que se quieren difundir de forma rápida y no detallada, con información concluyente, pero insuficiente para su análisis en extenso.

Reseña de libro: Narra o describe de manera breve y clara la evaluación o crítica constructiva de una obra literaria o científica que se ha publicado en los tres años anteriores a la fecha de publicación de la reseña.

Obituario: Describe la vida y obra de una persona fallecida con aportaciones relevantes a la ciencia.

Estructura del contenido

Artículo de investigación

No deberá ser menor de cinco ni mayor de 20 cuartillas incluyendo las ilustraciones. En algunos casos se podrá acordar con el editor una extensión mayor, no sin antes valorar la importancia de dicha ampliación. Los manuscritos deberán incluir los siguientes elementos (si de acuerdo a la temática no es posible cumplirlo se deberá justificar, en su caso podrán aceptarse ensayos con una aportación crítica, analítica y documentada):

Título. Deberá ser breve y claro que refleje el contenido del trabajo. No exceder de 20 palabras, escrito en español y en renglón aparte, el título en inglés.

Nombre(s) del/los autor(es). Se presentará en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente de los coautores (sin grado académico), agregando al pie de primer página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y número de ORCID. Indicar quién es el autor para correspondencia.

Resumen. Deberá ser un sólo párrafo que sintetice el propósito del trabajo y reúna las principales aportaciones del artículo en un máximo de 150 palabras, sin subdivisiones y sin citas bibliográficas. Esta sección se iniciará con la palabra **Resumen** al margen izquierdo, con letras negritas y sin punto. Todo manuscrito debe incluir una versión en inglés del resumen (*abstract*).

Palabras clave. Incluir seis palabras clave relacionadas con el contenido del trabajo, separadas con punto y coma, escritas en español y su versión en inglés (*keywords*).

Introducción. Señalar en qué consiste el trabajo completo, objetivos, antecedentes, estado actual del problema e hipótesis.

Materiales y Métodos. Describir en forma precisa el procedimiento realizado para comprobar la hipótesis y los recursos empleados en ello.

Resultados. Describir los resultados de la investigación. Se podrán presentar datos de medición o cuantificación.

Discusión. Presentar la interpretación de los resultados de acuerdo con estudios similares, es decir, correlacionando el estudio con otros realizados, enunciando sus ventajas y aportaciones, evitando adjetivos de elogio.

Conclusiones. Precisar qué resultados se obtuvieron y si permitieron verificar la hipótesis; asimismo, plantear perspectivas del estudio y de su aplicación.

Agradecimientos. Mencionar fuente de financiamiento o gratitud que el autor considere necesario.

Referencias. Todas las referencias citadas en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa. Se enlistarán las fuentes bibliográficas y páginas electrónicas consultadas en riguroso orden alfabético sin enumeración ni viñetas, con sangría francesa e interlineado doble.

Todos los artículos deberán apegarse al Manual de Publicaciones de la *American Psychological Association* (APA) 6^{ta.} edición.

Para libro. Iniciar con el apellido del primer autor con mayúsculas y minúsculas, separándolo de la(s) inicial(es) del nombre con una coma. Si son varias iniciales, éstas se separan entre sí con un punto y un espacio. Se coloca un punto después de la última inicial de cada autor y una coma para separar el nombre del siguiente autor. Después del último autor se abre un paréntesis donde se coloca el año de la referencia citada, se cierra el paréntesis y se coloca un punto. Se escribe el título del libro con mayúsculas y minúsculas y cursivas. Se coloca entre paréntesis la edición usando número ordinal con la abreviatura *ed* y un punto al cierre del paréntesis. En caso de ser la primera edición se omitirá. A continuación la ciudad (si la ciudad en la que se encuentra la editorial no es muy conocida, se colocará el país también), dos puntos, espacio y el nombre de la editorial con mayúsculas y minúsculas, y punto final. Aquí se presenta el formato de diversas publicaciones con diferente número de autores.

Formato de libro con un autor:

Apellido1 Apellido2 de autor, X. (Año). *Título de libro*. Ciudad: Editorial.

Formato de libro con número de edición y con un autor:

Apellido1 Apellido2 de autor, X. (Año). *Título de libro* (0^ª ed.). Ciudad: Editorial.

Formato de libro con dos autores:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, X., & Apellido1 Apellido2 de Autor2, Y. (Año). *Título de libro* (0^ª ed.). Ciudad: Editorial.

Formato de libro con tres a siete autores:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, V., Apellido1 Apellido2 de Autor2, W., Apellido1 Apellido2 de Autor3, X., Apellido1 Apellido2 de Autor4, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor5, Z. (Año). *Título de libro* (0^ª ed.). Ciudad: Editorial.

En caso de haber un libro con ocho o más autores, se colocan los primeros seis autores igual que en los libros con siete o menos autores, inmediatamente puntos suspensivos, coma, y el último autor. El año, título, ciudad y editorial se colocan igual que en libro con menos de ocho autores.

En referencias de origen anglosajón es usual que autores tengan su nombre normalizado con un solo apellido, lo cual facilita su búsqueda en índices. Algunos autores de origen latino, por otra parte, en ocasiones colocan su nombre con ambos apellidos unidos por un guion, con el mismo motivo. Se tratará de respetar este aspecto dentro de lo posible.

Formato de libro editado:

Apellido1 Apellido2 de Editor1, X., & Apellido1 Apellido2 de Editor2, Y. (Eds.). (Año). *Título de libro editado*. Ciudad: Editorial.

Formato de capítulo en libro editado:

Apellido1 Apellido2 de autor de capítulo, X. (Año). Título de capítulo de libro editado. En X. Apellido1 Apellido2 de Editor (Ed.), *Título de libro editado* (pp. 000-111). Ciudad: Editorial.

Para artículo científico en publicación periódica. Para autores y año de publicación es igual que para libro; de ser revista mensual, se incluirá el mes antes del año. Después se coloca el título del artículo empleando mayúsculas y minúsculas y redondas. Punto. Nombre de la revista o publicación con mayúsculas y minúsculas y cursivas, coma, volumen con cursivas, número de publicación entre paréntesis, coma, espacio y número de primera y última página del artículo separadas por guion y punto final.

Formato de artículo en publicación periódica:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, W., Apellido1 Apellido2 de Autor2, X., Apellido1 Apellido2 de Autor3, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor4, Z. (Año). Título del artículo. *Nombre de revista*, 0(1), 000-111.

Formato para artículo de periódico:

Apellido1 Apellido2 de Autor, X. (día de mes de año). Título de artículo o nota. *Nombre de periódico*, pp. X0, X1.

Para sitio de Internet. Este tipo de referencias deben ir en orden alfabético en la misma lista que las referencias consultadas para realizar el documento. Se sigue el mismo proceso que para las versiones impresas, pero en las referencias electrónicas se incluye la clave conocida como DOI (digital object identifier, por sus siglas en inglés), que significa identificador digital de objetos, aunque no todas las publicaciones electrónicas cuentan con uno. De contar con DOI, es suficiente con colocarlo después de la editorial, en caso de ser libro; o después de las páginas Recuperado de, en caso de publicación periódica, para

una adecuada recuperación de los datos. Si no se tiene DOI, se coloca el URL (uniform resource locator, por sus siglas en inglés) o localizador uniforme de recursos, al que se conoce como enlace electrónico.

Ejemplo de URL:

<http://www.crossref.org/02publishers/glossary.html>

Al trabajar con un enlace electrónico en un documento de texto, es importante tener la casilla de guiones inactiva en el procesador. También lo es copiar el URL de la ventana de dirección del navegador y pegarlo en el documento para una correcta recuperación de los datos. Tanto el DOI como el URL deben colocarse sin agregar ningún punto final, aunque sean la parte última de la referencia, ya que ello puede dar lugar a confusión en el rastreo de los datos.

Ejemplo de DOI:

10.1037/0278-6133.27.3.379

Formato de libro electrónico con DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor, X. (Año). *Título de libro*. doi: 00.0000/0-000-00000-0

Formato de libro electrónico sin DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor, X. (Año). *Título de libro*. Recuperado de <http://www.xxxxx.xxx.xxx/xxxx/XXXX.xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx0xxxx0xxx00000>

Formato para publicación periódica electrónica con DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, X., Apellido1 Apellido2 de Autor2, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor3, Z. (Año). Título del artículo. *Nombre de la revista electrónica*, 0(1), 000-111. doi: xx.xxxxxxxxx

Formato para publicación periódica electrónica sin DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, X., Apellido1 Apellido2 de Autor2, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor3, Z. (Año). Título del artículo. *Nombre de la revista electrónica*, 0(1), 000-111. Recuperado de <http://www.xxxxxxx>

Periódico en línea:

Además de la información para periódico impreso mencionada en esta guía, agregar Recuperado de y el enlace electrónico.

Formato para una película:

Apellido1 Apellido2 de Productor, X. (Productor), & Apellido1 Apellido2 de Director, Y. (Director). (Año). *Título de la película* [Película]. País de origen: Estudio.

Formato para una fotografía recuperada en línea:

Apellido1 Apellido2 de Fotógrafo, X. (Año). *Título de fotografía* [Fotografía]. Recuperado de <http://www.www>

Si no se tiene el autor:

Título de la fotografía [Fotografía]. (Año). Recuperado de <http://www.www.www>

Si no se tienen tampoco título ni fecha:

[Imagen de xxxx]. Recuperado de <http://www.www.www>

Para mayor detalle se recomienda consultar los lineamientos del manual de publicaciones de la APA (*American Psychological Association*). Se pueden revisar en

Tovar Sosa, M. A. (Dir. ed.). (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association*. Versión abreviada (2ª. ed., trad. de la 6ª. en inglés M. Guerra Frías). México: Editorial El Manual Moderno.

Para las citas a lo largo del documento se recomienda la siguiente guía.

Cuando el o los nombres de los autores forman parte de la redacción; es decir, están incluidos en la acción, se colocan los autores unidos con la conjunción "y", posteriormente se coloca el año entre paréntesis. Ejemplo: Domínguez Márquez y Johns (2009) descubrieron que las partículas se movían hexagonalmente. En la siguiente tabla se encuentra el formato para este tipo de cita.

Número de autores	Primer mención de autor(es) dentro de la redacción	Siguientes menciones dentro de la redacción
Un autor	Apellido(s) de Autor (año)	Apellido(s) de Autor (año)
Dos autores	Apellido(s) de Autor1 y Apellido(s) de Autor2 (año)	Apellido(s) de Autor1 y Apellido(s) de Autor2 (año)
Tres a cinco autores	Apellido(s) de Autor1, Apellido(s) de Autor2, de Autor3, de Autor4 y de Autor5 (año)	Apellido(s) de Autor1 et al. (año)
Seis autores en adelante	Apellido(s) de Autor1 et al. (año)	Apellido(s) de Autor1 et al. (año)

Por otra parte, cuando el o los nombres de los autores no forman parte de la redacción; es decir, están excluidos de la acción, se colocan tanto los autores como el año dentro del paréntesis, separados por una coma. Ejemplo: Otros autores han descubierto que las partículas se movían hexagonalmente (Domínguez Márquez, & Johns, 2009). En la siguiente tabla se encuentra el formato para este tipo de cita.

Número de autores	Primer mención de autor(es) fuera de la redacción	Siguientes menciones fuera de la redacción
Un autor	(Apellido[s] de Autor, año)	(Apellido[s] de Autor, año)
Dos autores	(Apellido[s] de Autor1 & Apellido[s] de Autor2, año)	(Apellido[s] de Autor1 & Apellido[s] de Autor2, año)
Tres a cinco autores	(Apellido[s] de Autor1, Apellido[s] de Autor2, de Autor3, de Autor4, & de Autor5, año)	(Apellido[s] de Autor1 et al., año)
Seis autores en adelante	(Apellido[s] de Autor1 et al., año)	(Apellido[s] de Autor1 et al., año)

Tablas y Figuras. Deberán encontrarse insertadas en el lugar que les corresponde a lo largo del artículo, se identificarán consecutivamente con números arábigos y cada una deberá ser mencionada pertinentemente dentro del texto.

En cuanto a las tablas, su orientación será vertical. Deberán tener título breve pero explicativo en la parte superior utilizando mayúsculas y minúsculas, así como la fuente de donde se obtuvieron al pie de las mismas. Se suprimirán los filetes verticales. Cada tabla deberá, además de estar incluida en el documento, ser enviada aparte en el formato original en el que fue creada (Word, Excel, por ejemplo). Se evitará enviar tablas creadas en formato de imagen o pdf.

Con respecto a las figuras, se consideran como tales tanto gráficas, como fotografías, mapas, planos, dibujos, etc., se utilizarán mayúsculas y minúsculas con tipografía Century Gothic 8-10 pts. en su elaboración. Se deberá explicar en un texto al pie de la imagen, claro pero breve, el contenido de cada una, así como la fuente de donde se obtuvo. El tamaño máximo de cada figura incluyendo texto al pie será de 12 cm de longitud y 16 cm de ancho, el mínimo permitido será de 6 cm de longitud y 8 cm de ancho. Los dibujos o esquemas deberán estar en original y tener una calidad mínima de 300 ppp. o al menos 5 megapíxeles con formato tiff, eps o jpg.

Además de las gráficas, mapas, planos, etc., que pueda contener, el artículo deberá incluir por lo menos una fotografía con texto al pie breve pero explicativo, e incluir todas las características referidas en esta guía.

Para especificar la fuente tanto en tablas como figuras, en caso de ser de su autoría, se colocará la leyenda "Elaboración propia" al pie de cada tabla o figura. De no ser así, es responsabilidad del autor contar con el permiso para tomar o adaptar información, así como colocar la fuente de donde se tomó o adaptó la misma con la leyenda "Tomada de..." o "Adaptada de...", según corresponda, e incluir dicha referencia en el apartado correspondiente, para tener un cruce de referencias completo.

Ecuaciones o símbolos matemáticos. En caso de que el artículo contenga ecuaciones o símbolos matemáticos que pudiesen perderse en el proceso de edición, se enviarán, además del archivo en Word, el mismo documento en formato pdf con cada ecuación o símbolo señalados y otro archivo también en pdf, que contenga únicamente las ecuaciones.

Identificación de archivos de imagen para envío:

Para el envío de archivos de figuras, el o los archivos deberán estar nombrados con la expresión Fig, sin espacio el número consecutivo y sin espacio una o máximo dos palabras identificatorias del artículo, sin acentos, puntos ni guiones, con la finalidad de lograr una mayor fluidez en el proceso de edición.

Ejemplo:

Fig1Nanotubos

Fig2EspecieMarina

Artículo de revisión científica

No deberá ser menor de cinco ni mayor a 20 cuartillas, considerando figuras y tablas insertadas dentro del documento. Debe incluir título en español y en inglés; Nombre(s) del/los autor(es). Se presentará en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente de los coautores (sin grado académico), agregando al pie de primer página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID. Indicar quién es el autor para correspondencia; resumen en español y en inglés (abstract) y palabras clave en español y en inglés (keywords); texto del artículo considerando: introducción al tema (incluyendo por qué el problema es de interés), desarrollo del trabajo con una discusión académica, conclusión y un apartado de referencias. El contenido del artículo puede estar subdividido cuidando que exista una conexión entre los apartados. Las referencias, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación.

Nota científica

No deberá ser mayor a cinco cuartillas. Debe incluir título en español y en inglés; Nombre(s) del/los autor(es). Se presentará en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente de los coautores (sin grado académico), agregando al pie de primer página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID. Indicar quién es el autor para correspondencia; resumen en español y en inglés (abstract) y palabras clave en español y en inglés (keywords). El texto deberá escribirse de continuo y sin espacio extra entre los párrafos. Las referencias, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación.

Reseña de libro

No deberá ser mayor a dos cuartillas, con la imagen de la portada ya insertada. Debe incluir identificación del autor y su obra: nombre del autor, título de la obra, lugar de publicación, editorial, fecha de edición, ISBN y número de páginas; resumen o descripción del texto o contenido, señalando las partes en que está integrado, crítica y conclusión, literatura, fotografías, ilustraciones o gráficas y otros recursos o datos relevantes que lo particularizan como exponente y autoridad en la materia. Se enviará, aparte del archivo de texto, los datos del autor (nombre completo), adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID, así como, un archivo JPG con la portada del libro en la edición reseñada.

Obituario

No deberá ser mayor a dos cuartillas, considerando ya la fotografía ilustrativa dentro del texto. Deberá incluir los datos del autor (nombre completo), adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID; texto del artículo con una introducción que incluya nombre de la persona recordada, fecha y lugar de nacimiento y muerte, una breve biografía, aportaciones científicas y académicas relevantes en la ciencia y una reflexión. También es importante que el autor envíe aparte el archivo jpg con buena resolución de la fotografía en donde aparezca solamente el científico aludido para ilustrar el documento. Deberá colocar la autoría de dicha imagen o la fuente de donde se obtuvo.

Características de la revisión de artículos

1. El editor se reserva el derecho de devolver a los autores los artículos que no cumplan con los criterios para su publicación.
2. El proceso de dictamen se llevará a cabo siguiendo un orden, de acuerdo con la fecha de recepción. El tiempo estimado del proceso de evaluación y aceptación es de 6 meses.
3. La revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, utiliza el software TURNITIN para detectar coincidencias y similitudes entre los textos sometidos a evaluación en la revista y los publicados previamente en otras fuentes. Los resultados son enviados al autor.
4. Todos los trabajos son sometidos a un proceso de dictamen por pares académicos (especialistas) a doble ciego a cargo de la Cartera de Árbitros que integra la revista, la cual está compuesta por miembros del SNI o investigadores expertos en el área pertenecientes a instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional. Cada trabajo es revisado por al menos dos evaluadores, especificando en el dicta

1. Si se acepta el artículo intacto, con modificaciones o si definitivamente se rechaza. En caso de contar con resultados discrepantes, se enviará el trabajo a un tercer evaluador, cuyo resultado será definitivo.
2. El editor dará a conocer al autor contacto el resultado del arbitraje a través del formato "Observaciones"; si el trabajo es aceptado con modificaciones, el autor deberá atenderlas en un plazo no mayor a 10 días hábiles y enviará nuevamente al editor el original y el archivo electrónico del artículo junto con un **archivo de respuesta a dichas observaciones** en formato Word. El archivo consiste en una explicación detallada de las modificaciones realizadas tomando en cuenta todas y cada una de las observaciones señaladas por los evaluadores. Se deberá incluir el comentario del evaluador y correspondiente acción o respuesta del autor. No es necesario incluir en este archivo las anotaciones realizadas por los evaluadores sobre el artículo.
3. Cuando el autor demore más de 30 días en responder a las sugerencias de los evaluadores, el artículo no será considerado para publicarse en el siguiente número de la revista.
4. El editor informará al autor contacto, en su caso, el avance de su trabajo en el proceso de dictaminación, el rechazo, o la fecha de publicación del mismo.
5. La revista se reserva el derecho de adelantar o posponer los artículos aceptados con el fin de dar una mejor estructura a cada número de acuerdo a la política editorial.
6. Una vez que el artículo haya sido aceptado, pasará a una revisión de estilo y formato, para su versión definitiva. Se enviarán pruebas de impresión en formato Word al autor para correspondencia y serán devueltas al editor dos días después de haber sido recibidas. Si las pruebas no se entregan a tiempo, el artículo se publicará sin las correcciones correspondientes.
7. Los artículos presentados son responsabilidad total del autor (o los autores) y no reflejan necesariamente el criterio de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, a menos que se especifique lo contrario.
6. Abreviaturas: Escribir el término completo la primera vez que se usa y seguirlo con la abreviatura entre paréntesis.
7. Las expresiones matemáticas deben estar escritas claramente y se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades. Asimismo, los conceptos y términos científicos y técnicos deberán escribirse de forma clara y precisa.
8. Es importante que la información se condense dentro del texto principal y utilizar alguna nota al pie solo para fortalecer los planteamientos del artículo. La nota debe transmitir solo una idea evitando ecuaciones o párrafos complejos.
9. Sugerir por lo menos tres posibles evaluadores para la revisión de su trabajo. La selección final de revisores será responsabilidad del editor.
10. Los autores tendrán derecho a recibir cinco ejemplares de la versión impresa. No se tienen costos por publicación.

Especificaciones de envío

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido que anteriormente se han especificado.

El envío del artículo puede realizarse mediante dos vías:

- a) **Mensajería o entrega personal** en la Dirección General de Investigación y Posgrado, en un sobre cerrado dirigido a Alicia Edith Hermosillo de la Torre, editora de la revista, el cual deberá contener artículo impreso, archivos del artículo e ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor para correspondencia.
- b) **Correo electrónico** dirigido a la editora de la revista, a través de revistaiyc@correo.uaa.mx que contenga archivos adjuntos (*attachment*) con el artículo, las ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor para correspondencia.

Es importante que el autor conserve una copia de los archivos y de la impresión enviada.

Colaboración e informes

Revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes

Universidad Autónoma de Aguascalientes
 Dirección General de Investigación y Posgrado
 Departamento de Apoyo a la Investigación
 Av. Universidad núm. 940, C.U.,
 Edificio Académico-Administrativo, piso 5
 C. P. 20131, Aguascalientes, Ags., México
 Teléfono (449) 910 74 00 Ext. 34113
 Correo electrónico: revistaiyc@correo.uaa.mx
investigacion.uaa.mx/Revistaiyc

Indicaciones para los autores

1. El escrito se enviará en formato Word y en formato pdf en hoja tamaño carta.
2. Tipografía para texto: Arial en 12 pts. Tipografía para figuras: Century Gothic 10 pts.
3. Justificación: Completa, no utilizar sangría al inicio de párrafos.
4. Márgenes: Superior e inferior 2.5 cm.; izquierdo y derecho de 3 cm.
5. Espacio: Doble.