

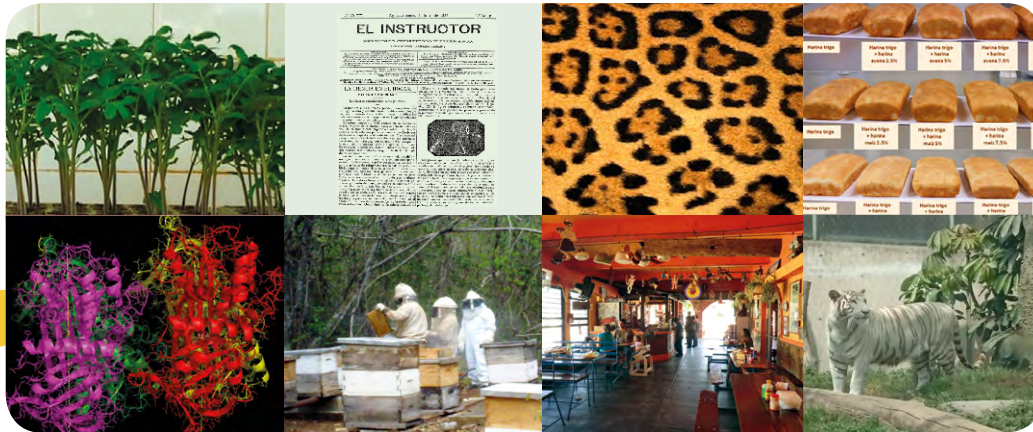
INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

AÑO 25
MAYO-AGOSTO 2017

71

EDICIÓN CUATRIMESTRAL
ISSN: 1665-4412

CIENCIAS AGROPECUARIAS, CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS, CIENCIAS DE LA SALUD, INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS, CIENCIAS ECONÓMICAS, CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES



Identificación molecular de aislados de *Trichoderma* spp. y su actividad promotora en *Solanum lycopersicum* L.

Especies del género *Quercus* (Fagaceae) presentes en el área natural protegida de Sierra Fría, Aguascalientes, México

Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de avena, maíz y sorgo sobre las propiedades reológicas de la masa, texturales y sensoriales del pan

Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales

Estimación de datos faltantes de precipitación por el método de regresión lineal: Caso de estudio Cuenca Guadalupe, Baja California, México

Herramientas para la enseñanza de la visualización y diseño molecular de metabolitos y macromoléculas

Costos y rentabilidad de la apicultura a pequeña escala en comunidades mayas del Litoral Centro de Yucatán, México

Preferencias de los consumidores: Un elemento clave en el turismo alimentario

La centralidad del trabajo y su relación con variables macroeconómicas. Una lectura del caso mexicano en comparativa

Instruir a los ángeles del hogar. La educación de las mujeres desde la perspectiva de dos periódicos locales: *El instructor* y *El republicano*, en la etapa porfiriana

Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia

Variación en la coloración y los patrones del pelaje en los felinos

Jorge Alberto Manrique. *In memoriam*

Bioética y salud pública en la regularización de la marihuana. Reseña



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES, año 25, núm. 71, periodo mayo-agosto 2017, 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 9 10 74 00, ext. 34113, www.uaa.mx/investigacion/revista, revistaiyc@correo.uaa.mx. Editor responsable: María del Carmen Martínez Serna. 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 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 agosto de 2017 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:

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>

IRESIE (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:

• Efecto de la inoculación de *Trichoderma* spp. en la promoción de crecimiento de plántulas de *S. lycopersicum* • Periódico *El Instructor*, edición del 1° de julio de 1886 • Patrones del pelaje que presentan los felinos • Panes elaborados a partir de harina de trigo sustituida con harina de avena, maíz y sorgo • Identificación de subunidades en la ovoalbúmina de pollo (IOVA) • Apicultores en revisión de colmenas previa a la cosecha en Yucatán, México • Estudio de los alimentos tradicionales que pueden integrarse dentro del turismo alimentario a partir de las preferencias de los consumidores • El pelaje blanco del tigre se debe al leucismo

DIRECTORIO

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González
Rector

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

Dra. en Admón. María del Carmen Martínez Serna
Directora General de Investigación y Posgrado

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

M. en C. José de Jesús Ruiz Gallegos
Decano del Centro de Ciencias Básicas

M. en C. Luis Enrique Arámbula Miranda
Decano del Centro de Ciencias de la Ingeniería

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

M. en Fil. Omar Vázquez Gloria
Decano del Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción

Dra. Sandra Yesenia Pinzón Castro
Decana del Centro de Ciencias Económicas y Administrativas

M. en Imp. Salvador de la Cruz Torres
Decano del Centro de Ciencias Empresariales

Dra. Griselda Alicia Macías Ibarra
Decana del Centro de Ciencias Sociales y Humanidades

M. en RSM. José Luis García Ruvalcaba
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 Feria 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. Edith R. Jiménez Huerta
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, MÉXICO
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS REGIONALES-INESER
- Dra. María J. Rodríguez-Shadow
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA, MÉXICO
DIRECCIÓN DE ETNOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA SOCIAL
- Dr. Óscar Alejandro Viramontes Olivas
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOCIAL Y ADMINISTRATIVO
Y SUSTENTABLE
- Dra. Mineko Shibayama
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEL IPN, MÉXICO
DEPARTAMENTO DE INFECTÓMICA Y PATOGÉNESIS MOLECULAR
- Dra. María del Carmen Martínez Serna
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
Editor
- Lic. Sandra Margarita Ruiz Guerra
Asistente
- Lic. Mónica Ávalos Valladares
Corrector de estilo
- Mtra. Pia María White
Corrector de estilo idioma Inglés
- DEPARTAMENTO DE PROCESOS GRÁFICOS
Armado e impresión

CONTENIDO

INVESTIGACIÓN

Pág.

CIENCIAS AGROPECUARIAS

- **Identificación molecular de aislados de *Trichoderma* spp. y su actividad promotora en *Solanum lycopersicum* L.**
Molecular identification of isolates of *Trichoderma* spp. and promoting activity in *Solanum lycopersicum* L.

5-11

Felicia Amalia Moo-Koh
Jairo Cristóbal-Alejo
Arturo Reyes-Ramírez
José María Tun Suárez
Marcela Gamboa-Angulo

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

- **Especies del género *Quercus* (Fagaceae) presentes en el área natural protegida de Sierra Fría, Aguascalientes, México**
Species of genus *Quercus* (Fagaceae) in natural protected area of Sierra Fría, Aguascalientes, Mexico

12-18

Víctor Manuel Martínez-Calderón
María Elena Siqueiros-Delgado
Julio Martínez-Ramírez

- **Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de avena, maíz y sorgo sobre las propiedades reológicas de la masa, texturales y sensoriales del pan**
Effect of substitution of wheat flour with oat, corn and sorghum on dough rheological, textural and sensorial bread properties

19-26

Francisco Vásquez Lara
Samuel Verdú Amat
Alma Rosa Islas Rubio
José Manuel Barat Baviera
Raúl Grau Meló
Rafael Casillas Peñuelas

- **Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales**
Development of a black bean San Luis flour pay, with chilacayote jam of high nutritional properties

27-33

Esteban Misael Zumaran-Alvarado
Manuel Juárez-García
José Mancillas-Medina
Martha Ávila-Ontiveros
Areli Leyva-Maldonado

- **Estimación de datos faltantes de precipitación por el método de regresión lineal: Caso de estudio Cuenca Guadalupe, Baja California, México**
Estimation rainfall missing values by linear regression method: Case study Guadalupe Basin, Baja California, Mexico

34-44

Claudia S. Herrera-Oliva
José R. Campos-Gaytán
Fátima M. Carrillo-González

- **Herramientas para la enseñanza de la visualización y diseño molecular de metabolitos y macromoléculas**

45-51

Tools for teaching molecular design and visualization of metabolites and macromolecules

Walter Josué Hernández-Santos

CONTENIDO

Blanca Estela Barrera-Figueroa
Francisco Noé Mendoza
Julián Mario Peña-Castro

CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

- **Costos y rentabilidad de la apicultura a pequeña escala en comunidades mayas del Litoral Centro de Yucatán, México** 52-58
Cost and profitability of small scale beekeeping in center coast mayan communities of Yucatan, Mexico

Lucely C. Contreras Uc
Miguel A. Magaña Magaña

- **Preferencias de los consumidores: Un elemento clave en el turismo alimentario** 59-67
Consumer preferences: An essential element in food tourism

Dena Ma. Jesús Camarena Gómez

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

- **La centralidad del trabajo y su relación con variables macroeconómicas. Una lectura del caso mexicano en comparativa** 68-76
The centrality of work and its relationship with macroeconomic variables. A reading of the Mexican case in comparative

Carlos Mejía Reyes

- **Instruir a los ángeles del hogar. La educación de las mujeres desde la perspectiva de dos periódicos locales: *El instructor* y *El republicano*, en la etapa porfiriana** 77-84
*To instruct the angels of home. The education of women from the perspective of two local newspapers: *El instructor* and *El republicano*, in the porfirian era*

Aurora Terán Fuentes

REVISIÓN CIENTÍFICA

- **Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia** 85-93
Prospective analysis for using solar energy: Colombia's case

María Fernanda Serrano-Guzmán
Diego Darío Pérez-Ruiz
John Freddy Galvis-Martínez
Marlon Leonardo Rodríguez Sierra
Sandra Natalia Correa Torres

- **Variación en la coloración y los patrones del pelaje en los felinos** 94-101
Variation in the colour and fur patterns in felines

Itzel Citlalli Rubio-Gutiérrez
Luis Manuel Guevara-Chumacero

OBITUARIO

- **Jorge Alberto Manrique. *In memoriam*** 102-103

Luciano Ramírez Hurtado

RESEÑA

- **Bioética y salud pública en la regularización de la marihuana** 104-106

Kalina Isela Martínez Martínez

Identificación molecular de aislados de *Trichoderma* spp. y su actividad promotora en *Solanum lycopersicum* L.

Molecular identification of isolates of *Trichoderma* spp. and promoting activity in *Solanum lycopersicum* L.

Felicia Amalia Moo-Koh*, Jairo Cristóbal-Alejo*✉, Arturo Reyes-Ramírez*, José María Tun Suárez*, Marcela Gamboa-Angulo**

Moo-Koh, F. A., Cristóbal-Alejo, J., Reyes-Ramírez, A., Tun Suárez, J. M., & Gamboa-Angulo, M. (2017). Identificación molecular de aislados de *Trichoderma* spp. y su actividad promotora en *Solanum lycopersicum* L. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 5-11.

RESUMEN

El presente estudio se dirigió al aislamiento e identificación de especies de *Trichoderma* y su estimación de promoción de crecimiento vegetal en plántulas de *Solanum lycopersicum* L. cv. Río Grande. Se aislaron cuatro cepas; dos se identificaron como *T. ghanense* (Th26-52 y Th02-04), una como *T. citrinoviride* (Th33-58) y otra como *T. harzianum* (Th33-59). Los resultados de promoción en plántulas de *S. lycopersicum* en concentraciones de 10^6 conidios \cdot ml⁻¹ más fertilización química a 50%, mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p \leq .01$). Los tratamientos con *Trichoderma* spp. incrementaron de 24.28 a 38.53% la altura de plántula, de 2.29 a 14.09% el diámetro de tallo, de 8.48 a 16.54% la longitud de raíz, de

0.37 a 2.68% el volumen radical y de 0 a 23.07% la biomasa seca total, con respecto al testigo que consistió únicamente de fertilización química a 50%. *T. ghanense* (Th26-52) mostró potencial para mejorar el crecimiento de plántulas en *S. lycopersicum*.

ABSTRACT

The objective of this study was to isolate, identify and estimate the promoting plant growth of species of *Trichoderma*. Four strains were isolated, two were identified as *T. ghanense* (Th26-52 and Th02-04) and as *T. citrinoviride* (Th33-58) and once as *T. harzianum* (Th33-59). Promotion results in seedlings of *Solanum lycopersicum* L. cv. Rio Grande at concentrations of 10^6 conidios \cdot ml⁻¹ and 50% chemical fertilizer showed significant differences between treatments ($p \leq .01$). Treatment with *Trichoderma* spp. increased from 24.28 to 38.53% the seedling height, 2.29 to 14.09% the stem diameter, 8.48 to 16.54% the root length, 0.37 to 2.68% the root volume and 0 to 23.07% the total dry biomass compared to the control with chemical fertilization 50%. *T. ghanense* (Th26-52) showed potential to improve seedling growth in *S. lycopersicum*.

Palabras clave: *Trichoderma ghanense*; *Trichoderma citrinoviride*; *Trichoderma harzianum*; biofertilizantes; saprófitos; plántulas.

Keywords: *Trichoderma ghanense*; *Trichoderma citrinoviride*; *Trichoderma harzianum*; biofertilizer; saprophytic; seedlings.

Recibido: 5 de octubre de 2016, aceptado: 2 de febrero de 2017

* División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, C. P. 97345, Conkal, Yucatán, México. Correo electrónico: famk22@hotmail.com; jairoca54@hotmail.com; arte_rey@hotmail.com; tun@colpos.mx

** Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Calle 43 No. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo, C. P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Correo electrónico: mmarcela@cicy.mx

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

En plantas, el efecto benéfico de la inoculación de especies de *Trichoderma* se consigue cuando mantienen una estable colonización producto de una interacción química que se refleja en la germinación de semillas, donde la producción de enzimas líticas de *Trichoderma* actúa en el epispermo

de éstas (López-Bucio, Pelagio-Flores, & Rivera-Estrella, 2015). En plántulas, *Trichoderma* promueve el desarrollo de tejidos meristemáticos primarios, los cuales aumentan la altura de plántula, el peso y el desarrollo de las raíces laterales que mejoran la asimilación de nutrientes y con ello la acumulación de antocianinas en hojas (Contreras-Cornejo, Macías-Rodríguez, Beltrán-Peña, Herrera-Estrella, & López-Bucio, 2011; Marín-Guirao, Rodríguez-Romera, Lupión-Rodríguez, Camacho-Ferre, & Tello-Marquina, 2016).

La inoculación de *Trichoderma* tiene efecto en el crecimiento y desarrollo de *Arabidopsis thaliana* L. y en cultivos de importancia agrícola como *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener (Cubillos-Hinojosa, Valero, & Mejía, 2009), *Solanum lycopersicum* L., *Theobroma cacao* L., *Salvia hispanica* L., *Zea mays* L., *Nicotina tabacum* L., *Latuca sativa* L. y *Raphanus sativus* L., *Capsicum annuum* L. var. *longum* y *Capsicum chinense* Jacq. (Candelero et al., 2015).

La plasticidad biológica de *Trichoderma* le confiere un potencial como biofertilizante (Leelavathi, Vani, & Reena, 2014) y antagonista contra fitopatógenos, son los hongos más estudiados de la rizósfera y comercialmente disponibles para su aplicación como enmiendas del suelo (Kumar Solanki et al., 2011). Sin embargo, se ha visto que la utilización de aislados adaptados a las condiciones ambientales de donde se aíslan tiene más éxito durante las evaluaciones para estos propósitos (Candelero et al., 2015; Marín-Guirao, Rodríguez-Romera, Lupión-Rodríguez, Camacho-Ferre, & Tello-Marquina, 2016).

Los objetivos de esta investigación fueron aislar, identificar y estimar la capacidad promotora de crecimiento vegetal de aislados de *Trichoderma* en plántulas de *S. lycopersicum* y relacionar de manera filogenética las especies identificadas molecularmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para obtener los aislados de *Trichoderma* se realizó un muestreo directo de suelo, con y sin actividad agrícola, en el estado de Yucatán. Se utilizó la técnica de partículas de suelo sin lavar (Bills, Christensen, Powell, & Thorn, 2004). La identificación preliminar se basó según filíides, conidios, color y forma de crecimiento micelial.

La identificación molecular de *Trichoderma* spp. se realizó a partir de cultivos monospóricos (Zhenyu, Man, Xinzhen, Libo, & Li, 2014) se extrajo el ADN con el kit ZR Fungal/Bacterial DNA MiniPrep™. Se amplificó la región ITS1-5.8s-ITS2 del ADN ribosomal mediante la reacción en cadena de polimerasa (PCR) usando los iniciadores ITS1 e ITS4 (White, Bruns, Lee, & Taylor, 1990) bajo las siguientes condiciones: desnaturalización inicial de 5 min a 94 °C, seguido de 30 ciclos (desnaturalización a 95 °C por 1 min, alineación a 54 °C por 30 s y una extensión de 1 min a 72 °C) con una extensión final de 5 min a 72 °C (Moo-Koh et al., 2014; White et al., 1990). Los productos de PCR se enviaron a secuenciar a la empresa MacroGen USA. Las secuencias se compararon con la base de datos del Banco de Genes del National Center for Biotechnology Information (s. f.) en el programa Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) y se elaboró un árbol filogenético con el software MEGA versión 6 con el método Neighbor-Joining (Tamura, Stecher, Peterson, Filipski, & Kumar, 2013).

Para evaluar la promoción de crecimiento en *S. lycopersicum*, se prepararon semilleros de tomate del tipo Saladette cv. Río Grande como modelo de estudio, preparados con sustrato comercial Cosmopeat® mezclado previamente con agrolita (50:50 p/p), con una inoculación inicial de 10⁶ conidios·ml⁻¹ de cada uno de los hongos aislados (Th02-04, Th26-52, Th33-58 y Th33-59); posteriormente se realizaron dos inoculaciones fúngicas, a los 8 y 15 días después de la germinación. A partir de los 8 días después de la misma, las plántulas se mantuvieron con riego diario y fertilización química a 50% (20N-20P-20K, 1 g·l⁻¹). El testigo sin inoculación de *Trichoderma* consistió solo en fertilización química (FQ) a 50% (Candelero et al., 2015). El efecto promotor de los aislados fúngicos se realizó a los 25 días después de la germinación; cuando las plántulas tuvieron las características agronómicas para un trasplante definitivo, de por lo menos 15 cm de altura y 3 mm de diámetro de tallo (Cai et al., 2015). Se consideraron 21 plantas como unidad experimental por tratamiento, con cuatro repeticiones.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar, en condiciones de invernadero. Las variables respuesta fueron: altura de plántula (cm), diámetro de tallo (mm), longitud de raíz (cm), volumen radical (ml) y biomasa seca total (g). Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y para la comparación

de medias se consideró el método de Tukey ($p \leq 0.05$). Con el propósito de obtener el mejor aislado fúngico en la promoción de crecimiento, se realizó un análisis de conglomerado donde se agruparon las variables estimadas con los promedios mayores, con los mismos se formó un testigo positivo, y los promedios más bajos constituyeron el testigo negativo. El análisis estadístico se realizó con el paquete Statistical Analysis System (SAS) ver. 9.4.

Tabla 1
Aislados de *Trichoderma* obtenidos de localidades del estado de Yucatán

Clave de aislado	Origen	Tipo de suelo	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)***
Th02-04	Tizimín	SCAA*	21°08'33"N	88°09'53"O	20
Th26-52	Tahdziú	SCAA	20°12'08"N	88°56'35"O	32
Th33-58	Ticul	SSAA**	20°23'43"N	89°32'02"O	25
Th33-59	Ticul	SSAA	20°23'43"N	89°32'02"O	25

Nota: *SCAA: suelo con actividad agrícola, **SSAA: suelo sin actividad agrícola, ***m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar. Elaboración propia.

El análisis de las secuencias genéticas permitió 99% de homología para los aislados Th02-04 y Th26-52 con dos secuencias diferentes registradas en la base de datos del NCBI con claves de acceso JN564003 y LN84670; sin embargo, coincidieron con la misma especie: *T. ghanense*. El aislado Th33-58 coincidió en 99% con *Hypocrea schweinitzii* al alinearse con la secuencia FJ605263, mientras que el Th33-59 tuvo 100% de homología con *H. lixii* en la secuencia FR872742. En todos los casos se obtuvieron resultados significativos con puntuaciones máximas de >500 y con valor de $E < 0.0$.

En la construcción del árbol filogenético se visualizó la relación genética inter e intraespecífica. Se observó en las especies de *T. ghanense* (Th02-04 y Th26-52), aunque presentaron una similitud de 99%, se agruparon de manera independiente con respecto a las secuencias del NCBI. *H. schweinitzii* (Th33-58) se agrupó con el clado de *H. schweinitzii* (*T. citrinoviride*) y para el aislado Th33-59, con el de *H. lixii* (*T. harzianum*) (figura 1).

Efecto de *Trichoderma* spp. en el crecimiento de *S. lycopersicum*

Los análisis de varianza mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos. En general, los tratamientos con las especies *T. ghanense* (Th26-52), *T. citrinoviride* (Th33-58) y *T. harzianum* (Th33-59) presentaron los mayores promedios

Aislamiento e identificación de aislados de *Trichoderma* spp.

Después de 3 d de desarrollo en medio de cultivo en papa dextrosa agar, y con base en las características morfotaxonómicas, se identificaron cuatro aislados correspondientes al género *Trichoderma*, como se observa en la tabla 1.

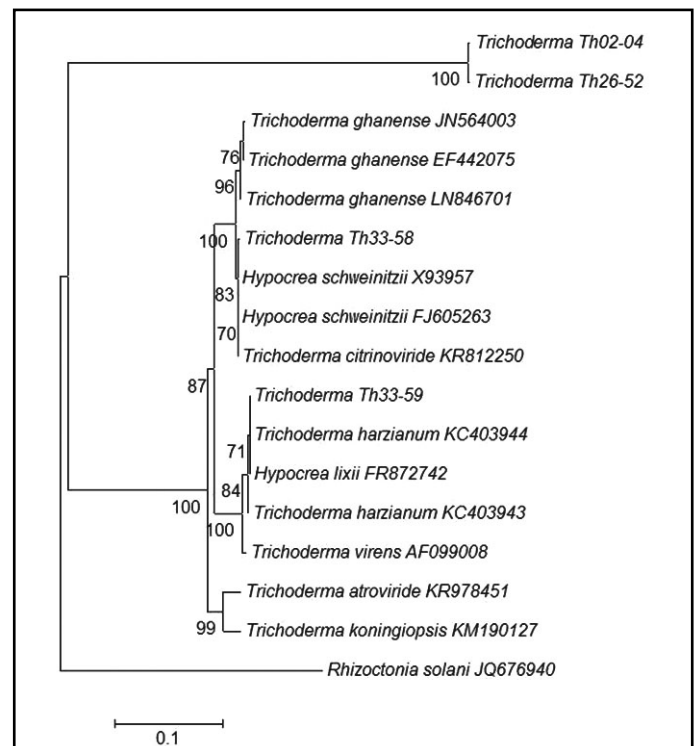


Figura 1. Relación filogenética de cuatro aislados de *Trichoderma* spp. El árbol se construyó a partir del análisis de secuencias ITS por el método Neighbor-Joining usando el modelo Tamura et al. (2013).

en las variables altura de plántula (figura 2), diámetro del tallo y biomasa seca total; *T. ghanense* (Th26-52)

presentó los mayores incrementos con ganancias de 38.53, 14.09 y 23.07% en relación con el tratamiento testigo FQ 50%. En longitud de raíz *T. citrinoviride* (Th33-58) causó mayor efecto con ganancias de 16.54%, mientras que en el volumen radical la aplicación de *T. harzianum* (Th33-59) lo incrementó con 2.68%. La comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$)

en la altura de plántula detectó diferencias entre las especies fúngicas y el testigo FQ 50%; en el diámetro de tallo, solo *T. ghanense* (Th26-52) no superó al testigo FQ 50%; mientras que en la longitud de raíz, *T. harzianum* (Th33-59) y *T. citrinoviride* (33-58) lo superaron; en el volumen radical y en biomasa seca total, solo *T. harzianum* (Th33-59) fue mayor (tabla 2).

Tabla 2

Efecto de la inoculación de *Trichoderma* spp. en la promoción de crecimiento vegetal para la producción de plántulas de *S. lycopersicum* cv. Río Grande

Aislado	Variables agronómicas				
	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Longitud de raíz (cm)	Volumen radical (ml)	Biomasa seca total (g)
<i>T. ghanense</i> (Th02-04)	17.21±1.43a	3.29±0.29abc	17.38±2.08ab	46.19±0.87b	0.27±0.07b
<i>T. ghanense</i> (Th26-52)	18.37±1.15a	3.48±0.31a	17.65±2.25ab	46.10±0.66b	0.32±0.08a
<i>T. citrinoviride</i> (Th33-58)	16.48±1.56a	3.34±0.30ab	18.67±1.0a	46.31±0.43b	0.26±0.04b
<i>T. harzianum</i> (Th33-59)	17.26±2.41a	3.12±0.44bc	18.08±1.94a	46.88±0.55a	0.28±0.06ab
FQ 50 %	13.26±2.62b	3.05±0.34c	16.02±2.41b	45.93±0.68b	0.26±0.06b
DMS	1.65	0.29	1.71	0.56	0.05

Nota: DMS: diferencia mínima significativa. Medias con diferente literal en las columnas son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). Elaboración propia.



Figura 2. Efecto de la inoculación de *Trichoderma* spp. en la promoción de crecimiento de plántulas de *S. lycopersicum*. Fotografía proporcionada por los autores.

Con base en el análisis de conglomerados, *T. ghanense* (Th26-52) fue el mejor tratamiento para promover el crecimiento vegetal, ya que su similitud fue la más cercana al testigo positivo (figura 3).

DISCUSIÓN

Estudios recientes sugieren que las relaciones entre *Trichoderma* (anamorfo) e *Hypocrea* (teleomorfo)

son incorrectas; sin embargo, existen especies de *Trichoderma* cuyo teleomorfo se encuentra descrito en *Hypocrea* (Bissett, Gams, Jaklitsch, & Samuels, 2015). Así, en aquellos hongos en los que se conoce la reproducción sexual y asexual se recomienda usar el género de uso común y más antiguo nombrado, cuando se encuentran representados por un aislado tipificado y cuando su secuencia de ADN se encuentra en el banco de genes. Esto

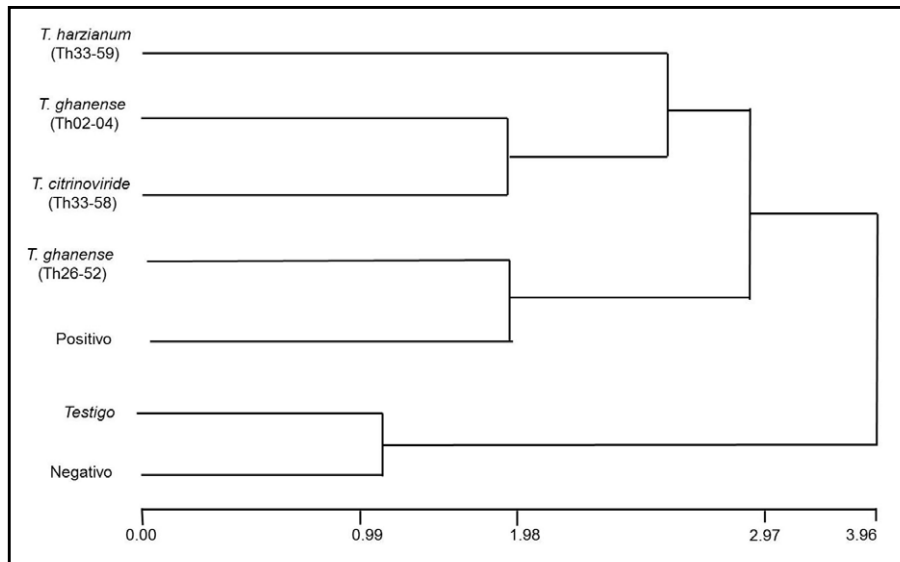


Figura 3. Dendrograma del análisis de conglomerados del efecto de la inoculación de *Trichoderma* spp. en la promoción de crecimiento vegetal en plántulas de *S. lycopersicum* cv. Río Grande. Elaboración propia.

significa que el género *Trichoderma* es el adecuado para determinadas especies, cuyo teleomorfo se encuentra dentro del género *Hypocrea*; por tanto, las especies *H. schweinitzii* (Th33-58) e *H. lixii* (Th33-59) pueden nombrarse como *T. citrinoviride* y *T. harzianum*, respectivamente. El hecho de que se haya identificado a *Trichoderma* molecularmente como *Hypocrea* solo fue esencial para aclarar y confirmar la biología y plasticidad de este hongo (Jaklitsch, & Voglmayr, 2014).

El desarrollo de técnicas moleculares para el análisis de secuencias filogenéticas ha contribuido a la comprensión de la evolución de *Hypocrea/Trichoderma* y ha ayudado a mostrar el vínculo entre anamorfos particulares y teleomorfos. En aquellas especies estrechamente relacionadas de *Trichoderma* se ha utilizado el gen factor de elongación 1-alfa (*EF-1 α*); sin embargo, estudios demuestran que el análisis de las secuencias ITS de los genes ribosomales han sido determinantes para distinguir un hongo de otro (Moo-Koh et al., 2014). Cuando se realiza el análisis y existe una identidad y una cobertura de 99% con las secuencias del banco de genes se considera a organismos de la misma especie (Pavone Maniscalco, & Dorta, 2015), como ocurrió con *T. ghanense* (Th02-04 y Th26-52) y *T. citrinoviride* (Th33-58) (Jaklitsch, & Voglmayr, 2014).

Los estudios sobre la biodiversidad de hongos microscópicos en las zonas tropicales son escasos. Con el presente estudio se contribuye al conocimiento de dos aislados de *T. ghanense* (Th02-04 y Th26-52) procedentes de distintas zonas geográficas, lo que pone en evidencia el papel relativo de la actividad humana que favorece el establecimiento de especies de *Trichoderma* e interactúa con la comunidad endémica y el ambiente. La exposición de especies de *Trichoderma* en diversas zonas y las condiciones donde se desarrollan establecen una diversidad intraespecífica (Hermosa et al., 2013).

Las investigaciones de selección ayudan a determinar el potencial de aislados de *Trichoderma*, esto se demostró con los aislados de *T. ghanense* (Th02-04 y Th26-52), los cuales provienen de diferentes localidades y de suelos con actividad agrícola; sin embargo, presentaron diferente actividad promotora de crecimiento.

El potencial de *Trichoderma* como promotor de crecimiento vegetal se ha reportado en estudios como el de Donoso, Lobos y Rojas (2008), que en *Pinus radiata* D. Don con aplicaciones de *T. harzianum*, en combinación con composta, incrementaron la altura de la planta de 24.4 a 29.3 cm; es decir, 20.1%, de 5.9 a 7.7 g, equivalente a 30.5% en la biomasa

seca total, y de 4.9 a 6.6 g, 34.7% en la aérea en comparación con los tratamientos que no incluyeron composta. La adición de composta es la opción para el mantenimiento de poblaciones fúngicas, mejora las condiciones del suelo y estabiliza el rendimiento de los cultivos (Cai et al., 2015).

En plántulas de *P. edulis* var. *Flavicarpa*, Cubillos-Hinojosa et al. (2009) obtuvieron incrementos significativos al inocular un aislado de *T. harzianum*, el mismo tuvo efectos sobre el diámetro del tallo, longitud de raíz y peso seco total con incrementos de 57.1%, 63% y 125%, en su orden, en relación con una especie comercial, lo que confirmó la ventaja de aplicar aislados locales. En tomate, Zhenyu et al. (2014) con *T. harzianum* TL-1, incrementaron el área foliar (97.34%), la altura de planta (61.22%), el peso fresco (167.98%) y el peso seco (131.82%). En *Capsicum chinense* Jacq., Candeleró et al. (2015) con aislados de *T. virens*, mostraron efectos significativos en altura de planta con incrementos de 55.57 y 47.62%; sin embargo, un aislado de *T. harzianum* lo consideraron como el mejor al causar mayor volumen radical con ganancias de 84.61% en relación con el tratamiento sin aislado fúngico. La explica-

ción de la actividad promotora de crecimiento de *Trichoderma* es su capacidad para producir ácido indolacético. El mismo actúa como catalizador de tejidos meristemáticos primarios y favorece la división celular o suprime concentraciones de ácido abscísico (Martínez-Medina, Alguacil, Pascual, & Van Wees, 2014; Vinale et al., 2013).

CONCLUSIONES

Se identificaron tres especies: *T. ghanense* (Th26-52 y Th02-04), *T. citrinoviride* (Th33-58) y *T. harzianum* (Th33-59), con actividad promotora de crecimiento vegetal.

La especie con mejor efecto promotor de crecimiento en plántulas de *S. lycopersicum* fue *T. ghanense* (Th26-52).

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al proyecto "Contribución al estudio de aislados de *Trichoderma* spp. con aplicación agrícola", apoyado por el TECN, con clave 5726.16 P.

REFERENCIAS

- Bills, G. F., Christensen, M., Powell, M., & Thorn, G. (2004). Saprobic soil fungi. En G. Mueller, F. Bills, & M. Foster (Eds.), *Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods* (pp. 271-302). Amsterdam, Netherlands: Academic Press.
- Bissett, J., Gams, W., Jaklitsch, W., & Samuels, G. J. (2015). Accepted *Trichoderma* names in the year 2015. *International Mycological Association*, 6(2), 263-295. doi:10.5598/imafungus.2015.06.02.02
- Cai, F., Chen, W., Wei, Z., Pang, G., Li, R., Ran, W., & Shen, Q. (2015). Colonization of *Trichoderma harzianum* strain SQR-T037 on tomato roots and its relationship to plant growth, nutrient availability and soil microflora. *Plant and Soil*, 388(1), 337-350. doi:10.1007/s11104-014-2326-z
- Candeleró, D. J., Cristóbal, A. J., Reyes, R. A., Tun, S. J. M., Gamboa, A. M. M., & Ruíz, S. E. (2015). *Trichoderma* spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y antagonicas contra *Meloidogyne incognita*. *Revista Internacional de Botánica Experimental φYTON*, 84, 113-119. Recuperado de <http://www.revistaphyton.fundromuloraggio.org/vol84-1/Candeleró.pdf>
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Beltrán-Peña, E., Herrera-Estrella, A., & López-Bucio, J. (2011). *Trichoderma* induced plant immunity likely involves both hormonal- and camalexin-dependent mechanisms in *Arabidopsis thaliana* and confers resistance against necrotrophic fungi *Botrytis cinerea*. *Plant Signaling & Behavior*, 6(10), 1554-1563. doi:10.4161/psb.6.10.17443
- Cubillos-Hinojosa, J., Valero, N., & Mejía, L. (2009). *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). *Agronomía Colombiana*, 27(1), 81-86. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314730011>
- Donoso, E., Lobos, G. A., & Rojas, N. (2008). Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero. *Bosque*, 29(1), 52-57. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v29n1/art06.pdf>
- Hermosa, R., Rubio, M. B., Cardoza, R. E., Nicolás, C., Monte, E., & Gutiérrez, S. (2013). The contribution of *Trichoderma* to balancing the costs of plant growth and defense. *International Microbiology*, 16, 69-80. doi:10.2436/20.1501.01.181
- Jaklitsch, W. M., & Voglmayr, H. (2014). New combinations in *Trichoderma* (Hypocreaceae, Hypocreales). *Mycotaxon*, 126, 143-156. doi:10.5248/126.143

- Kumar Solanki, M., Singh, N., Kumar Singh, R., Singh, P., Srivastava, A. K., Kumar, S., ... Arora, D. K. (2011). Plant defense activation and management of tomato root rot by a chitin-fortified *Trichoderma/Hypocrea* formulation. *Phytoparasitica*, 39, 471-481. doi:10.1007/s12600-011-0188-y
- Leelavathi, M. S, Vani, L., & Reena, P. (2014). Antimicrobial activity of *Trichoderma harzianum* against bacteria and fungi. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(1), 96-103. Recuperado de <http://www.ijcmas.com/vol-3-1/M.S.Leelavathi,%20et%20al.pdf>
- López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., & Herrera-Estrella, A. (2015). *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia Horticulturae*, 196, 109-123. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.043>
- Marín-Guirao, J. I., Rodríguez-Romera, P., Lupión-Rodríguez, B., Camacho-Ferre, F., & Tello-Marquina, J. C. (2016). Effect of *Trichoderma* on horticultural seedlings' growth promotion depending on inoculum and substrate type. *Journal of Applied Microbiology*, 121(4), 1095-1102. doi:10.1111/jam.13245
- Martínez-Medina A., Alguacil, M. M., Pascual, J. A., & Van Wees, S. C. (2014). Phytohormone profiles induced by *Trichoderma* isolates correspond with their biocontrol and plant growth-promoting activity on melon plants. *Journal of Chemical Ecology*, 40(7), 804-815. doi:10.1007/s10886-014-0478-1
- Moo-Koh, F. A., Alejo, J. C., Reyes-Ramírez, A., Tun-Suárez, J. M., Sandoval-Luna, R., & Ramírez-Pool, J. A. (2014). Actividad *in vitro* del extracto acuoso de *Bonellia flammea* contra hongos fitopatógenos. *Agrociencia*, 48(8), 833-845. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v48n8/v48n8a6.pdf>
- National Center for Biotechnology Information. *Basic Local Alignment Search Tool (BLAST)*. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Pavone Maniscalco, D., & Dorta, B. (2015). Diversidad del hongo *Trichoderma* spp. en plantaciones de maíz de Venezuela. *Asociación Interciencia*, 40(1), 23-31. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33933115004>
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., & Kumar, S. (2013). MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30(12), 2725-2729. doi:10.1093/molbev/mst197
- Vinale, F., Nigro, M., Sivasithamparam, K., Flematti, G., Ghisalberti, E. L., Ruocco, M., ... Lorito, M. (2013). Harzianic acid: a novel siderophore from *Trichoderma harzianum*. *FEMS Microbiol Lett*, 347(2), 123-129. doi:10.1111/1574-6968.12231
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. En M. A. Inns, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, & T. J. White (Eds.), *PCR Protocols: A guide to methods and applications* (pp. 315-322). San Diego, CA: Academic Press.
- Zhenyu, S., Man, X., Xinzheng, G., Libo, T., & Li, L. (2014). Primary study on biological control potential of *Trichoderma harzianum* TL-1. *Plant Diseases and Pests*, 5(2), 25-28. Recuperado de <http://search.proquest.com/openview/d997794458cd80f3865bd15fb5335546/1?pq-origsite=gscholar>

Especies del género *Quercus* (Fagaceae) presentes en el área natural protegida de Sierra Fría, Aguascalientes, México

Species of genus *Quercus* (Fagaceae) in natural protected area of Sierra Fria, Aguascalientes, Mexico

Víctor Manuel Martínez-Calderón*, María Elena Siqueiros-Delgado*✉, Julio Martínez-Ramírez*

Martínez-Calderón, V. M., Siqueiros-Delgado, M. E., & Martínez-Ramírez, J. (2017). Especies del género *Quercus* (Fagaceae) presentes en el área natural protegida de Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 12-18.

RESUMEN

El género *Quercus* es dominante en gran variedad de comunidades vegetales, tiene gran importancia ecológica dentro de éstas, pero todavía no cuenta con un número definido de especies en varias ANP (áreas naturales protegidas), como la Sierra Fría, en Aguascalientes. El objetivo del presente trabajo fue contribuir al conocimiento de encinos dentro de esta reserva. Los datos se obtuvieron por muestreos y análisis de ejemplares depositados en el herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Se muestra una lista de las especies de encinos presentes en el área natural protegida de Sierra Fría, Aguascalientes, con un total de 21 especies del género *Quercus* para el área natural. De ellas, cuatro se distribuyen únicamente en esta zona de las descritas en el estado. *Q. potosina* y *Q. eduardii* fueron las especies con mayor distribución.

ABSTRACT

The genus *Quercus* is dominant in a variety of plant

Palabras clave: Aguascalientes; bosque templado; diversidad; encinos; conservación.

Keywords: oaks; center of Mexico; temperate forest; diversity; botany; conservation.

Recibido: 9 de junio de 2016, aceptado: 16 de diciembre de 2016

* Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: victor.mtz.calderon@gmail.com; masiquei@correo.uaa.mx; jmartin@correo.uaa.mx

✉ Autor para correspondencia

communities, having great ecological importance within natural forest, but without a defined number of species in several NPAs such as the Sierra Fría, Aguascalientes. The goal of this study was to contribute to the knowledge of oaks within NPA, Sierra Fria. Data were obtained from samples and analysis of HUAA herbarium specimens. 21 species of the genus *Quercus* are present in Sierra Fria. Four of these species are distributed only in this area within the state. *Q. potosina* and *Q. eduardii* are the most widely distributed.

INTRODUCCIÓN

El género *Quercus* es de gran importancia ecológica porque sus especies son dominantes en gran variedad de comunidades vegetales (Nixon, 2006). En México, el número de especies es controversial, pero no hay un consenso acerca del número preciso por la dificultad al identificarlas (González Rivera, 1993; Rzedowski, 2006; Valencia, 2004; Zavala-Chávez, 1998). De los dos subgéneros de *Quercus*, *Cyclobalanopsis* y *Quercus*, en México sólo está representado el segundo, con tres secciones: *Quercus* (encinos blancos) con 81 especies, *Lobatae* (encinos rojos) con 76, y *Protobalanus* (encinos intermedios o de copa dorada) con 4 de las 5 especies (Valencia, 2004). Muchas de las especies de encinos son preservadas en las distintas áreas naturales protegidas a lo largo de nuestro país.

Las áreas naturales protegidas (ANP) han sido importantes dentro del país en la conservación de la biodiversidad, así como en la prestación de servicios

ecológicos y ecoturísticos. En el estado de Aguascalientes hay zonas prioritarias por su importancia ecológica o cultural; es decir, áreas naturales protegidas, como el monumento ecológico Cerro del Muerto, el cerro Juan el Grande y cerro De los Gallos, Sierra de Laurel y Sierra Fría (SF), esta última la de mayor extensión e importancia dentro del estado.

Se han reportado en diversos trabajos las especies presentes en el estado de Aguascalientes (De la Cerda, 1989, 1999; McVaugh, 1974). Sin embargo, en particular para la Sierra Fría no se tenía un listado exacto de encinos presentes en la zona, a excepción del reportado por Díaz, Sosa-Ramírez y Pérez-Salicrup (2012) y Sosa-Ramírez, Moreno-Rico, Sánchez-Martínez, Siqueiros-Delgado y Díaz-Núñez (2011), quienes mencionan para esta área, 10 y 11 especies, respectivamente. El presente estudio tuvo como objetivo dar a conocer las especies de encinos presentes en la Sierra Fría y aumentar el conocimiento del género en dicha ANP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área natural protegida de Sierra Fría cubre una superficie de 112,000 ha, se ubica al noroeste del es-

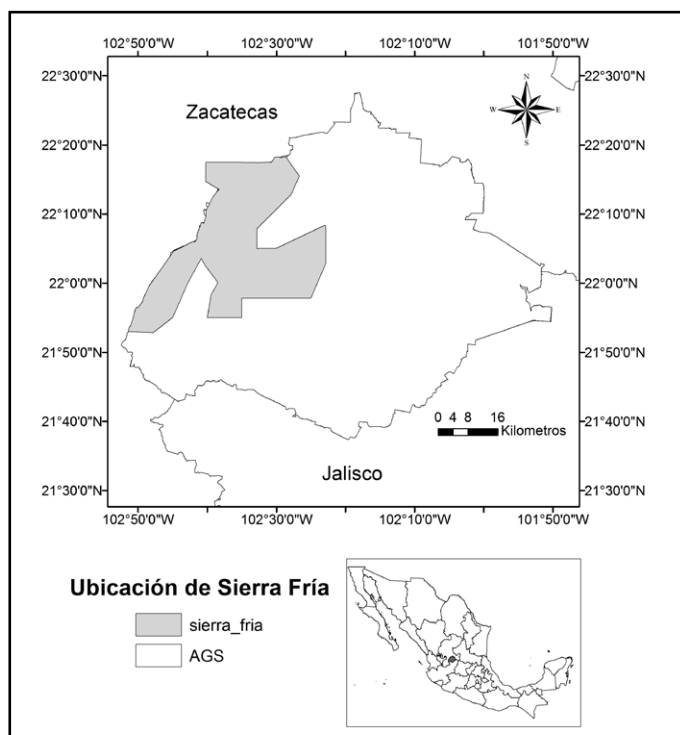


Figura 1. Ubicación de Sierra Fría dentro del estado de Aguascalientes y estados colindantes. Elaboración propia.



Figura 2. Bosque de encino en Sierra Fría, Aguascalientes. Fotografía proporcionada por los autores.

tado de Aguascalientes, formando parte de la Sierra Madre Occidental (figura 1), en una altitud que oscila entre los 2,100 y los 3,050 m.s.n.m. (Díaz et al., 2012). Los climas predominantes son templados y semiáridos templados; su temperatura media anual varía entre 12.0 y 18.0 °C, la temperatura media del mes más frío oscila entre -3.0 y 18.0 °C y la precipitación total anual es de 600 a 800 mm. El tipo de vegetación predominante es el bosque de encino-pino, encino y encino-táscate (*Juniperus deppeana*). La asociación existe con pinos por arriba de los 2,450 m y táscate por debajo de esta altitud. También existe matorral templado, árido y subtropical; matorral crasicaule, espinoso, rosetófilo; chaparrales y pastizal natural. Los encinares (figura 2) son los mejor conservados con un importante número de especies (Arriaga et al., 2000).

Material biológico

Se realizaron recolectas de enero a noviembre de 2014 en puntos previamente establecidos en las regiones de vegetación natural del ANP Sierra Fría. Se obtuvieron al menos tres muestras representativas de cada especie con las estructuras necesarias para su identificación. En cada sitio de muestreo se tomaron datos de campo como altitud, coordenadas geográficas con base en Datum WGS 84 y tipo de vegetación. Además, se revisaron los ejemplares depositados en el herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA) y se recopiló información de estudios anteriores dentro de la zona de investigación (Díaz et al., 2012; Sosa-Ramírez et al., 2011).

La determinación de los ejemplares se llevó a cabo utilizando claves taxonómicas especializadas para el género (Espinosa, 2001; González Villarreal,

1986; McVaugh, 1974; Sabás-Rosales, 2011). Con base en los datos tomados de campo y en los ejemplares del herbario se realizaron mapas de distribución con SIG, mediante un corte de las coordenadas obtenidas de recolectas y ejemplares del HUAA sobre el polígono del ANP Sierra Fría, con el fin de conocer la totalidad de especies que se distribuyen en dicha reserva (figuras 3 y 4). Se buscaron las coordenadas de las localidades de examinados en el HUAA, en caso de que no estuvieran disponibles en la etiqueta. Los ejemplares recolectados fueron depositados en el mismo herbario.

RESULTADOS

Dentro del ANP Sierra Fría se distribuyen 21 especies del género *Quercus*, 4 de ellas exclusivas de esta zona (tabla 1, figuras 3 y 4), las que se encuentran principalmente en bosque de encino y bosque mixto, a una altitud promedio de 2,200-2,800 m. Las especies más ampliamente distribuidas son *Q. potosina* y *Q. eduardii*. En trabajos anteriores (Díaz et al., 2012; Sosa Ramírez et al., 2011) no se tenían mencionadas 10 especies para el ANP Sierra Fría: *Q. castanea* Née, *Q. depressipes* Trel., *Q. durifolia* Seemen, *Q. gentry* C. H. Müll., *Q. greggii* (A.DC.) Trel., *Q. laurina* Humb. & Bonpl., *Q. magnoliifolia* Née, *Q. mexicana* Humb. & Bonpl., *Q. repanda* Humb. & Bonpl., y *Q. striatula* Trel.

Tabla 1
Especies de encino (*Quercus*) en SF, Aguascalientes, México

Sección/ Taxón	Altitud	Tipo de vegetación
<i>Lobatae</i> (encinos rojos)		
<i>Q. aristata</i> Hook. & Arn.	1,640-2,600	BQ
<i>Q. castanea</i> Née*	2,550-2,695	BQ y BM
<i>Q. durifolia</i> Seemen*+	2,400-2,839	BQ y BM
<i>Q. eduardii</i> Trel.	2,050-2,800	BQ, BM, PT
<i>Q. gentry</i> C.H. Müll.*	2,200-2,450	BQ
<i>Q. jonesii</i> Trel.	2,450-2,800	BQ y BM
<i>Q. laurina</i> Humb. & Bonpl.*+	2,839	BM
<i>Q. mexicana</i> Humb. & Bonpl.*+	2,112	BQ
<i>Q. sideroxyla</i> Humb. & Bonpl.	2,300-2,900	BQ y BM
<i>Quercus</i> (encinos blancos)		
<i>Q. chihuahuensis</i> Trel.	1,950-2,800	BQ y PT
<i>Q. depressipes</i> Trel.*+	2,177-2,244	BQ y PT
<i>Q. greggii</i> (A. DC.) Trel.	2,621	BM
<i>Q. grisea</i> Liebm.	1,900-2,600	BQ, BM, MT y PT
<i>Q. laeta</i> Liebm.	2,050-2,800	BQ, BM y PT
<i>Q. magnoliifolia</i> Née*	2,541	BQ
<i>Q. obtusata</i> Humb. & Bonpl.	2,100-2,700	BQ
<i>Q. potosina</i> Trel.	2,100-2,800	BC, BQ, BM, MT y PT
<i>Q. repanda</i> Humb. & Bonpl.*	2,250-2,750	BQ, BM, BC y PT
<i>Q. resinosa</i> Liebm.	2,160-2,600	BQ, BQ-PT
<i>Q. rugosa</i> Née	2,100-2,800	BQ, BM y BQ-MT
<i>Q. striatula</i> Trel.	2,574	BM

Nota: (*) Especie no mencionada anteriormente para SF, Aguascalientes. (+) Exclusivo de SF dentro del estado. bosque de encino (BQ), bosque mixto (BM), pastizal templado (PT), matorral templado (MT), bosque de coníferas (BC). Elaboración propia.

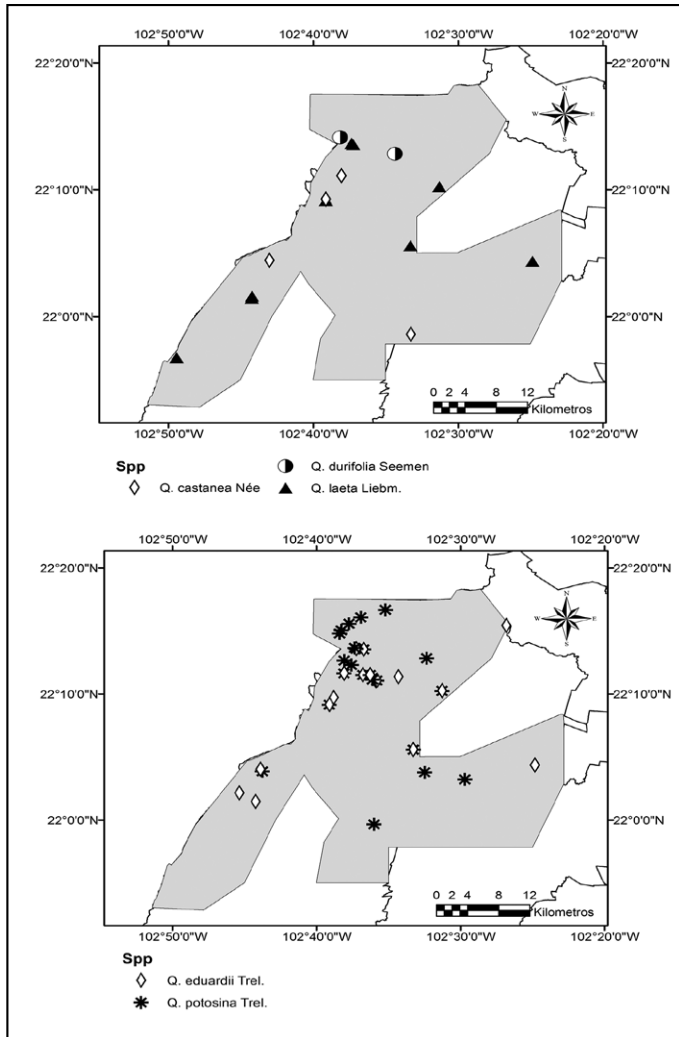


Figura 3. Puntos de recolección de las especies de encinos en Sierra Fría, Aguascalientes, basados en recolectas y ejemplares del HUA. Elaboración propia.

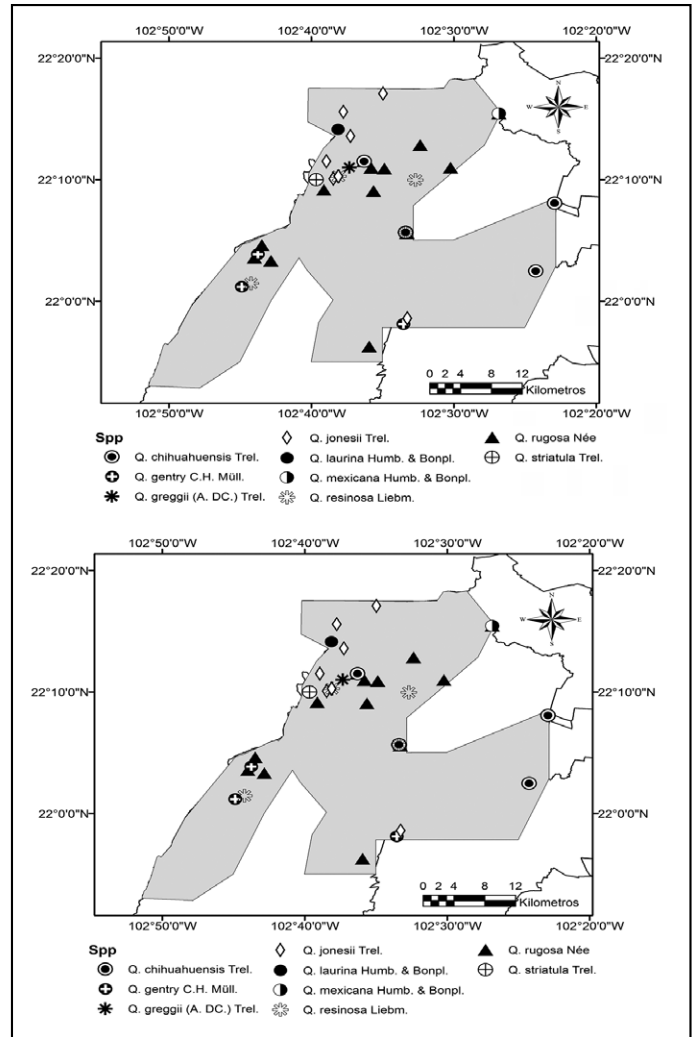


Figura 4. Puntos de recolección de las especies de encinos en Sierra Fría, Aguascalientes, basados en búsquedas y ejemplares del HUA. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

El ANP Sierra Fría cuenta con 13% de especies de México: 161 especies (Valencia, 2004). Si bien ninguna de las especies encontradas dentro de la zona de estudio se encuentra en peligro, la riqueza de especies es alta comparada con otros sitios; por ejemplo, en el Cerro del Águila, Michoacán, se encuentran 7 especies de encinos (Zacarías-Eslava, Cortejo-Tenorio, Cortés-Flores, González-Castañeda, & Ibarra-Manríquez, 2011), Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, cuenta con 8 encinos (Martínez-Cruz, Téllez-Valdés, & Ibarra-Manríquez, 2009) y la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, que alberga 8 especies de encinos, los tres sitios con un número pequeño de

especies comparado con Sierra Fría. También existen sitios similares en cuanto a riqueza como la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, con una superficie de 137,000 ha, alberga 31 especies de encinos (Olvera-Vargas, Figueroa-Rangel, Vázquez-López, & Brown, 2006), al compararse con la superficie de Sierra Fría de 112,000 ha, que alberga 21 especies de encinos.

México es un centro de diversificación de este género, su endemismo es importante; Valencia (2004) menciona que existen 109 especies endémicas de encinos mexicanos que equivalen a 67.7% del total de especies del género en México. De las especies encontradas sólo *Q. castanea*, *Q. chihuahuensis*, *Q. depressipes*, *Q. grisea*, *Q. rugosa* se distribuyen fuera

de los límites del país, en donde 16 especies de Sierra Fría son endémicas de México y representan 14.6% de las 109 especies.

En el ANP de Sierra Fría se encuentra 84% de la riqueza de encinos en Aguascalientes, encontrándose 21 de las 25 especies mencionadas para el estado. Solo *Q. candians*, *Q. desertícola*, *Q. praeco* y *Q. viminea* no se llegan a encontrar dentro del ANP (Martínez-Calderón, Siqueiros-Delgado, & Martínez-Ramírez, 2017).

Especies como *Q. depressipes*, *Q. greggii*, *Q. repanda* y *Q. striatula* son encinos de porte arbustivo distribuidos del ANP. *Q. repanda* y *Q. striatula* presentan crecimiento rizomatoso, se llegan a encontrar formando parte del sotobosque en bosque de encino y bosque mixto, con mayor frecuencia se llega a encontrar *Q. repanda*, siendo más frecuente que *Q. striatula*. *Q. depressipes*, distribuido de los 2,177 a los 2,244 m, se llega a encontrar en partes altas y expuestas, donde este encino tiene buenas poblaciones, junto con *Q. potosina*. Se encontró por primera vez en la estación biológica Agua Zarca, perteneciente a la UAA; siendo parte del ANP Sierra Fría, se registró como parte de un informe florístico de la estación. Posteriormente se reporta la presencia de *Q. obtusata* para el ANP por Díaz et al. (2012) como parte de un estudio de distribución de especies forestales; esta especie puede encontrarse en sitios húmedos, en las partes altas de Sierra Fría, junto con *Q. sideroxylla* y *Q. rugosa*.

En el ANP de Sierra Fría se presenta con mayor frecuencia *Q. potosina*, y en orden descendiente *Q. eduardii*, *Q. sideroxylla*, *Q. grisea* y *Q. rugosa* (Sosa-Ramírez et al., 2011) y son encontradas en amplio rango altitudinal y de tipo de vegetación (tabla 1.). Por el contrario, existen especies cuya distribución está restringida (*Q. aristata*, *Q. durifolia*, *Q. greggii*, *Q. laurina*). La presencia de especies de encinos está ligada a condiciones particulares de altitud y tipo de vegetación, al igual que a factores de humedad, tipo de suelos, o exposición solar. Las especies de encinos rojos están mayormente restringidos a sitios húmedos dentro de Sierra Fría, como *Q. sideroxylla* y *Q. eduardii*: se localizan en sitios con exposiciones norte, en laderas medias y bajas, en altitudes promedio de 2,050 a 2,800 m para *Q. eduardii*, de 2,300 a 2,900 m para *Q. sideroxylla* donde en altitudes grandes llega a presentar gran abundancia, y coberturas de dosel superiores a 50% (Sosa-Ramírez et al., 2011), en donde *Q. eduardii* es el encino rojo

con mayor distribución dentro del ANP.

Quercus jonesii se encuentra en partes altas de la Sierra Fría de 2,700 a 2,900 m, en bosque de encino-pino, acompañado de *Pinus lumholtzii* B. L. Rob. & Fernald, sobre laderas pedregosas y calizas (De la Cerda, 1999; Sosa-Ramírez et al., 2011), en este tipo de asociación pino-encino, *Q. jonesii* suele ser abundante, aunque esta asociación vegetal es de distribución restringida. Encinos como *Q. durifolia*, recolectado a una altitud de 2,400 y 2,800 m, *Q. laurina* (2,800 m) y *Q. aristata* (2,500-2,600m) son escasos y de distribución restringida, se encuentran en fondo de cañadas húmedas, junto a *Q. rugosa* en bosque de encino y *Q. aristata* en bosque de encino-pino. *Q. durifolia* es mencionado por Romero-Rangel, Rojas-Zenteno y Rubio-Licona (2015) como una especie con problemas de supervivencia, esta especie fue recolectada únicamente en dos localidades dentro del ANP. *Q. mexicana* se encontró en bosque de encino en barrancas húmedas a una altitud de 2,112 m, asociado a *Q. rugosa* y *Q. grisea*, pero puede llegar a confundirse con ejemplares de *Q. eduardii* que presenten margen entero.

Q. gentry se ubica en altitudes de 2,200 a 2,450 m.s.n.m., en bosque de encino en partes sur de Sierra Fría, dentro del municipio de Calvillo y Jesús María, se llega a encontrar con *Q. castanea*, en lugares con laderas húmedas y pendientes medias. *Q. castanea*, distribuido a altitudes de 2,550 a 2,695, se encuentra formando parte de bosque de encino y bosque mixto, se puede encontrar como árboles de 10 m en Laguna Seca, localidad de Sierra Fría. Las especies de encinos blancos se llegan a encontrar en lugares más áridos, por ejemplo, *Q. chihuahuensis*, una de las especies que prefiere climas áridos dentro del ANP, se encuentra en pequeños grupos aislados, a menudo como vestigios de bosque de encino, sobre barrancas secas de la Sierra Fría.

Otra especie con resistencia a condiciones secas es *Q. potosina*, la especie con mayor distribución y abundancia dentro del ANP (Díaz et al., 2012; Sosa-Ramírez et al., 2011), se puede llegar a encontrar formando parte del bosque mixto junto a *J. deppeana* y formando parte de matorrales junto a *Arctostaphylos pungens*, su distribución altitudinal se encuentra de 2,100-2,800 m. *Q. grisea* es otra especie que llega a formar asociaciones con *J. deppeana* y se llega a encontrar en lugares de poca humedad y con pendientes bajas. Al contrario de *Q. rugosa*, que prefiere sitios de humedad, se

distribuye entre los 2,100 y los 2,800 m, en lugares con pendientes medias y ligeras, en exposiciones norte y con fisiografías en bajo de ladera (Sosa-Ramírez et al., 2011), mayormente en bosque de encino. Mientras *Q. resinosa* tiene poca distribución en Sierra Fría, desde los 2,160 hasta los 2,600 m, normalmente es abundante en otras partes del estado, se ubica en partes bajas de las serranías y sitios de poca humedad, llega a ser de los primeros encinos en ser observado subiendo a la localidad de La Congoja, Sierra Fría, junto a *Q. potosina* y *Q. eduardii*.

Otra especie escasa en el ANP Sierra Fría y con mucha similitud morfológica a *Q. resinosa* es *Q. magnoliifolia*, que se localiza a una altitud de 2,541 m, en bosque de encino y en la parte sur de la zona de estudio, en asociada a otros encinos como *Q. potosina* y *Q. sideroxyla*. *Q. laeta*, presenta gran polimorfismo foliar, lo cual dificulta su identificación

en campo. Sosa-Ramírez et al. (2011) mencionan una distribución entre los 2,600-2,700 m dentro del ANP; sin embargo, en herbario se observaron ejemplares desde los 2,050 m. Dentro del ANP esta especie no es tan abundante como en el resto del estado, se llega encontrar en pendientes ligeras o planas, y en exposiciones sur dentro de Agua Zarca.

CONCLUSIONES

El total de especies encontradas en el ANP Sierra Fría representa 84% de la diversidad de encinos en Aguascalientes, solo 16% no se han encontrado ahí; esto demuestra la importancia que tiene esta ANP para la conservación de la biodiversidad del estado de Aguascalientes y la necesidad de realizar investigaciones en la zona, así como implementar planes de conservación.

REFERENCIAS

- Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L., & Loa, E. (Coords.). (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2011). *Programa de Manejo Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, México* (pp. 122). México: Autor.
- De la Cerda, L. M. (1989). *Encinos de Aguascalientes*. Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- _____ (1999). *Encinos de Aguascalientes*. (2^{da} ed.). México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Díaz, V., Sosa-Ramírez, J., & Pérez-Salicrup, D. R. (2012). Distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica*, 34, 99-126.
- Espinosa, G. J. (2001). Fagaceae. En G. C. de Rzedowski, & J. Rzedowski. *Flora fanerogámica del Valle de México* (2^a ed.) (pp. 81-91). México: CONABIO.
- González Rivera, R. (1993). La diversidad de los encinos mexicanos. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 44, 125-142.
- González Villarreal, L. M. (1986). *Contribución al conocimiento del género Quercus* (Fagaceae) en el estado de Jalisco. Colección Flora de Jalisco. Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara.
- Martínez-Calderón, V. M., Siqueiros-Delgado, M. E., & Martínez-Ramírez, J. (2017). Checklist of the genus *Quercus* (Fagaceae) of Aguascalientes, Mexico. *Check List*, 13(1), 2045. doi: 10.15560/13.1.2045
- Martínez-Cruz, J., Téllez-Valdés, O., & Ibarra-Manríquez, G. (2009). Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(1), 145-156.
- McVaugh, R. (1974). Flora Novo-Galiciana (*Quercus*). Contributions from the University of Michigan Herbarium, Ann Arbor, Michigan. 12, parte 1 (3).
- Nixon, K. C. (2006). Global and neotropical distribution and diversity of oak (genus *Quercus*) and oak forests. En M. Kappelle (Ed.), *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests* (pp. 3-11). Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Olvera-Vargas, M., Figueroa-Rangel, B. L., Vázquez-López, J. M., & Brown, N. (2006). Dynamics and silviculture of montane mixed oak forest in western Mexico. En M. M. Caldwell et al. (Eds. de la serie), *Ecological Studies: Vol. 185. Ecology and conservation of neotropical montane oak forest* (pp. 363-374). Springer. doi: 10.1007/3-540-28909-7_28
- Romero-Rangel, S., Rojas-Zenteno, E. C., & Rubio-Licon, E. (2015). *Encinos de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rzedowski, J. (2006). Bosque de *Quercus*. En *Vegetación de México* (pp. 274-294). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- Sabás-Rosales, J. L. (2011). *Taxonomía, diversidad y distribución de los encinos (Quercus spp.) del estado de San Luis Potosí, México*. Tesis de Maestría. Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Sosa-Ramírez, J., Moreno-Rico, O., Sánchez-Martínez, G., Siqueiros-Delgado, M. E., & Díaz-Núñez, V. (2011). Ecología y fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques*, 17(3), 49-63.
- Valencia A., S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75, 33-53.
- Zacarías-Eslava, L. E., Cortejo-Tenorio, G., Cortés-Flores, J., González-Castañeda N., & Ibarra-Manríquez, G. (2011). Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 854-869.
- Zavala-Chávez, F. (1998). Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica*, 8, 47-64.

Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de avena, maíz y sorgo sobre las propiedades reológicas de la masa, texturales y sensoriales del pan

Effect of substitution of wheat flour with oat, corn and sorghum on dough rheological, textural and sensorial bread properties

Francisco Vásquez Lara**✉, Samuel Verdú Amat*, Alma Rosa Islas Rubio**, José Manuel Barat Baviera*, Raúl Grau Meló*, Rafael Casillas Peñuelas***

Vásquez, Lara, F., Verdú Amat, S., Islas Rubio, A. R., Barat Baviera, J. M., Grau Meló, R., & Casillas Peñuelas, R. (2017). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de avena, maíz y sorgo sobre las propiedades reológicas de la masa, texturales y sensoriales del pan. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 19-26.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la sustitución del 2.5, 5, 7.5 y 10% de harina de trigo (HT) con harina de avena (HA), de maíz (HM) y de sorgo (HS) sobre las propiedades reológicas de la masa, texturales y sensoriales del pan. Se determinó la capacidad de retención de agua (CRA), temperatura de empaste, viscosidad pico y viscosidad final en harinas. En masa, se determinó fuerza (F) y volumen a 1 h de fermentación. Se realizó un análisis sensorial en pan para determinar las preferencias de los panelistas, así como el análisis del perfil de textura (TPA). Los resultados mostraron diferencias significativas en las mediciones realizadas. El volumen de la masa obtenido al utilizar HA en los cuatro diferentes niveles no mostró diferencias con HT ($136.32 \text{ cm}^3 \pm 4.62$). El análisis sensorial no mostró diferencias cuando el

pan se elaboró con HA o HM a 10% y el obtenido sólo de HT.

ABSTRACT

The effect of substitution of 2.5, 5, 7.5 and 10% of wheat flour (HT) with oat flour (HA), corn (HM) and sorghum (HS) on the rheological properties of the dough, textural and sensorial bread properties was evaluated. The water holding capacity (CRA), pasting temperature, peak viscosity and final viscosity in flour was determined. In dough, force (F) and volume within an hour of fermentation was measured. A sensory analysis of bread to determine the preferences of the panelists and a texture profile analysis (TPA) were also carried out. The results showed significant differences ($p < 0.05$) among measurements. The volume of the dough using HA at the four levels did not show significant differences compared with HT ($136.32 \text{ cm}^3 \pm 4.62$). Sensory analysis of bread showed no difference ($p > 0.05$) between the bread made with 10% HA or HM and the HT only bread.

Palabras clave: harina de trigo; harina de avena; harina de maíz; harina de sorgo; propiedades reológicas; análisis sensorial.

Keywords: wheat flour; oat; corn; sorghum; rheological properties; sensory analysis.

INTRODUCCIÓN

La utilización de harinas compuestas ha ido en aumento, países con problemas en la producción de trigo panadero han optado por la utilización de semillas desarrolladas localmente para elaborar harinas y ser empleadas en la sustitución de harina de trigo para la elaboración de pan. Milligan, Amlie, Reyes, Garcia, y Meyer (1981) definieron harinas compuestas como una mezcla de harinas, almidones y otros ingredientes que intentan reemplazar a la de trigo total o parcialmente en panadería o pastelería.

Recibido: 14 de septiembre de 2016, aceptado: 24 de marzo de 2017

* Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n, C. P. 46022, Valencia, España. Correo electrónico: saveram@upvnet.upv.es; jmbarat@gmail.com; rgraume@gmail.com

** Departamento de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Carretera a La Victoria km 0.6, C. P. 83304, Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico: fvas@ciad.mx; aislas@ciad.mx

*** Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: mielabejas@hotmail.com

✉ Autor para correspondencia

Dentro de los granos utilizados en la sustitución de harina de trigo, se pueden mencionar leguminosas tales como la soya y garbanzo, además de otros cereales como maíz, arroz, mijo, sorgo, avena y centeno.

El uso de harinas compuestas para elaborar pan puede tener ventajas, como la disminución en el uso de la harina de trigo; por tanto, en la reducción de importación de este cereal, en los menores costos en la producción; además, al ser considerado pobre nutricionalmente, sobre todo en aminoácidos esenciales como lisina y treonina (Dhingra & Jood, 2002), con la utilización de otros granos se podría mejorar la calidad nutricional de los productos basados en harina de trigo. Son muchas las ventajas que trae consigo una buena sustitución de éstas; desde el punto de vista nutrimental incrementa los contenidos de proteínas, aminoácidos esenciales, minerales, fibra dietaria u otros nutrientes que son importantes para el buen funcionamiento de nuestro organismo. Sin embargo, es importante encontrar las proporciones adecuadas para obtener buenos parámetros de calidad, así como variables de proceso con las que se logre obtener productos agradables para el consumidor desde el punto de vista organoléptico y, por supuesto, que incrementen sus propiedades nutrimentales.

Otro punto importante es hacer consideraciones desde el punto de vista económico, ya que el precio del grano de este cereal fluctúa constantemente de acuerdo con su manejo en mercados internacionales. Es importante considerar los ahorros que podrían beneficiar al productor de harinas o al fabricante de productos basados en harinas de trigo, reemplazar una parte de ellas por otras opciones que además de sus beneficios nutrimentales, involucre un producto final de buenas características organolépticas y aceptabilidad por el consumidor y que baje los costos de las materias primas. Por lo planteado anteriormente, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la sustitución de la HT con HA, HM y HS sobre las propiedades reológicas de la masa, texturales y sensoriales del pan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas

La HT fue obtenida de un productor local (Molí de Picó Harinas Segura, S. L., Valencia, España). La HA, HM o HS fueron adquiridas de una tienda local (La Carabasseta), en Valencia, España. Para la

panificación se utilizó aceite de girasol, levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), azúcar blanca y sal marina refinada, todas ellas compradas en el mercado local. Las formulaciones que se evaluaron se basaron en la mezcla de la HA, HM o HS con la HT en las proporciones siguientes: 2.5/97.5, 5/95, 7.5/92.5 y 10/90 (peso/peso), respectivamente.

Capacidad de retención de agua (CRA) de las harinas

La CRA se realizó con base en el método 56-11 (AACC, 2000). Se colocaron 5 ± 0.05 g de harina en un tubo de 50 ml (Nalgene Centrifuge Ware) al cual se le añadieron 25 ± 0.05 g de agua. La mezcla fue agitada vigorosamente por 5 s para hacer suspender la harina. Después se dejó reposar, agitando nuevamente hasta los 5, 10, 15 y 20 min, seguida de centrifugación por 15 min a $1000 \times g$ (Centrifuge Beckman Coulter Allegra X-30R, Brea, California, EE. UU.) a temperatura ambiente. El sobrenadante se descartó y el pellet húmedo fue decantado por 10 min para finalmente ser pesado. Los cálculos se realizaron de acuerdo a Haynes, Bettge, y Slade (2009).

Análisis de viscosidad de las harinas

El perfil de viscosidad de las harinas fue realizado de acuerdo al método 76-21 (AACC, 2000). La HT y las mezclas de la HT con HA, HM o HS fueron analizadas con base en 3.5 ± 0.01 g de muestra ajustadas a 14% de humedad. La cantidad de agua a incorporar fue de 25 ± 0.01 g, resultado del propio ajuste al que se llevó a las harinas, como se encuentra en Shittu, Raji, y Sanni (2007). Para esta determinación se utilizó el viscosímetro RVA (Rapid Visco Analyser Super 4, Newport Scientific Australia). Mediante el software Thermocline del RVA se seleccionó el perfil de la prueba estándar 1. Los parámetros analizados fueron temperatura de empaste, viscosidad pico y viscosidad final.

Determinación de fuerza (F) en la masa

La masa utilizada para llevar a cabo la medición de F se obtuvo a partir del mixógrafo (National Mfg. Co. Lincoln, NE, EE. UU.), dicha masa se colocó en una plataforma ranurada y sobre la misma se colocó otra sin ranuras y se prensó aproximadamente 30 s para formar las tiras de masas, las cuales se introdujeron en una estufa (Laboratory Oven, Cole Parmer, Modelo 05015-50, Niles, Illinois, EE. UU.) a 30°C durante 45 min, como se puede consultar en Ktenioudaki, O'Shea, y Gallagher (2013). Al cabo de este tiempo se midió la F a una velocidad de

prueba de 3.3 mms^{-1} . Se realizó de acuerdo con la técnica descrita por Kieffer, Wieser, Henderson, y Graveland (1998), utilizando un analizador de textura (TA-XT2, SMS/Kieffer dough extensibility Rig Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, Inglaterra). El analizador de textura se calibró con una pesa de 5 kg. El umbral de la fuerza y distancia fue de 1.0 g y 1.0 mm, respectivamente.

Volumen de la masa

Se midió el volumen de la masa después de 1 h de fermentación. Para ello se tomaron 70 g de la masa que se colocaron en un tubo cilíndrico graduado de vidrio, como en Soleimani Pour Damanab, Jafary y Rafiee (2011) (5.5 cm de diámetro y 15.5 cm de alto), el cual se introdujo a la cámara de fermentación (Modelo KBF720 Binder, Tuttlingen, Alemania) con humedad relativa y temperatura controlada (90% HR y 40°C) durante 1 h. Mediante el registro del volumen inicial de la masa y el obtenido a la hora de fermentación se calculó la capacidad de la masa para ser fermentada.

Elaboración del pan

Las proporciones de los componentes fueron de 288.3 g de agua, 16.9 g de aceite, 9.2 g de sal, 33.9 g de azúcar, 19.2 g de levadura y 492 g de la mezcla de harina (262 g de harina que se mezclaron en una primera etapa por 30 s y 230 g que se adicionaron después). Para la fermentación se tomaron 250 g de masa que se colocaron en el molde de panificación, el cual se introdujo en la cámara de fermentación (90% HR y 40°C) por 1 h. Posteriormente se horneó (Modelo Fagor 2CF-3V) a 200°C por 15 min.

Perfil de textura (TPA) del pan

La miga se cortó en cilindros de 4 cm de alto y diámetro de 3.1 cm. Se empleó el texturómetro TA-XT Plus (Texture Analyser Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido). Se utilizó la celda de carga de 25 kg con el dispositivo TA-40 (40 mm de diámetro). La velocidad del ensayo fue de 1.7 mms^{-1} para comprimir la miga a 50% de su altura. El tiempo entre las compresiones fue de 5 s. Los parámetros obtenidos fueron dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia, como lo que encontraron Verdú et al. (2015).

Análisis sensorial del pan

El análisis sensorial se realizó con los 13 panes elaborados, un control hecho sólo con HT y los 12 restantes elaborados con la sustitución de la

HT con HA, HM o HS en porcentajes de 2.5, 5, 7.5 y 10. Participaron 24 panelistas no entrenados que determinaron su preferencia sobre los panes elaborados con cada una de las formulaciones. Los atributos analizados fueron color, aroma, textura al tacto, apariencia, sabor, textura en boca y apreciación general. Para cada uno de los atributos se estableció una escala que fue de muy desagradable a muy agradable en la que los evaluadores señalaron su grado de preferencia.

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron aplicando un procedimiento de comparación múltiple de medias para determinar cuáles fueron significativamente diferentes. Para discriminar entre las medias se utilizó el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa Statgraphics Centurion XVI con un nivel de confianza de 95%.

RESULTADOS

Análisis en harinas

Los resultados de CRA y el análisis de viscosidad se muestran en la figura 1. En el caso particular de la CRA, que se observa en la figura 1(a) se observó una tendencia a disminuir a medida que se incrementó el nivel de reemplazo, este comportamiento se presentó en los diferentes cereales utilizados en la suplencia de HT. Los valores más altos se obtuvieron cuando la HT fue sustituida por HS a 2.5 y 5% (70.61 ± 0.14 y 71.54 ± 0.2), respectivamente, incluso mayores al obtenido en HT (69.15 ± 0.06). En lo que se refiere al análisis de viscosidad, la tendencia cuando se analizó la temperatura de empaste, que se observa en la figura 1(b), fue de incrementar a medida que aumentó el nivel de sustitución, esto ocurrió con los tres cereales utilizados en el reemplazo de HT; sin embargo, cuando se utilizó HS a 10% se observaron los valores más altos de este parámetro ($87.6^{\circ}\text{C} \pm 0.57$), muy por encima del obtenido por HT ($69.15^{\circ}\text{C} \pm 0.64$).

Con relación a la viscosidad pico, que se expone en la figura 1(c), aunque se observa una ligera tendencia a incrementar a medida que se aumenta el porcentaje de sustitución (HA, HM o HS), no se observaron diferencias significativas con respecto al valor obtenido en HT ($2245 \text{ cP} \pm 15.56$), excepto cuando se utilizó HS a 2.5% ($2164 \text{ cP} \pm 74.95$) en la sustitución de HT. En lo que respecta a la

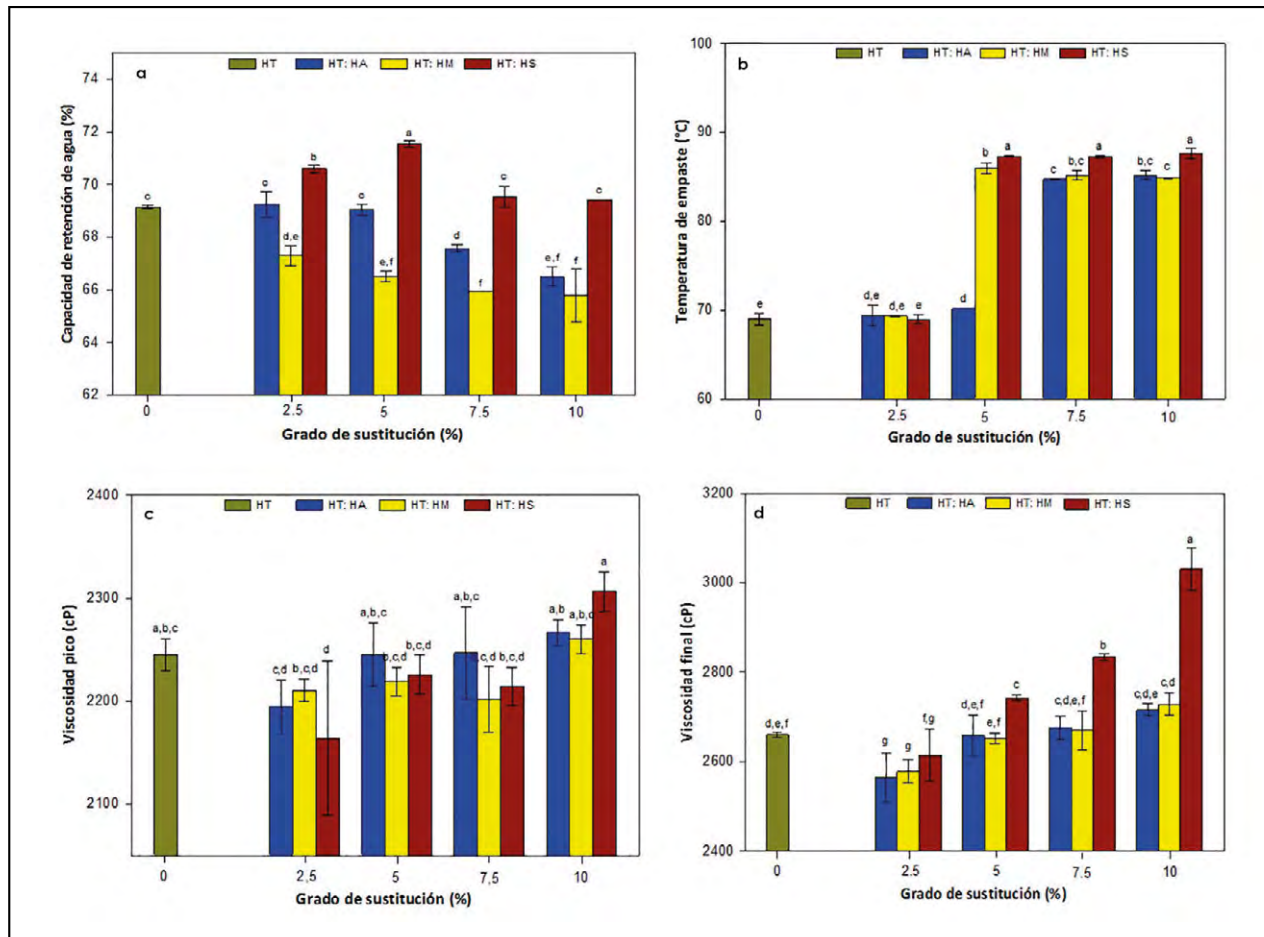


Figura 1. Capacidad de retención de agua (a), temperatura de empaste (b), viscosidad pico (c) y viscosidad final (d) en HT y en HT sustituida con HA, HM y HS en los diferentes porcentajes. Elaboración propia.

viscosidad final que puede consultarse en la figura 1 (d), hay incrementos más pronunciados al aumentar el porcentaje de reemplazo para todos los cereales involucrados; sin embargo, estos incrementos son más evidentes cuando se utiliza HS a 5% ($2742.5 \text{ cP} \pm 6.36$), 7.5% ($2833.5 \text{ cP} \pm 6.35$) o 10% ($3029.5 \text{ cP} \pm 47.38$), y se observan diferencias significativas con respecto al valor obtenido por HT ($2660 \text{ cP} \pm 5.66$).

Determinación de fuerza (F) y volumen de la masa

La figura 2 muestra los resultados de F y volumen de la masa a 1 h de fermentación. En lo que respecta a F, como se observa en la figura 2 (a), hubo diferencias significativas; una disminución importante en este parámetro fue resultado de la sustitución llevada a cabo con HM, mientras que al utilizar HA se aprecia una tendencia a disminuir al incrementar el porcentaje de reemplazo, valores menores fueron obtenidos al utilizar HA, HM y HS en la suplencia de HT con respecto al observado en HT

($0.69 \text{ N} \pm 0.01$); sin embargo, cuando se utilizó HS en la sustitución se observaron incrementos a medida que aumentó el porcentaje de reemplazo, esto fue más evidente al utilizar HS a 10% ($0.61 \text{ N} \pm 0.05$), aun así este valor fue menor al obtenido cuando se analizó HT. En cuanto al volumen de la masa, como puede verse en la figura 2 (b), la sustitución que más benefició a este parámetro fue cuando se utilizó HA en los cuatro diferentes porcentajes, sin mostrar diferencias significativas con la masa obtenida sólo de HT ($136.32 \text{ cm}^3 \pm 4.62$).

Perfil de textura (TPA) del pan

La tabla 1 muestra los valores de dureza (N), elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia que se obtuvieron del análisis de perfil de textura del pan. Se puede apreciar que se evidenciaron diferencias significativas entre las muestras. En relación con dureza, definida como la fuerza necesaria para alcanzar la deformación máxima preestablecida, se

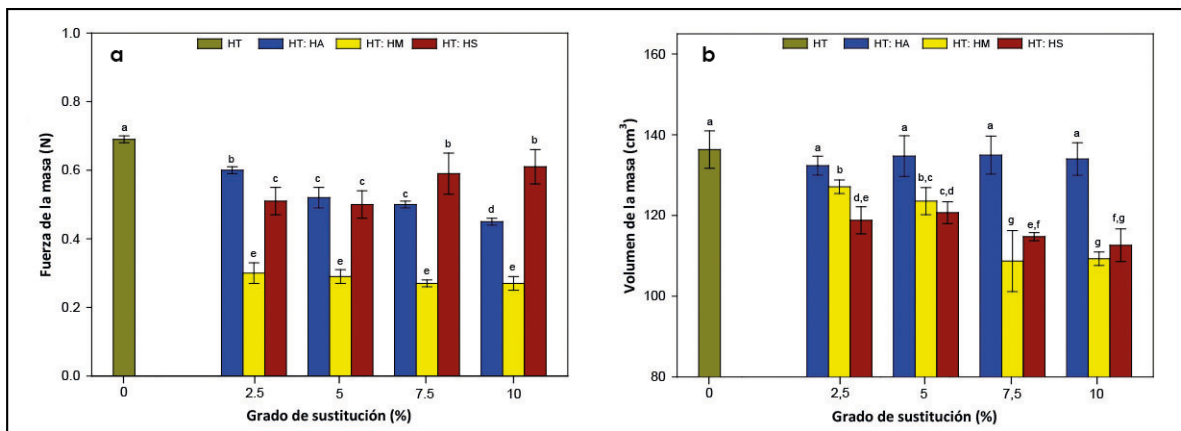


Figura 2. Fuerza de la masa (a) y volumen (b) obtenidos en HT y en HT sustituida con HA, HM y HS en los diferentes porcentajes.

Elaboración propia.

observó que la HT sustituida con sorgo en niveles de 5 (9.39 ± 1.02), 7.5 (9.66 ± 1.44) y 10% (10.51 ± 1.56) mostró valores similares al obtenido por los panes elaborados con la harina HT (9.32 ± 1.02). El resto de las suplencias presentaron valores inferiores a los de HT. En cuanto a elasticidad, la altura registrada por el alimento cuando inició la segunda compresión con respecto a la que tenía inicialmente, no se vio afectada por el nivel de sustitución y el cereal empleado para ello, dado que no se observaron diferencias significativas.

En lo que respecta a cohesividad, relación de áreas originadas en los dos ciclos de compresión, excluyendo la zona de descompresión de cada ciclo, sí se lograron establecer diferencias significativas. Los resultados obtenidos para este parámetro están agrupados dentro de un rango de 0.78 a 0.86. Al observar los resultados cuando la HT (0.81 ± 0.01) fue sustituida con HA, se logró apreciar diferencias significativas solamente en la sustitución de 10% (0.83 ± 0.01), mientras que al ser utilizada HM las diferencias observadas fueron cuando la HT fue cambiada al 5 y 7.5% (0.84 ± 0.01) o 10% (0.86 ± 0.05). Cuando se utilizó HS en la suplencia, las diferencias significativas fueron observadas al emplear 5 o 10% (0.79 ± 0.01) (0.78 ± 0.01) con respecto al pan obtenido solamente de HT.

La gomosidad, definida como el producto de dureza por cohesividad, al igual que la dureza, cuando HT (7.56 ± 0.79) fue sustituida con HS a 5% (7.47 ± 0.76), 7.5% (7.76 ± 1.11) o 10% (8.29 ± 1.10), no se evidenciaron diferencias significativas para este parámetro. Las sustituciones con avena (HA) y maíz (HM) mostraron valores inferiores a los de HT, aquellas en las que HT fue sustituida con HA a 10% ($4.03 \pm$

0.85) o HM a 7.5% (4.01 ± 1.03) fueron los reemplazos que presentaron menores valores. En relación con masticabilidad, definida como el producto de dureza por cohesividad por elasticidad, mostró un comportamiento muy semejante al de dureza y gomosidad, y los valores para las sustituciones con HS al 5, 7.5 y 10%, iguales estadísticamente a los de HT (7.44 ± 0.83), e inferiores estadísticamente a los obtenidos por el resto de sustituciones.

Finalmente, la resiliencia fue el último de los parámetros evaluados. Al analizar el valor obtenido del pan elaborado con HT (0.442 ± 0.01) con respecto al de las suplencias con los diferentes cereales, se logró observar diferencias significativas al utilizar HA en sus diferentes niveles de sustitución, este mismo comportamiento sucedió cuando se utilizó HM, excepto al nivel de sustitución de 2.5% (0.446 ± 0.01). Con respecto a las sustituciones donde se utilizó HS, no se observaron diferencias significativas, los valores obtenidos estuvieron por debajo (0.436 a 0.441) del alcanzado por HT, comportamiento opuesto al observado cuando se empleó HA en los reemplazos.

Análisis sensorial del pan

En la tabla 2 se muestran los resultados del análisis sensorial para cada uno de los panes elaborados y parámetros evaluados. En color verde se muestran aquellos panes cuyo valor no fue estadísticamente diferente del obtenido para los panes elaborados sólo con HT. En azul se muestran los panes con harina sustituida parcialmente por HA y, como se aprecia, sólo los panes con 2.5% y 5% de reemplazo presentaron diferencias en textura al tacto y apreciación general

Tabla 1
Parámetros del análisis de perfil de textura de los panes obtenidos de HT y de HT sustituida con HA, HM y HS

Pan	Dureza (N)	Elasticidad	Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad	Resiliencia
HT	9.32 ± 1.02 a	0.98 ± 0.03 a	0.81 ± 0.01 aef	7.56 ± 0.79 a	7.44 ± 0.83 a	0.442 ± 0.01 adef
HT: HA 2.5%	6.38 ± 1.04 cd	0.94 ± 0.07 a	0.82 ± 0.01 ade	5.22 ± 0.8 cd	4.95 ± 0.97 def	0.451 ± 0.01 bc
HT: HA 5%	6.71 ± 0.78 cd	0.98 ± 0.01 a	0.82 ± 0.01 abc	5.54 ± 0.63 cd	5.45 ± 0.61 de	0.459 ± 0.01 c
HT: HA 7.5%	6.13 ± 0.94 cde	0.97 ± 0.08 a	0.82 ± 0.01 abc	5.05 ± 0.72 cde	4.96 ± 1.02 def	0.452 ± 0.01 bc
HT: HA 10%	4.82 ± 1.04 ef	0.92 ± 0.11 a	0.83 ± 0.01 bc	4.03 ± 0.85 ef	3.74 ± 0.96 g	0.455 ± 0.01 bc
HT: HM 2.5%	7.28 ± 0.8 bc	0.96 ± 0.04 a	0.81 ± 0.01 aef	5.92 ± 0.58 bc	5.73 ± 0.68 cd	0.446 ± 0.01 ade
HT: HM 5%	5.2 ± 1.11 ef	0.95 ± 0.05 a	0.84 ± 0.01 b	4.35 ± 0.89 ef	4.19 ± 0.97 fg	0.452 ± 0.01 bc
HT: HM 7.5%	4.78 ± 1.3 f	0.94 ± 0.06 a	0.84 ± 0.01 b	4.01 ± 1.03 f	3.81 ± 1.11 g	0.459 ± 0.01 c
HT: HM 10%	5.64 ± 0.83 def	0.95 ± 0.05 a	0.86 ± 0.05 d	4.82 ± 0.65 de	4.62 ± 0.76 efg	0.455 ± 0.01 bc
HT: HS 2.5%	8.2 ± 1.14 b	0.98 ± 0.02 a	0.80 ± 0.01 fgh	6.58 ± 0.89 b	6.49 ± 0.94 bc	0.439 ± 0.01 ef
HT: HS 5%	9.39 ± 1.02 a	0.96 ± 0.06 a	0.79 ± 0.01 gh	7.47 ± 0.76 a	7.21 ± 0.95 ab	0.436 ± 0.01 f
HT: HS 7.5%	9.66 ± 1.44 a	0.98 ± 0.02 a	0.80 ± 0.01 fgh	7.76 ± 1.11 a	7.61 ± 1.04 a	0.441 ± 0.01 def
HT: HS 10%	10.51 ± 1.56 a	0.97 ± 0.03 a	0.78 ± 0.01 h	8.29 ± 1.1 a	8.08 ± 1.17 a	0.432 ± 0.01 f

Nota: HT= Harina trigo; HA= Harina avena; HM= Harina maíz; HS= Harina sorgo. N= Newton. El % observado en la tabla indica el grado de sustitución de HT. Medias con letra diferente dentro de la columna expresan diferencias significativas ($p < 0.05$).

Elaboración propia.

respectivamente, en donde los valores obtenidos fueron menores al de los panes elaborados solo con HT. En amarillo se muestran las diferencias cuando la harina sustitutoria fue maíz; sin embargo, como se puede apreciar en la tabla, ningún parámetro y para ningún nivel de sustitución se presentaron diferencias significativas con los panes elaborados con HT. Finalmente, en anaranjado se muestran las diferencias cuando la harina sustitutoria fue procedente de sorgo. Aquí se aprecia que los panes elaborados con esta harina fueron los que presentaron mayores diferencias con respecto a los elaborados con HT, y en todos los casos los valores obtenidos fueron menores al de los panes elaborados solo de HT, excepto cuando se realizó la sustitución de HT al 2.5%.

DISCUSIÓN

En relación con la CRA, estudios realizados por Ram, Dawar, Singh y Shoran (2005) obtuvieron valores de 53.4 a 70.6%, cercano este último al obtenido en nuestro estudio para HT; observaron también que harinas con altos valores de retención de agua y fuerza de gluten intermedia son preferidas para la elaboración de un pan sin levadura consumido en la India (chapati). El tamaño de partícula es uno de

los parámetros más importantes que determinan la CRA. Berton, Scher, Villieras, y Hardy (2002) observaron también que un incremento en almidón dañado podría resultar en aumentos en la CRA. En lo que respecta al incremento en la temperatura de empaste, refleja la limitación del gránulo de almidón a hincharse durante la hidratación, bajo las condiciones de calentamiento y agitación de la prueba, el incremento en enlaces disulfuro dentro de la estructura de las proteínas y la pérdida en la proporción de proteínas solubles asociadas con el almidón pueden retardar el hinchamiento del gránulo; así lo establecen Tadeu Paraginski, Levien Vanier, Berrios, Oliveira, y Cardoso Elias (2014).

La gelatinización completa es un requisito previo esencial para que el cocimiento o empaste sea observado (Batey, 2007). La reducción en el hinchamiento de los gránulos de almidón es indicativo de las bajas viscosidades pico y la disminución en la ruptura de los gránulos de almidón, esto se encuentra en Ktenioudaki et al. (2013). Los gránulos que tienen una alta capacidad de hinchamiento también tienden a tener una alta viscosidad. La velocidad de calentamiento también tiene un efecto importante sobre la viscosidad pico. Estudios realizados por Ktenioudaki et al. (2013),

Tabla 2

Resultados del análisis sensorial realizado al pan elaborado con HT y del pan obtenido de la sustitución de HT con HA, HM y HS

Pan	Color	Aroma	Textura tacto	Apariencia	Sabor	Textura boca	Apreciación general
HT	6.48 ± 1.39 a	5.81 ± 1.59 ab	6.12 ± 1.37 a	6.47 ± 1.28 a	5.78 ± 1.59 ab	4.47 ± 1.85 abc	6.08 ± 1.34 a
HT: HA 2.5%	6.23 ± 1.36 a	5.41 ± 1.76 b	5.60 ± 1.61 abc	6.38 ± 1.41 a	5.19 ± 1.62 bc	4.13 ± 1.65 abc	5.43 ± 1.60 bcd
HT: HA 5%	6.12 ± 1.38 ab	5.63 ± 1.48 ab	5.11 ± 1.72 bcd	6.32 ± 1.61 a	5.14 ± 1.50 bc	4.45 ± 1.88 abc	5.62 ± 1.53 abcd
HT: HA 7.5%	6.21 ± 1.48 a	6.20 ± 1.52 ab	5.81 ± 1.67 ab	6.40 ± 1.58 a	5.16 ± 1.45 bc	4.64 ± 2.06 abc	5.65 ± 1.31 abcd
HT: HA 10%	6.30 ± 1.21 a	5.95 ± 1.18 ab	5.76 ± 1.35 ab	6.22 ± 1.75 a	5.31 ± 1.11 abc	3.98 ± 1.59 bc	5.56 ± 1.25 abcd
HT: HM 2.5%	6.38 ± 1.17 a	5.93 ± 1.58 ab	6.26 ± 1.34 a	6.57 ± 1.22 a	5.95 ± 1.03 ab	4.18 ± 1.89 abc	6.11 ± 1.30 abc
HT: HM 5%	6.35 ± 1.17 a	6.29 ± 1.28 ab	5.84 ± 1.17 ab	6.33 ± 1.32 a	5.77 ± 1.41 ab	4.95 ± 1.73 ab	6.01 ± 1.29 abc
HT: HM 7.5%	6.40 ± 1.29 a	5.82 ± 1.50 ab	5.60 ± 1.43 abc	6.38 ± 1.15 a	5.76 ± 1.31 ab	4.79 ± 2.09 abc	5.75 ± 1.18 abc
HT: HM 10%	6.47 ± 1.21 a	6.31 ± 1.26 a	5.81 ± 1.67 ab	6.53 ± 1.20 a	5.76 ± 1.19 ab	5.21 ± 1.75 a	5.81 ± 1.27 abc
HT: HS 2.5%	6.10 ± 1.51 ab	5.48 ± 1.88 ab	5.96 ± 1.12 ab	6.51 ± 1.09 a	6.15 ± 1.52 a	4.64 ± 2.04 abc	6.29 ± 1.27 a
HT: HS 5%	5.28 ± 1.52 bc	5.61 ± 1.50 ab	5.18 ± 1.50 bcd	5.79 ± 1.34 ab	5.19 ± 1.50 bc	4.88 ± 2.06 abc	5.03 ± 1.56 cd
HT: HS 7.5%	5.02 ± 1.42 c	5.85 ± 1.43 ab	4.78 ± 1.04 cd	4.90 ± 1.51 bc	5.26 ± 1.75 abc	3.76 ± 1.92 c	4.88 ± 1.41 d
HT: HS 10%	4.41 ± 1.97 c	5.45 ± 1.64 ab	4.68 ± 1.36 d	4.65 ± 1.82 c	4.76 ± 1.31 c	4.31 ± 1.90 abc	4.82 ± 1.32 d

Nota: HT = Harina trigo; HA = Harina avena; HM = Harina maíz; HS = Harina sorgo. El % observado en la tabla indica el grado de sustitución de HT. Medias con letra diferente dentro de la columna expresan diferencias significativas ($p < 0.05$). Elaboración propia.

al trabajar en la sustitución de harina de trigo por subproductos alimenticios, reportaron resultados de apelmazamiento final en harina de trigo (3413 cP) mayores al obtenido en nuestro estudio.

Otros estudios realizados por Zaidul, Yamauchi, Kim, Hashimoto y Noda (2007), observaron también incrementos significativos en la viscosidad final cuando aumentaron el nivel de suplencia de harina de trigo con almidón en porcentajes de 10 a 50%. Conclusiones atribuidas a fuertes interacciones entre almidón y proteína y al incremento en enlaces disulfuro que pueden ser responsables de altos valores de viscosidad final son a las que llegaron Tadeu Paraginski et al. (2014) para este parámetro de viscosidad. Las propiedades reológicas de las masas son críticas en la manufactura de alimentos, como se lee en Barak, Mugdil, y Khatkar (2013). La masa exhibe un comportamiento viscoelástico, combinando las propiedades de un fluido viscoso y un sólido elástico. La combinación de harina, agua y levadura juega un papel muy importante que define la estructura y propiedades reológicas de la masa, como lo explican Upadhyay, Ghosal, y Mehra (2012).

En cuanto al análisis de TPA, estudios realizados por López y Goldner (2015) sobre la influencia del almacenamiento en pan elaborado con HT y aislado de proteína de altramuz, utilizaron como control el pan elaborado con HT y observaron resultados de cohesividad de 0.80, muy semejante al encontrado

en el presente trabajo, además de elasticidad de 0.91, gomosidad de 6.2 y masticabilidad de 5.64. Estudios realizados por Verdú et al. (2015) también utilizando como control HT para elaborar pan, obtuvieron valores muy cercanos a los obtenidos para el estudio en cohesividad 0.9 y elasticidad 1.0; sin embargo, no para dureza, 2.92, gomosidad, 2.6 y masticabilidad, 2.6, que fueron valores algo alejados a los obtenidos en nuestro estudio.

En lo que respecta a los panes (figura 3) sometidos al análisis sensorial, si bien para el parámetro aroma y textura en boca no existieron diferencias cuando se



Figura 3. Panes elaborados a partir de harina de trigo sustituida con harina de avena, maíz y sorgo en porcentajes de 2.5, 5, 7.5 y 10%. Fotografía proporcionada por Francisco Vázquez Lara.

utilizó HS en el reemplazo de HT, sí las hubo para el resto de los parámetros, en donde las diferencias más evidentes se observaron cuanto mayor fue el grado de sustitución. Una importante semejanza estadística fue observada en los panes elaborados sólo de HT y en los obtenidos cuando la HT fue sustituida por HA y HM; altos niveles de preferencia en la mayoría de los parámetros analizados por los catadores fueron observados cuando HT fue sustituida por HA, esto mismo sucedió para la sustitución con HM.

CONCLUSIONES

La suplencia de 10% de harina de trigo con la de avena favoreció el volumen de la masa durante la fermentación. La utilización de harina de maíz o avena a 10% generó pan más blando con respecto al obtenido sólo de la de trigo, este último muy semejante al elaborado con la de sorgo a 10%. Los panelistas no observaron diferencias entre el pan elaborado sólo de harina de trigo y los obtenidos con la sustitución de 10% con las de avena o maíz. Los panes con menor calificación fueron los elaborados con harina de sorgo a 10%; sin embargo, dentro de los parámetros analizados, aroma y textura en boca no mostraron diferencias con respecto al resto de los panes.

REFERENCIAS

- American Association of Cereal Chemists. (2000). Methods 56-11, 76-21. *Approved Methods of American Association of Cereal Chemists* (10th ed.). St. Paul, MN, US: American Association of Cereal Chemists.
- Barak, S., Mugdil, D., & Khatkar, B. S. (2013). Relationship of gliadin and glutenin proteins with dough rheology, flour pasting and bread making performance of wheat varieties. *LWT-Food Science and Technology*, *51*(1), 211-217.
- Batey, I. L. (2007). Interpretation of RVA Curves. In G. B. Crosbie, & A. S. Ross (Eds.), *The RVA Handbook* (pp. 19-29). St. Paul, MN: AACC International.
- Berton, B., Scher, J., Villieras, F., & Hardy, J. (2002). Measurement of hydration capacity of wheat flour: Influence of composition and physical characteristics. *Powder Technology*, *128*(2-3), 326-331.
- Dhingra, S., & Jood, S. (2002). Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. *Food Chemistry*, *77*(4), 479-488.
- Haynes, L. C., Bettge, A. D., & Slade, L. (2009). Soft wheat and flour products methods review: Solvent retention capacity equation correction. *Cereal Foods World*, *54*, 174-175.
- Kieffer, R., Wieser, H., Henderson, M. H., & Graveland, A. (1998). Correlations of the breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale. *Journal of Cereal Science*, *27*(1), 53-60.
- Ktenioudaki, A., O'Shea, N., & Gallagher, E. (2013). Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace. *Journal of Food Engineering*, *116*(2), 362-368.
- López, E. P., & Goldner, M. C. (2015). Influence of storage time for the acceptability of bread formulated with lupine protein isolate and added brea gum. *LWT-Food Science and Technology*, *64*(2), 1171-1178.
- Milligan, E. D., Amlie, J. H., Reyes, J., Garcia, A., & Meyer, B. (1981). Processing for production of edible soy flour. *Journal American Oil Chemists' Society*, *58*(3), 331-333.
- Ram, S., Dawar, V., Singh, R. P., & Shoran, J. (2005). Application of solvent retention capacity tests for the prediction of mixing properties of wheat flour. *Journal of Cereal Science*, *42*(2), 261-266.
- Shittu, T. A., Raji, A. O., & Sanni, L. O. (2007). Bread from composite cassava-wheat flour: I. Effect of baking time and temperature on some physical properties of bread loaf. *Food Research International*, *40*(2), 280-290.
- Soleimani Pour Damanab, A. R., Jafary, A., & Rafiee, Sh. (2011). Monitoring the dynamic density of dough during fermentation using digital imaging method. *Journal of Food Engineering*, *107*(2), 8-13.
- Tadeu Paraginski, R., Levien Vanier, N., Berrios, J. J., Oliveira, M., & Cardoso Elías, M. (2014). Physicochemical and pasting properties of maize as affected by storage temperature. *Journal of Stored Products Research*, *59*, 209-214.
- Upadhyay, R., Ghosal, D., & Mehra, A. (2012). Characterization of bread dough: Rheological properties and microstructure. *Journal of Food Engineering*, *109*(1), 104-113.
- Verdú, S., Vásquez, F., Ivorra, E., Sánchez, A. J., Barat, J. M., & Grau, R. (2015). Physicochemical effects of chia (*Salvia hispanica*) seed flour on each wheat bread-making process phase and product storage. *Journal of Cereal Science*, *65*, 67-73.
- Zaidul, I. S. M., Yamauchi, H., Kim, S. J., Hashimoto, N., & Noda, T. (2007). RVA study of mixtures of wheat flour and potato starches with different phosphorus contents. *Food Chemistry*, *102*(4), 1105-1111.

Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales

Development of a San Luis black bean flour pay, with chilacayote jam of high nutritional properties

Esteban Misael Zumaran-Alvarado*; Manuel Juárez-García*✉, José Mancillas-Medina*, Martha Ávila-Ontiveros*, Areli Leyva-Maldonado*

Zumaran-Alvarado, E. M., Juárez-García, M., Mancillas-Medina, J., Ávila-Ontiveros, M., & Leyva-Maldonado, A. (2017). Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 27-33.

RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar un pay a partir de harina de frijol con mermelada de chilacayote. Consistió en el desarrollo de cuatro formulaciones a partir de la sustitución parcial de harina de frijol por una de trigo, de 50:50 (T1), 65:35 (T2), 70:30 (T3) y 75:25 (T4), en mayor proporción la de trigo. Los resultados indicaron por medio de una evaluación sensorial la mejor formulación de acuerdo a los panelistas (T4). A su vez, se compararon el pay experimental y el comercial por medio de una prueba *t* de Student y se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$). El pay experimental (PE) presentó valores en proteína de 6.3%, el comercial (PC) 2.5% y en fibra, el PE 0.9% por 0.3% del PC. Esto indica un producto altamente nutritivo y una alternativa de valor agregado del grano en el estado de Zacatecas.

ABSTRACT

A study was conducted to evaluate a pay from bean flour with chilacayote jam. This was the development

Palabras clave: pay; harina; frijol; evaluación; nutritivo; experimental.

Keywords: pay; flour; beans; evaluation; nutritious; experimental.

Recibido: 9 de agosto de 2016, aceptado: 13 de junio de 2017

* Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte. González Ortega 3, Centro, C. P. 98400, Río Grande, Zacatecas, México. Correo electrónico: misaelza@hotmail.com; juarezttec2011@hotmail.com; jdmancillas@yahoo.com; mavilaontiveros@gmail.com; arelilm@hotmail.com

✉ Autor para correspondencia

of four formulations from the partial substitution of bean flour wheat flour, these were 50:50 (T1), 65:35 (T2), 70:30 (T3) and 75:25 (T4), with higher proportion of wheat flour. The results indicated through sensory evaluation the best formulation according to panelists (T4). In turn, this was compared with the experimental pay under the trade through a Student *t* test and significant differences were observed ($p < 0.05$). The experimental pay (PE) protein showed values in 6.3% and 2.5% for commercial pay (PC), and for fiber PE 0.9% by 0.3% for PC. This indicates a highly nutritious product and an value-added grain alternative in the state of Zacatecas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los estudios referentes al frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) son de suma importancia debido a sus propiedades benéficas y a que se cultiva prácticamente en todo el mundo (EcuRed, 2015; Voysest, 2000). La piel del frijol tiene gran cantidad de flavonoides con poder antioxidante. Los principales componentes del grano son: proteínas (16-30%), fibra (3-8%), glúcidos (55-65%), lípidos (1-5%) y minerales (3-5%) (Rodiño, 2000). De manera adicional a estos compuestos posee elevada cantidad de calcio, hierro y vitaminas tales como la tiamina y el ácido fólico. Dentro del contenido de proteínas del frijol destaca la abundancia de lisina y poco contenido de aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) (Bello Pérez, 2006; Ulloa, Rosas Ulloa, Ramírez Ramírez, & Ulloa Rangel, 2011).

Dentro del grupo de leguminosas de grano para consumo humano podemos considerar a las

habichuelas, frijoles, porotos, alubias, habas y judías como una de las más importantes, ya que su área de cultivo se extiende por los cinco continentes y desde el punto de vista nutricional es una fuente económica de proteínas para la dieta de muchos pueblos (Champ, 2002; Flórez, 2007; Galván-Moreno, & Sagahón-Canales, 2014; Granito, Guinand, Pérez, & Pérez, 2009; Longoria-Cordero & Rivera-Acosta, 2015; Márquez-Rodríguez y López-Aguilar, 2014; Ulloa et al., 2011).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2013) la producción mundial de frijol en el año 2009 fue de 1, 041, 349.90 millones de t; en 2010 aumentó 9.94%, en 2011 hubo un decremento de 45.48%, durante los años 2012 y 2013 incrementó 19.56% la producción del frijol y en 2014 fue de 1, 273, 957 t, con un incremento de 22.3% (SIAP, 2015).

De acuerdo con datos de la FAO el principal productor de frijol a nivel mundial es Brasil, al cierre de 2010 mostró una participación de 16%, 6 en el total de la producción mundial; siguen India (15.9%), Myanmar (10.5%), China (8.9%) y México (5.8%) (FIRA, 2015; SAGARPA, 2010). De acuerdo con la superficie sembrada a nivel nacional destacan los estados de Zacatecas (33.6%), Durango (15.1%), Sinaloa (6.9%), Chihuahua (7%) y Chiapas (6.5%). Asimismo, en el estado de Zacatecas se siembran 596,944 ha, de las cuales se cosechan 541,484, con una producción estimada de 355,882 t y un rendimiento por hectárea de 0.66 t/ha. De las mismas, los distritos de Río Grande, Fresnillo, Zacatecas y Ojo Caliente aportan 98.4%, en donde destaca el primero como principal productor de esta leguminosa con un total de 243,481 t, ya que contribuye con 68.4% de la producción estatal (Longoria-Cordero, & Rivera-Acosta, 2015; SIAP, 2015).

Sin embargo, los productores en México enfrentan diversos problemas, como altos costos de producción y un deterioro continuo de los precios reales del producto (Ayala-Garay, Schwentesius-Rindermann, & Almaguer-Vargas, 2008). Asimismo, SAGARPA (2010) estimó que el consumo nacional de frijol en 2008 se ubicó en 1.2 millones de t. De esta forma, el consumo per cápita de frijol se recuperó en 2008 con respecto a 2007, alcanzó 11 kg al año por persona (FIRA, 2015). El frijol puede servir como un alimento funcional porque contiene una serie de compuestos bioactivos que pueden desempeñar un

papel metabólico en los seres humanos (Paredes-C., Becerra-V., & Tay-U., 2009). De la misma manera, se ha demostrado en diversos estudios que el consumo de frijol disminuye el riesgo de problemas de salud tales como la obesidad, diabetes, enfermedades del corazón incluso el cáncer (Gálvez & Salinas, 2015).

Por otra parte, el chilacayote (*Cucurbita ficifolia*) es un fruto esférico que generalmente se consume como verdura y se usa para preparar dulces regionales, los frutos maduros se utilizan como forraje para ganado y aves de corral (FAO, 2013). También se le puede utilizar como mermelada. En producción nacional de chilacayote destacan el Estado de México (86%) y Morelos (14%) (SIAP, 2015). Los principales componentes del chilacayote son carbohidratos con 6.9%, fibra 0.6%, grasas 0.5% y los principales minerales que contiene son calcio y hierro (FAO, 2013).

De acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-247-SSA1-2008, los tipos de pan que existen son el blanco, de harina integral, dulce, pasta, pastel o panqué y pay, que es el producto elaborado con harina de cereales o galleta molida, azúcares, agua y sal, con o sin leudante, grasas o aceites comestibles, fruta, crema pastelera, ingredientes opcionales y aditivos para alimentos, moldeado en forma de corteza para contener un relleno dulce o salado; puede ser cubierto horneado, frito o congelado.

La elaboración de un pay de harina de frijol negro San Luis (*Phaseolus vulgaris* L.) es razonable desde el punto de vista económico y social para los productores (Juárez-Ibarra, 2011; Longoria-Cordero, & Rivera-Acosta, 2015), principalmente para el estado de Zacatecas, primer lugar como productor de esta leguminosa porque además de dar un valor agregado y obtener mayores ganancias, se ofrece un producto con alto nivel nutrimental y beneficios para la salud.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo con base en la norma oficial mexicana NOM-247-SSA1-2008 en el taller de alimentos del Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte (ITSZN) y en la panificadora La Estrella, empresa comercial propiedad de la familia García Castañeda, ubicada en el municipio de Río Grande, Zacatecas, México. El análisis proximal del pay se realizó en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ).

Obtención de harina de frijol

Se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. Recepción de materia prima.
2. Limpieza del frijol para eliminar impurezas: piedras, polvo y materia extraña.
3. Lavado de grano con agua potable.
4. Secado del grano al sol para eliminar humedad.
5. Molido de grano de frijol en molino eléctrico hasta obtener harina con partículas de 212 micras.
6. Empacado de harina en bolsas de polipapel y almacenamiento a 21 °C. Es recomendable utilizarse lo antes posible para evitar problemas de plagas u hongos.

Elaboración del pay

La elaboración del pay se realizó de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Recepción de materia prima.
2. Pesado de ingredientes. Se pesaron de forma independiente la harina de trigo y la de frijol. Los demás ingredientes fueron pesados de acuerdo con la fórmula.
3. Mezclado homogéneo de los ingredientes.
4. Amasado homogéneo de la harina.
5. Reposado de la masa durante 30 min dentro del refrigerador, para endurecerla y facilitar su manipulación.
6. Moldeado. Se rellenaron los moldes con la masa.
7. Horneado a 180 °C durante 5 min. Después se sacó para añadir encima la mermelada de chilacayote. Se reintrodujo al horno y ahí permaneció durante 10 min más.
8. Enfriado a temperatura ambiente.

Determinaciones

En la evaluación del pay se determinó lo siguiente: las proteínas por el método Kjeldahl, grasas por método Soxhlet de acuerdo a la AOAC (1990), cenizas conforme a la norma mexicana NMX-F-066-S-1978, fibra por el método de digestión NOM-F-90-S-1978, los carbohidratos por diferencia de componentes en el análisis proximal.

Diseño experimental

Para la elaboración del pay se generaron cuatro combinaciones de harina de trigo y frijol, las mismas fueron: 50-50 (T1), 65-35(T2), 70-30(T3) y 75-25%(T4), respectivamente, donde la formulación que tuvo las mejores características (olor, color y textura) fue la elegida (pay experimental) para compararla con el

pay comercial por medio de una *t* de Student para ver si existían diferencias significativas ($p < 0.05$) en el análisis proximal.

Análisis estadístico

El pay experimental se comparó con el comercial desde el punto de vista proximal por medio de *t* de Student para todas las determinaciones y diagnosticar si existían diferencias significativas ($p < 0.05$) mediante los paquetes estadísticos InfoStat (2011), Córdoba, Argentina y Statistica versión 1984-2000, Tulsa, OK, EE. UU., para la elaboración de gráficos del análisis proximal y el análisis estadístico de los datos.

RESULTADOS

En la formulación del pay de harina de frijol con mermelada de chilacayote se evaluaron cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4), de los cuales se decidió descartar los T1, T2 y T3, debido a que no tenían la apariencia y textura deseada. Por ello se tomó en cuenta sólo el T4; que sí cumplió con las características deseadas en cuanto a textura, sabor y color. A su vez, se comparó con el pay comercial en contenido proximal.

El contenido de proteína fue de 6.3% para el pay experimental por 2.4% en el comercial, lo que significa que tiene más del doble de contenido de proteína. Esto pudo deberse al tipo de fuente de origen del nutrimento; también se compararon estadísticamente y se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$). Esto puede encontrarse en la figura 1.

En cuanto al contenido de grasa para el pay experimental se obtuvo un valor de 20.0 ± 0.3 por cada 100 g de muestra; por el contrario, la muestra comercial tuvo 17.3 ± 0.1 , esto significa que el contenido es mayor en el pay experimental; sin embargo, la grasa es vegetal y en la comercial 53.7% es grasa saturada, lo que puede ocasionar un mayor nivel de colesterol en el consumidor, al contrario del pay experimental. También se compararon estadísticamente y se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$), lo cual se observa en la figura 2.

En lo que respecta al contenido de carbohidratos para el pay experimental, el valor fue de 61.8 ± 0.2 g por cada 100 g de muestra; por otra parte, la muestra comercial tuvo 54.2 ± 0.4 g. Esto

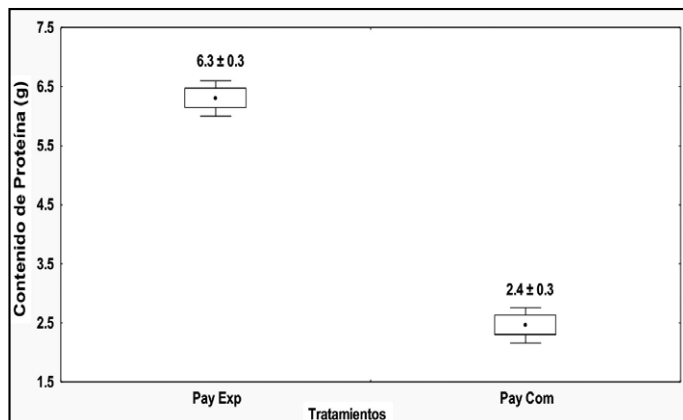


Figura 1. Comparación entre el contenido de proteína del pay experimental y el comercial. Elaboración propia.



Figura 3. Comparación entre el contenido de carbohidratos del pay experimental y el comercial. Elaboración propia.

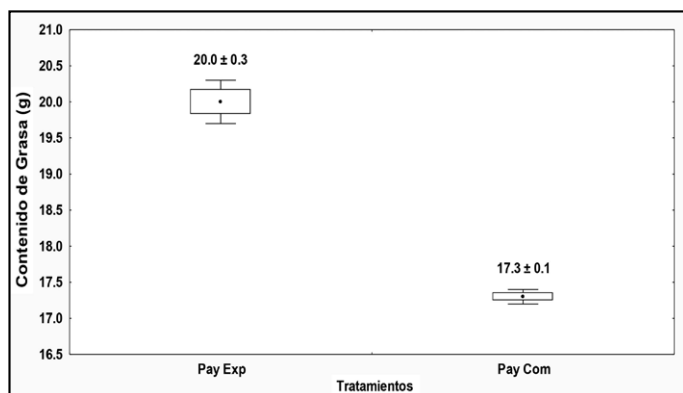


Figura 2. Comparación entre el contenido de grasas del pay experimental y del comercial. Elaboración propia.



Figura 4. Comparación entre el contenido de fibra del pay experimental y el comercial. Elaboración propia.

significa 12.3% más en el experimental. Sin embargo, se encuentra en los límites permitidos (NOM-247-SSA1-2008). Como puede observarse en la figura 3, se realizó una comparación estadística entre ambos tratamientos y se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$).

En el contenido de fibra, el pay experimental presentó 0.9% contra 0.3% del pay comercial, esto significa que es tres veces mayor. La OMS (2015) recomienda una ingesta de 25 a 35 g/d en mayores de 18 años y de 0.5/kg en menores de 10 años; por ello, este pay cubriría de 2.6 a 3.6% de los requerimientos diarios. Asimismo, se realizó una comparación estadística entre ambos preparados y se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en este componente. Esta información puede corroborarse en la figura 4.

DISCUSIÓN

Proteína

León Marrou y Villacorta González (2011) realizaron un trabajo con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) fortificada, en el cual obtuvieron 8.3% de proteína. Los autores determinaron con base en el análisis estadístico de las características físicas y prueba de preferencia. Mousa, Al-Mohizea y Al-Kanhal (1992) compararon la composición química y el valor nutritivo de seis tipos de panes de consumo local en Arabia Saudita (*samouli*, *mafrood*, *burr*, *tannouri*, *tamees* y *korsan*) elaborados con harina de trigo. Los contenidos de proteína oscilaron entre 12.2% (*samouli*) y 13.8% (*korsan*).

Por otra parte, la FAO (2013) menciona que las necesidades de proteínas recomendadas para adultos de 18 años en adelante son de 1. g/kg/d; es decir, si tienen un peso promedio de 65 kg necesitan consumir 65 g de proteína al día. Asimismo, Serrano y Goñi (2004) mencionan que el requerimiento diario de proteína es de 46-50 g para las mujeres (15-50 años) y de 63 g para los hombres (15-50) años.



Figura 5. Pay de frijol con mermelada de chilacayote. Fotografía tomada por los autores.

Grasa

En la investigación que realizaron León Marrou y Villacorta González (2011) obtuvieron 10.1% de grasa. Mousa et al. (1992) compararon la composición química y el valor nutritivo de diferentes tipos de panes de consumo local en Arabia Saudita, mencionados anteriormente. En los mismos, el contenido de grasa fluctuó entre 0.6% (burr) y 3.3% (tamees).

Carbohidratos

En el trabajo de León Marrou y Villacorta González (2011) se obtuvieron los siguientes resultados: 55.1% de carbohidratos con valor energético de 344.8 kcal/100 g. Por otra parte, Mousa et al. (1992) obtuvieron una aportación de 70.8% (Korsan) y 82.3% (mafrood) de carbohidratos. De la misma manera, la FAO (2013) y Pickut (2013) mencionan que la cantidad de carbohidratos que debe incluir la alimentación de cada persona se estima como un porcentaje del total de calorías. Varían entre 45 y 65% del aporte calórico total. Por ejemplo, si se consumen alrededor



Figura 6. Harina de frijol. Fotografía tomada por los autores.

de 2,300 calorías en el día, se deben obtener entre 1,035 y 1,495 calorías de carbohidratos, esto es igual a 259 g y 374 g de carbohidratos (Galván-Moreno, & Sagahón-Canales, 2014; Juárez-Ibarra, 2011; Márquez-Rodríguez, & López-Aguilar, 2014).

Fibra

Si se retoma la investigación de León Marrou y Villacorta González (2011), se tiene que el contenido de fibra por cada 100 g es de 2.7g. La FAO (2013) menciona que por cada 100 g de pan común se encuentra un total de 3.7% de fibra, en pan integral 6.9%, en pan de salvado de avena 13.5%, mientras que para el pan de salvado de trigo hay 44.5% de este componente.

De acuerdo con el Comité de Expertos FAO/OMS la recomendación diaria de fibra dietética total para adultos es de 25g/d. Los expertos en nutrición recientemente han publicado una recomendación de consumo para adultos de 19-50 años, la cual es de 30 g para hombres y de 35 g para mujeres (Juárez-Ibarra, 2011). Datos preliminares de la Encuesta Nacional de Nutrición (ENSANUT) de 2012 (Terrones, 2013) revelaron un consumo de fibra en niños de etapa escolar de 14.1g. Esta cifra no representa ningún aumento comparado con el reportado de 14.0 g de consumo por día. Los autores de este trabajo infieren que los problemas recurrentes de estreñimiento en la edad infantil pueden ser resultado del insuficiente consumo de fibra.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un pay con más del doble de contenido en proteína y tres veces más fibra que el pay comercial (figura 5), en esto radica la importancia y uso de

harina de frijol (figura 6) en este tipo de productos. Esto contribuirá a generar nuevas alternativas y valor agregado para los productores y en especial para los productores de frijol negro.

REFERENCIAS

- Ayala-Garay, A. V., Schwentesius Rindermann, R. E., & Almaguer-Vargas, G. (2008). La competitividad del frijol en México. *El Cotidiano*, 147, 81-89.
- Bello Pérez, S. (2006). *El uso de frijol común (Phaseolus vulgaris) como planta medicinal*. Tesina del Diplomado Medicina tradicional de México y sus plantas medicinales. Tlahui-Medic. Recuperado el 30 de abril de 2010, de <http://www.tlahui.com/medic/medic21/frijol.htm>
- Champ, M. (2002). Grain legumes and health. A workshop in 2001. *Grain Legum*, 35, 13-14.
- EcuRed. Conocimiento con todos y para todos (2015). *Frijol*. [Serie en red]. Recuperado en octubre de 2015, de <http://www.ecured.cu/index.php/Frijol>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2015). *Panorama Agroalimentario. Frijol 2015* [Serie en red]. Recuperado en junio de 2016, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61950/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2015.pdf
- Flórez, A. (2007). *Efectos genéticos, ambientales y de interacción sobre componentes químicos relacionados con el valor sensorial de las judías grano (Phaseolus vulgaris L.)*. Tesis de doctorado. España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Galván-Moreno, M. J., & Sagahón-Candales, E. C. (2014). *Desarrollo de un pan tipo rancharo de harina de frijol (Phaseolus vulgaris L.) de la variedad negro San Luis con alto nivel nutrimental y aceptable sensorialmente*. Tesis profesional. Zacatecas, México: Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte.
- Gálvez, A., & Salinas, G. (2015). El papel del frijol en la salud nutrimental de la población mexicana. *Revista Digital Universitaria*, 16(2). Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art12/>
- Granito, M., Guinand, J., Pérez, D., & Pérez, S. (2009). Valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus vulgaris* procesada: un ingrediente potencial para alimentos. *Interciencia*, 34(1), 64-70.
- Juárez-Ibarra, C. A. (2011). *Desarrollo de una barra de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con propiedades nutritivas y compuestos fitoquímicos*. Tesis profesional. Zacatecas, México: Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte.
- León Marrou, M. E., & Villacorta González, M. Y. (2011). Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortificado. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 244-261.
- Longoria-Cordero, M., & Rivera-Acosta, M. (2015). *Desarrollo de una barra nutritiva de nopal, avena y frijol con relleno de mermelada de manzana de aceptables características sensoriales y alto contenido proteico y fibra*. Tesis profesional. Zacatecas, México: Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte.
- Márquez-Rodríguez, M., & López-Aguilar, N. (2014). *Desarrollo de una barra de maíz, frijol, amaranto y miel con altas propiedades nutricionales y aceptables características sensoriales*. Tesis profesional. Zacatecas, México: Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte.
- Mousa, E. I., Al-Mohizea, I. S., & Al-Kanhal, M. A. (1992). Chemical composition and nutritive value of various breads in Saudi Arabia. *Food Chemistry*, 43(4), 259-264.
- Official Methods of Analysis. (1990). *Procedimiento para determinar materia grasa. Método Soxhlet* (15ª. ed.). EE. UU.: AOAC.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *Necesidades nutricionales* [Serie en red]. Recuperado en mayo de 2015, de www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s03.pdf
- Paredes-C., M., Becerra-V., V., & Tay-U., J. (2009). Inorganic nutritional composition of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes race Chile. *Chilen Journal of Agricultural Research*, 69(4), 486-495.
- Pickut, W. (2013). La ingesta diaria recomendada de calorías, carbohidratos, grasas, sodio y proteínas [Entrada en blog]. EHow en español. Recuperado en abril de 2014, de http://www.ehowenespanol.com/ingesta-diaria-recomendada-calorias-carbohidratos-grasas-sodio-proteinas-sobre_128051/
- Rodiño, P. (2000). Estudio componentes químicos de las judías. *Food Biochemistry*, 18, 297-309.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2010). *Frijol*. Recuperado el 12 de abril de 2010, de <http://www.sagarpa.gob.mx/v1/subagri/info/sp/frijol/prgto.pdf>
- Secretaría de Salubridad y Asistencia. (1978). Norma Mexicana NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. *Diario Oficial de la Federación*, 3 de noviembre de 1978. Recuperado de <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-066-S-1978.PDF>
- _____ (1979). Norma Oficial Mexicana NOM-F-90-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos. *Diario Oficial de la Federación*, 27 de marzo de 1979. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4799842&fecha=27/03/1979
- Secretaría de Salud. (2009). Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas 62 comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. *Diario Oficial de la Federación*, 27 de julio de 2009. Recuperado en febrero de 2015, de dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009
- Serrano, J., & Goñi, I. (2004). Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1), 36-44.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015). *Cierre de la producción agrícola por estado* [Serie en red]. Recuperado en octubre de 2015, de <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Terrones, M. (21 de junio de 2013). La fibra en el ciclo de la vida [Entrada en blog]. *Forbes México*. Gourmet. Recuperado en junio de 2014, de <http://www.forbes.com.mx/sites/la-fibra-en-el-ciclo-de-la-vida/>
- Ulloa, J. A., Rosas Ulloa, P., Ramírez Ramírez, J. C., & Ulloa Rangel, B. E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 3(8), 5-9.
- Voysest, O. (2000). *Mejoramiento genético de frijol (Phaseolus vulgaris L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999*. Publicación 321. Cali, Colombia: CIAT.

Estimación de datos faltantes de precipitación por el método de regresión lineal: Caso de estudio Cuenca Guadalupe, Baja California, México

Estimation rainfall missing values by linear regression method: Case study Guadalupe Basin, Baja California, Mexico

Claudia S. Herrera-Oliva*✉, José R. Campos-Gaytán*,
Fátima M. Carrillo-González**

Herrera-Oliva, C. S., Campos-Gaytán, J. R., & Carrillo-González, F. M. (2017). Estimación de datos faltantes de precipitación por el método de regresión lineal: Caso de estudio Cuenca Guadalupe, Baja California, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 34-44.

RESUMEN

Para completar los datos faltantes en los registros de la precipitación pluvial anual reportados por 13 estaciones climatológicas distribuidas en el área de la Cuenca Guadalupe se realizó un análisis de regresión lineal entre estaciones cercanas. Para determinar la utilidad de la inferencia estadística, se calculó el coeficiente de correlación lineal (r), en todos los casos se obtuvo un alto valor que en promedio fue $\bar{r} = 0.89$, también se calculó la eficiencia estadística (E), la cual en todos los casos analizados sugiere la viabilidad de la inferencia estadística. Como resultado principal de este análisis se presenta una base de datos de precipitación pluvial completa para el periodo 1948-2012.

Palabras clave: Cuenca Guadalupe; precipitación pluvial; completación de datos; análisis de regresión y correlación lineal; inferencia estadística; eficiencia estadística.

Keywords: Guadalupe Basin; rainfall; completion values; regression analysis and linear correlation; statistical inference; efficiency statistics.

Recibido: 12 de enero de 2017, aceptado: 19 de junio de 2017

* Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California. Av. Álvaro Obregón y Julián Carrillo s/n, Colonia Nueva, C. P. 21100, Mexicali, Baja California, México. Correo electrónico: cherrera@uabc.edu.mx; rcampos@uabc.edu.mx

** Departamento de Ciencias Exactas, Universidad de Guadalajara Centro Universitario de la Costa. Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, C. P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México. Correo electrónico: fmacielux@gmail.mx

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

To complete the missing values in the records of the annual rainfall reported by 13 climatological stations distributed in the area of the Guadalupe Basin, an analysis of linear regression between nearby stations was done. In order to determine the convenience of statistical inference, the coefficient of linear correlation (r) was calculated, in all cases a high value was obtained, which on average resulted a $\bar{r} = 0.89$. In addition, the efficiency statistics (E) was calculated, which in all the analyzed cases, suggests the feasibility of statistical inference. As the main result of this analysis a complete precipitation database for the period 1948-2012 is presented.

INTRODUCCIÓN

La precipitación pluvial se considera como la variable principal en los estudios hidrogeológicos, ya que es la fuente fundamental para el cálculo de balances hídricos y la generación de alertas tempranas por riesgo de sequía en la región. En varias investigaciones el punto de partida es la estimación de la lluvia con adecuada resolución espacial y temporal (Luna Romero, & Lavado Casimiro, 2015; Schuurmans, & Bierkens, 2007; Tapiador, Kidd, Levizzani, & Marzano, 2003; Tapiador et al., 2012).

El estado de Baja California, México, se caracteriza por poseer escasos recursos hidráulicos superficiales y una baja precipitación pluvial, sólo en una pequeña porción de su territorio se presentan

lluvias en condiciones normales que varían de 200 a 300 mm al año, mientras en el resto las precipitaciones disminuyen significativamente a 50 mm. Aunado a lo anterior, en las últimas décadas se han incrementado las actividades agrícolas, urbanas e industriales en la región, lo que implica una creciente demanda de agua, por lo que el desarrollo económico de la zona depende de su disponibilidad subterránea (Campos-Gaytán, Kretzschmar, & Herrera-Oliva, 2014).

La Cuenca Guadalupe se ubica al noroeste del estado de Baja California, en ella se localizan dos zonas agrícolas de gran importancia para la economía local. El Valle de Guadalupe se considera como la región productora de vinos más importante en México (Plata Caudillo, 2010) y el Valle de Ojos Negros de productos de agricultura de riego como alfalfa, cebollín, cebolla y sandía, entre otros (Pineda Villa, 2000). Ambos dependen completamente del agua subterránea. Sin embargo, la naturaleza esporádica de las precipitaciones y de la consecuente escasa recarga del acuífero, aunadas a su extracción para la agricultura y abastecimiento de los asentamientos urbanos en los propios valles, así como el suministro para la vecina ciudad de Ensenada, han convergido para crear una crisis en el abasto (Campos-Gaytán, 2008). Dada la complejidad de este problema, es necesario analizar la precipitación pluvial en el área de la cuenca para contribuir al conocimiento de su distribución y disponibilidad, con ello se podrán tomar las medidas necesarias para su mejor aprovechamiento.

Para realizar el análisis de la precipitación se requiere contar con una base de datos continuos, homogéneos y que abarquen el máximo intervalo temporal posible, en este trabajo el periodo de análisis fue de 1948-2012. Lamentablemente la base de datos con que se cuenta presenta importantes huecos de información debidos a la ausencia de lectura, falla del instrumento de registro, error de transcripción, etcétera, lo que limita su análisis y constituye una fuente de error, dado que las conclusiones de cualquier estudio que se realice sobre esos datos serán erróneas.

Existen métodos para efectuar el completado de valores faltantes en una serie pluviométrica. En la guía de prácticas climatológicas de la Organización Meteorológica Mundial, en inglés llamada *World Meteorological Organization* (WMO, 1983) se proponen métodos estadísticos para el relleno de valores faltantes, como regresión lineal, de la razón

y la razón normal, propuestos por Paulhus y Kohler (1952). Alfaro y Pacheco (2000) presentaron un estudio en el que aplican los de regresión, de la razón, de la razón ajustada y de la razón-normal a datos anuales de precipitación y concluyeron que el mejor es el de la regresión múltiple y que las diferencias máximas más altas se dieron con el de la razón.

Young (1992) presenta una modificación al de la razón normal, donde la misma, ponderada, es cambiada por la correlación entre las estaciones, pero Yozgatligil, Aslan, Lyigun y Batmaz (2013) reportaron que el promedio aritmético simple y la correlación entre las estaciones resultan idénticos en algunos casos, si las correlaciones de estaciones de referencia son casi las mismas. McCuen (1998) recomienda el promedio aritmético simple, cuando el valor anual en cada uno de los datos a promediar difiere por lo menos 10%, pero Yozgatligil et al. (2013) presenta estimaciones fiables si la variable no tiene variabilidad espacial y si las estaciones de referencia están altamente correlacionadas.

Aparicio (2011) y Campos Aranda (1998) indican que este método puede emplearse cuando se basa en registros simultáneos de tres estaciones que se encuentren lo más cerca posible a la estación en estudio. Por su simplicidad, porque no requiere de software específico para la estimación, por la bondad y claridad de sus resultados, el método de regresión lineal es uno de los más utilizados para estimar los valores de datos faltantes de precipitación y temperatura (Eischeid, Pasteris, Diaz, Plantico, & Lott, 2000; Hubbard, 2001; Wade, 1987).

DeGaetano, Eggleston y Knapp (1995), Eischeid, Bruse, Karl y Díaz (1995), Kashani y Dinpas-hoh (2012), Kemp, Burnell, Everson y Thomson (1983), Presti, Barca y Passarella (2010), Xia, Fabian, Stohl y Winterhalter (1999), You, Hubbard y Goddard (2008), así como Young (1992) manifiestan que el método de regresión simple es superior entre los tradicionales para las variables temperatura mínima, máxima y precipitación en diferentes condiciones climáticas. Por esta razón en este trabajo se utilizó el de regresión lineal, con el propósito de completar la base de datos de la precipitación pluvial registrada en la Cuenca Guadalupe, y con ello contribuir en la realización de futuras investigaciones en diversas áreas, como son la agronomía, hidrología y climatología de la zona de estudio. Para ello se emplearon los registros de la precipitación anual, reportados por

13 estaciones climatológicas que cubren el área de la cuenca. Para determinar lo conveniente de la inferencia estadística, se calcularon el coeficiente de correlación lineal y la eficiencia estadística.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La Cuenca Guadalupe se localiza en el noroeste del estado de Baja California, aproximadamente a 37 km de la ciudad de Ensenada, entre los paralelos 31° 51' y 32° 15' de latitud norte, y los meridianos 115° 52' y 116° 51' de longitud oeste; colinda al norte con la subcuenca Las Palmas, al sur con las subcuencas Ensenada y Maneadero, al este con la subcuenca Laguna Salada, al oeste con el Océano Pacífico (Beltrán-Gómez, 2001) y cuenta con una superficie total hasta su desembocadura en el mar de aproximadamente 2,400 km² (Hernández-Rosas, & Mejía-Vázquez, 2003), como se puede ver en la figura 1.

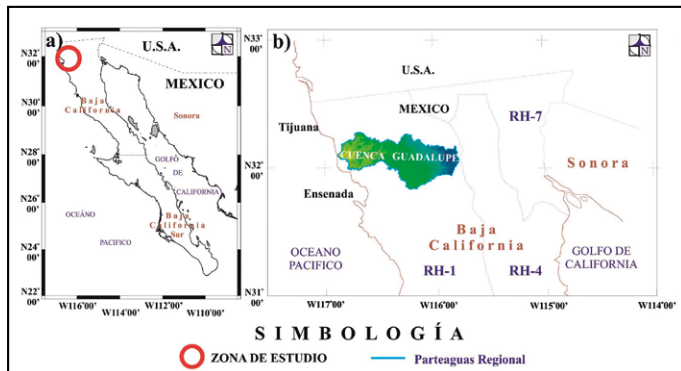


Figura 1. Localización de la zona de estudio: (a) En escala estatal. El círculo marca la zona de estudio. (b) División hidrológica de la parte norte del estado de Baja California y ubicación de la Cuenca Guadalupe. Elaboración propia.

Los escurrimientos superficiales de la Cuenca Guadalupe tienen su origen en la Sierra Juárez, pasan a través de los valles de Ojos Negros y Guadalupe y terminan en el Océano Pacífico a la altura del poblado La Misión (figura 2).

Climatología y base de datos

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1981), el clima en la zona de estudio es semiárido, subtipo moderado, con precipitaciones principalmente en invierno (diciembre a marzo), comúnmente conocido como tipo mediterráneo, que se establece en gran

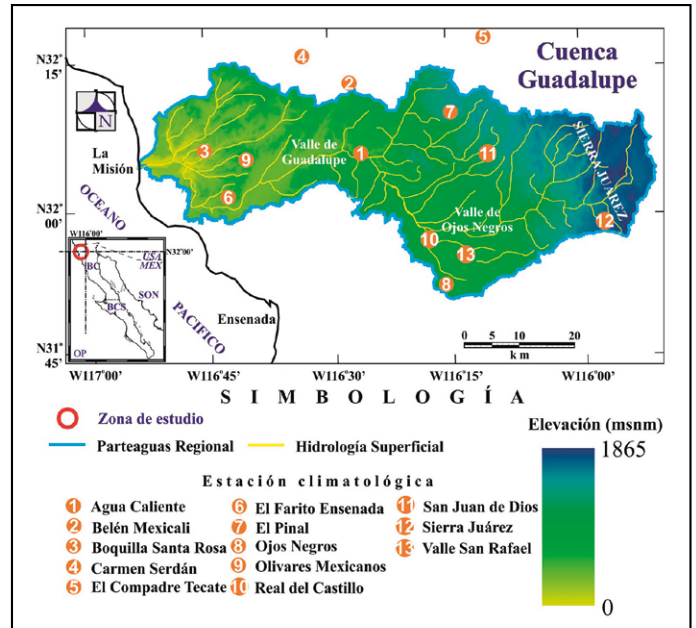


Figura 2. Cuenca Guadalupe: Imagen de la cuenca hidrográfica, la hidrología superficial y las estaciones climatológicas. Elaboración propia.

parte de la costa oeste y norte de Baja California y en la costa del sur de California. La información utilizada en este trabajo es parte del registro de datos monitoreados por las estaciones: 1. Agua Caliente, 2. Belén Mexicali, 3. Boquilla Santa Rosa, 4. Carmen Serdán, 5. El Compadre Tecate, 6. El Farito Ensenada, 7. El Pinal, 8. Ojos Negros, 9. Olivares Mexicanos, 10. Real del Castillo, 11. San Juan de Dios Norte, 12. Sierra Juárez, y 13. Valle de San Rafael, del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III), el cual proporciona información contenida en el banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que se enlistan en la tabla 1.

Con el propósito de identificar la existencia de valores atípicos en las series pluviométricas, se utilizó el diagrama de caja y bigotes para cada una de las series de datos reportados por las 13 estaciones que aparecen en la tabla 1. Del análisis de los diagramas se observó que sólo las estaciones Belén Mexicali, Boquilla Santa Rosa y El Pinal presentaron escasos valores atípicos, aproximadamente 2.0. Dado que el método de regresión lineal requiere series largas para el análisis, se decidió utilizar la serie completa.

Método de correlación lineal

El método de correlación lineal es uno de los más

Tabla 1
Coordenadas de las estaciones climatológicas

No	ESTACIÓN	Coordenadas UTM		
		Norte x	Oeste y	Altitud m.s.n.m.
1	Agua Caliente	551894.33	3551652.39	410
2	Belén Mexicali	548781.00	3551637.00	555
3	Boquilla Santa Rosa	523596.68	3547889.51	40
4	Carmen Serdán	539288.10	3566338.72	455
5	El Compadre Tecate	570190.00	3578090.00	1162
6	El Farito Ensenada	531459.51	3538599.80	250
7	El Pinal	567875.43	3560614.76	1320
8	Ojos Negros	569336.37	3525927.96	720
9	Olivares Mexicanos	531436.63	3546026.32	351
10	Real del Castillo	566155.33	3535107.45	745
11	San Juan de Dios	574728.00	3553956.00	1280
12	Sierra Juárez	599334.00	3541320.00	1545
13	Valle San Rafael	572513.40	3531492.44	721

Nota: Elaboración propia.

utilizados, se recomienda para la estimación de datos mensuales y anuales de la estación en estudio, y los de una pluviométrica cercana, que cuente con una estadística consistente y observada. Para ello se requiere establecer una regresión y correlación lineal entre una estación patrón y la que tenga carencia de datos, mediante una ecuación lineal. Son herramientas estadísticas comúnmente empleadas en hidrología para estimar datos faltantes y ampliar el registro de cierta estación climatológica, con base en la información disponible en las más cercanas. Cuanto más amplio sea el registro o serie de valores observados en otra cercana, mayores serán las estimaciones e inferencias estadísticas basadas en tales datos.

Campos Aranda (1998) menciona que el uso de las herramientas mencionadas es particularmente recomendable para incrementar los registros anuales, ya sea de lluvias, temperaturas o escurrimientos. Sin embargo, debe mencionarse que una de sus principales limitaciones es que tanto la recta de regresión como el coeficiente de correlación no son robustos, en el sentido de que resultan muy afectados por medidas particulares que se alejan mucho de la tendencia general.

El método empleado en el presente trabajo establece que dados dos registros (x_i, y_i) de manera

que x contenga más valores que y , si se desea estimar los valores faltantes de y a partir de los valores de x . Suponiendo que se tienen k parejas de valores (x_i, y_i) y además $(n - k)$ valores de y_i , entonces primero se calcula el coeficiente de correlación (r) de las k parejas definida por la ecuación (1). El coeficiente de correlación está definido en el intervalo $-1 \leq r \leq 1$, que denota una correlación total, cuando adopta el valor de cero se considera que la correlación es nula.

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x^2 S_y^2}} \quad (1)$$

donde:

$$S_{xy} = \frac{1}{N} \sum x_i y_i - (\bar{x})(\bar{y}) \quad (2)$$

$$S_x^2 = \frac{\sum x_i^2}{N} - (\bar{x})^2 \quad (3)$$

$$S_y^2 = \frac{\sum y_i^2}{N} - (\bar{y})^2 \quad (4)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} \quad (5)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{N} \quad (6)$$

Si se toma en cuenta que el valor del coeficiente de correlación (r) se calcula con base en una muestra relativamente pequeña, se considera que es únicamente una estimación del valor poblacional (ρ) y, por tanto, es necesario investigar si existe la posibilidad de que $\rho = 0$. Para ello se emplea el estadístico Z dado por la siguiente expresión:

$$Z = \frac{\sqrt{n-3}}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right) \quad (7)$$

y se compara con el valor de Z_c que tiene distribución normal para cierto nivel de confianza, comúnmente 95%, para el cual $Z_c = 1.645$. Si $Z \geq Z_c$, no hay posibilidad de que (ρ) sea igual a cero y, por tanto, r es significativo a 5%, como lo establece Campos Aranda (1998).

Si el coeficiente de correlación de las k parejas resultó mayor o igual a 0.8, como en Pizarro, González, Witterssheim, Saavedra y Soto (1993), se considera aceptable inferir los $(n - k)$ valores faltantes de y , con una relación lineal definida por la ecuación (8), en la cual los parámetros m y b se evalúan con las k parejas de valores comunes x y y , según las ecuaciones (9) y (10).

$$y = b + mx \quad (8)$$

donde:

$$m = \frac{S_{xy}}{S_x^2} \quad (9)$$

$$b = \bar{y} - m\bar{x} \quad (10)$$

Aun cuando la correlación entre los registros x y y sea alta, es recomendable investigar hasta qué punto es provechoso utilizar el registro más amplio para incrementar el otro, dado que puede suceder que los valores inferidos discrepen mucho de la realidad. La eficiencia estadística (E) ayuda a determinar si mejora el valor medio del registro y , y con ello si conviene hacer la inferencia. Si el valor de (E) resulta mayor que uno, no mejorará en nada el registro de las y_i , en cambio, si (E) es menor que la unidad, convendrá hacer la inferencia de los valores faltantes a partir de las x_i . La eficiencia estadística se calcula con la siguiente expresión contenida en Campos Aranda (1998):

$$E = 1 - r^2 \left(\frac{n-m}{n} \right) + \frac{n-m}{n(m-3)} (1 - r^2) \quad (11)$$

donde:

m = número total de datos de y ; n = número total de datos de x ; r = coeficiente de correlación.

De acuerdo con Cárdenas Montoya (1994), los métodos de regresión no consideran las características físicas y geomorfológicas de las cuencas hidrográficas y sus implicaciones sobre los resultados obtenidos, solo hacen consideraciones estadísticas. No obstante, Allen, Pereira, Raes y Smith (2006) recomiendan que para la aplicación de este método se seleccione una serie de datos con un comportamiento similar, esto es, dentro de la misma área de influencia topoclimática, a la serie que tiene los datos faltantes.

RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente, con objeto de completar los datos faltantes en los registros de precipitación pluvial de 13 estaciones climatológicas distribuidas en el área de la Cuenca Guadalupe, en el presente trabajo se realizó un análisis de regresión lineal entre estaciones cercanas y para determinar la conveniencia de la inferencia estadística, se calcularon el coeficiente de correlación lineal y la eficiencia estadística, tales resultados se presentan a continuación.

En la figura 3 se muestran los diagramas de dispersión de los datos de precipitación reportados por pares de estaciones cercanas y sus correspondientes rectas de regresión. En todos los casos el ajuste lineal posee valores de $m > 0$, lo que sugiere que existe una fuerte correlación positiva entre las variables, a pesar de que las muestras analizadas son pequeñas. En la tabla 2 se presentan los resultados de los parámetros estadísticos que sugieren que es recomendable hacer la inferencia estadística de los datos faltantes mediante el análisis de regresión lineal.

Una vez realizado el ajuste de regresión lineal, es importante disponer de una medida que pondere la bondad del ajuste y permita decidir si el ajuste lineal es suficiente o se deben buscar modelos alternativos. Como medida de bondad del ajuste se utiliza el coeficiente de determinación r^2 , que indica la proporción del ajuste que se ha conseguido con

Tabla 2
Parámetros estadísticos

x_i	y_i	r	r^2	k	$\geq zc$	E
Boquilla Santa Rosa	Agua Caliente	0.90	0.81	23	6.6	0.0999
Agua Caliente	Boquilla Santa Rosa	0.91	0.83	23	6.6	0.0297
El Pinal	Belén Mexicali	0.82	0.67	24	5.3	0.1083
Agua Caliente	Carmen Serdán	0.87	0.76	13	4.2	0.1376
Boquilla Santa Rosa	El Farito Ensenada	0.95	0.90	7	3.7	0.0810
Boquilla Santa Rosa	El Compadre Tecate	0.80	0.64	15	3.8	0.1839
Ojos Negros	El Pinal	0.82	0.67	23	5.1	0.1351
Boquilla Santa Rosa	Olivares Mexicanos	0.90	0.81	33	8.0	0.0219
Agua Caliente	Ojos Negros	1.00	1	33	-----	0.0000
Ojos Negros	Real del Castillo	0.95	0.90	11	5.2	0.0869
Ojos Negros	San Juan de Dios	0.92	0.85	25	7.4	0.0691
San Juan de Dios	Sierra Juárez	0.92	0.85	21	6.7	0.0816
Ojos Negros	Valle San Rafael	0.80	0.64	19	4.39	0.1988

Nota: Estos datos son el resultado del análisis de correlación lineal, eficiencia estadística entre estaciones cercanas. Elaboración propia.

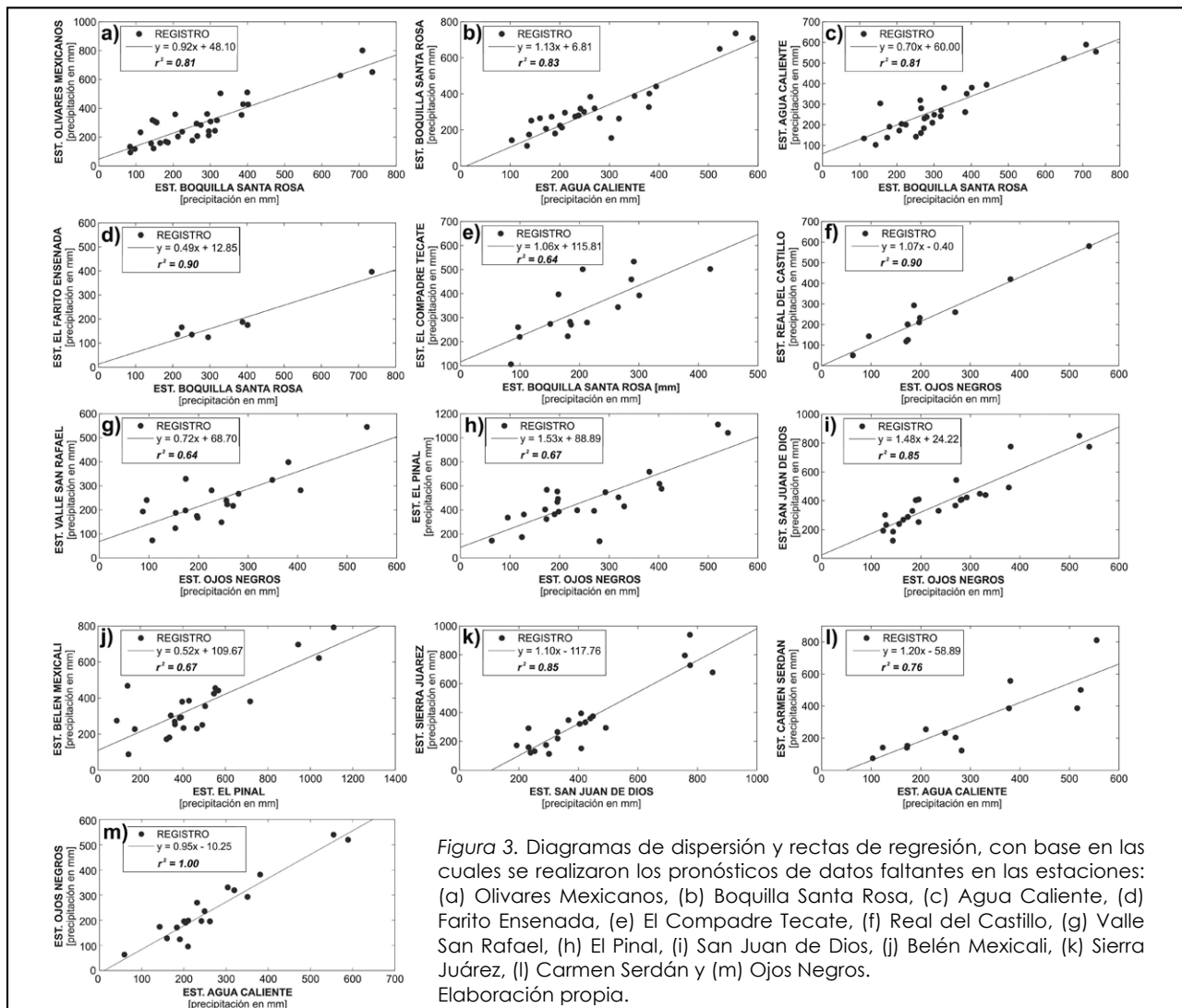


Figura 3. Diagramas de dispersión y rectas de regresión, con base en las cuales se realizaron los pronósticos de datos faltantes en las estaciones: (a) Olivares Mexicanos, (b) Boquilla Santa Rosa, (c) Agua Caliente, (d) Farito Ensenada, (e) El Compadre Tecate, (f) Real del Castillo, (g) Valle San Rafael, (h) El Pinal, (i) San Juan de Dios, (j) Belén Mexicali, (k) Sierra Juárez, (l) Carmen Serdán y (m) Ojos Negros. Elaboración propia.

el modelo lineal. Cuanto más se acerque r^2 a 1, mejor es la estimación.

En la tabla 3 se presentan los datos de la precipitación pluvial anual observada en la Cuenca Guadalupe durante el periodo 1948-2012, monitoreada por las 13 estaciones ya mencionadas; asimismo, se muestran las estimaciones realizadas. Como puede observarse, esta información presenta

importantes huecos de información, en algunas de las estaciones el periodo de registro está por debajo de la mitad del periodo de años analizado en este trabajo, tal es el caso de las estaciones Carmen Serdán, El Compadre Tecate, El Farito Ensenada y Real del Castillo, que tan solo reportan 18, 18, 9 y 11 años, respectivamente, de los 64 años que comprende todo el periodo analizado.

Tabla 3.

Datos completos de la precipitación anual y estimaciones, en la cuenca Guadalupe, en el periodo 1948-2012

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
AÑO	AC	BM	BSR	CS	ECT	EFE	EP	ON	OM	RC	SJ	SJD	VSR
1948	118.3	197.9	83.3	83.1	203.3	52.8	144.0	36.0	83.3	88.7	101.2	77.1	94.6
1949	188.9	237.3	184.2	167.8	282.2	102.3	463.0	244.5	184.2	196.7	300.4	383.6	244.7
1950	129.7	204.3	99.5	96.7	219.4	60.8	231.9	93.5	99.5	106.1	58.5	161.7	136.0
1951	261.1	277.5	287.3	254.5	458.8	152.8	615.8	344.4	287.3	307.0	460.5	530.5	316.7
1952	353.9	329.1	419.8	365.8	502.4	217.7	645.5	363.8	419.8	448.8	491.6	559.0	330.6
1953	118.2	197.9	83.2	83.0	203.2	52.8	231.2	93.0	83.2	88.6	57.7	160.9	135.7
1954	190.1	237.9	185.9	169.3	270.5	103.1	500.3	268.9	163.0	174.0	339.5	419.5	262.3
1955	165.6	224.3	150.9	139.9	273.4	85.9	283.0	126.9	309.1	330.3	112.0	210.8	160.1
1956	119.4	198.5	84.8	84.4	105.8	53.6	190.6	66.5	94.0	100.2	15.2	122.0	116.6
1957	264.0	279.1	291.4	257.9	533.0	154.8	517.7	280.3	360.8	385.7	324.2	405.5	270.5
1958	203.8	245.5	205.4	185.7	501.0	112.6	504.3	271.5	358.2	382.9	474.8	543.6	264.2
1959	127.8	203.2	96.8	94.4	260.0	59.4	309.2	144.0	118.0	125.9	84.4	185.5	172.4
1960	175.4	229.7	164.8	151.6	396.7	92.8	340.7	164.6	159.4	170.2	174.5	268.1	187.2
1961	118.7	198.2	83.9	83.6	203.9	53.1	327.9	156.2	133.5	142.4	421.8	239.0	181.2
1962	161.2	221.8	144.5	134.5	268.2	82.8	367.3	182.0	318.0	339.9	16.3	38.9	199.7
1963	138.5	209.2	112.1	107.3	233.8	66.9	308.6	143.6	233.5	249.4	391.0	123.0	172.1
1964	158.5	220.3	140.7	131.3	264.1	80.9	287.8	130.0	156.5	167.1	159.0	232.2	162.3
1965	339.5	321.1	399.3	348.5	538.3	207.7	666.5	377.5	510.5	545.8	293.6	491.9	340.5
1966	267.1	280.8	295.8	261.6	428.5	156.9	368.9	183.0	241.4	257.9	265.1	329.2	200.5
1967	278.6	287.2	312.3	275.5	446.0	165.0	521.1	282.5	244.2	260.9	394.2	409.0	272.1
1968	163.1	222.9	147.3	136.9	271.1	84.2	287.8	130.0	121.8	129.9	290.6	232.0	162.3
1969	261.7	455.1	384.0	255.2	522.0	200.2	552.6	195.5	354.2	378.6	151.0	409.5	209.5
1970	238.0	303.1	280.6	226.7	412.4	149.5	342.9	215.0	239.3	230.5	174.5	291.0	68.7
1971	160.0	269.4	264.8	133.1	343.6	141.8	361.6	128.0	207.5	221.6	113.6	301.0	160.9
1972	190.5	227.6	180.3	169.7	222.2	100.3	173.5	124.0	169.0	180.4	172.1	192.1	158.0
1973	249.0	379.7	300.5	239.9	392.3	159.2	396.6	235.7	308.5	329.7	219.1	330.0	238.4
1974	204.3	253.5	212.8	186.3	279.3	137.1	362.6	189.8	204.5	218.4	321.0	404.0	205.4
1975	200.4	230.6	224.3	181.6	352.8	166.2	466.3	195.5	237.5	253.7	131.5	252.5	209.5
1976	350.9	424.5	388.0	362.2	526.3	188.3	546.5	292.6	428.5	458.1	331.6	423.0	279.4
1977	319.4	354.6	263.0	324.4	393.8	140.9	505.0	319.0	294.0	314.2	374.0	448.5	298.4
1978	589.2	791.6	709.0	648.2	866.5	359.4	1110.3	519.7	801.1	856.8	677.9	851.0	442.9
1979	304.0	385.0	155.5	305.9	279.8	88.2	428.8	330.5	301.3	322.0	358.9	440.1	306.7
1980	522.7	696.8	649.8	218.4	803.8	330.4	943.2	186.5	626.8	292.5	795.3	757.8	203.0

Continuación de la tabla 3.

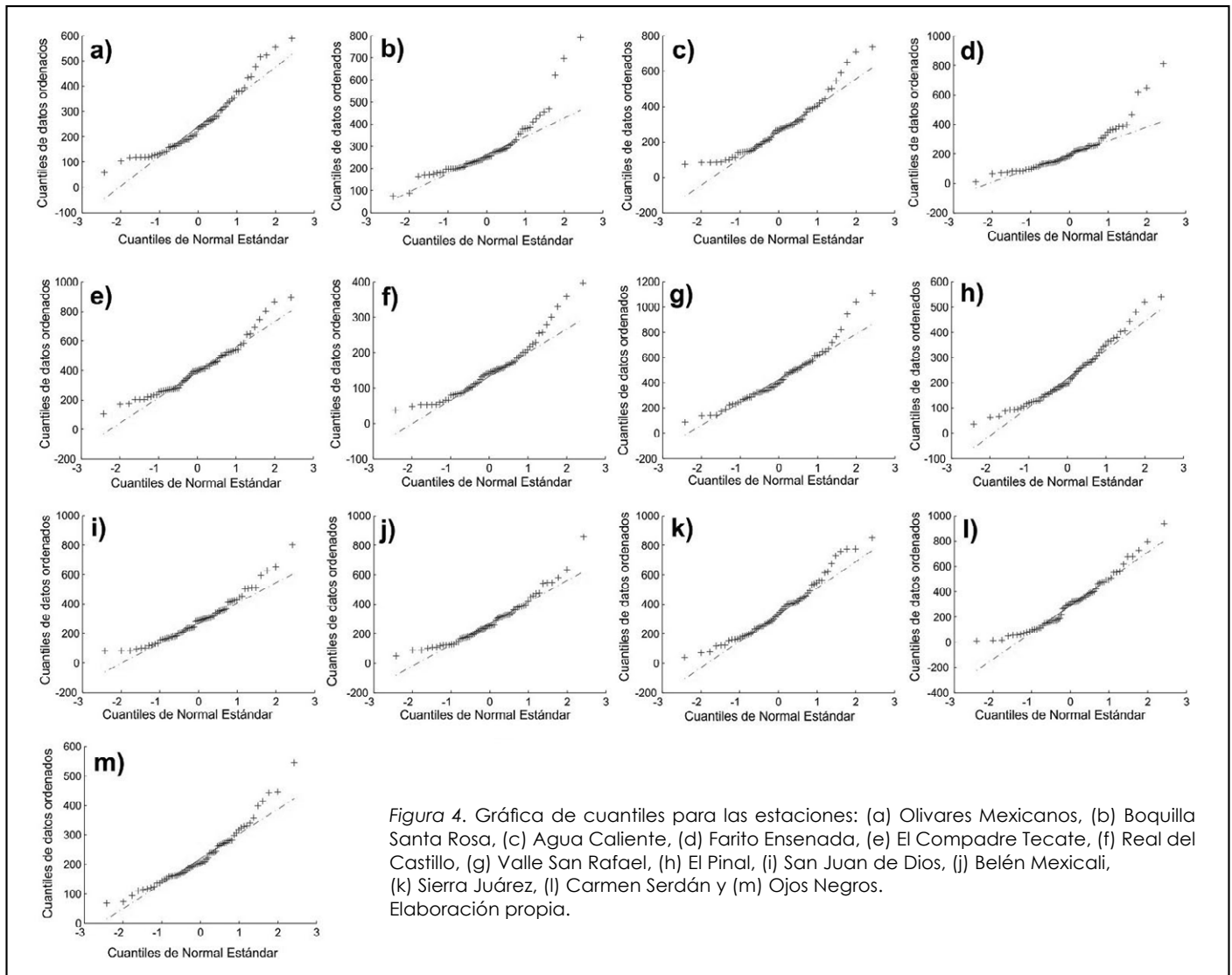
1981	231.1	293.0	274.3	112.1	405.8	146.4	391.6	269.8	283.9	259.3	346.8	366.5	216.9
1982	380.7	381.2	401.5	231.0	540.6	175.8	717.0	381.3	426.6	419.8	727.0	775.6	398.3
1983	554.8	621.7	735.8	810.8	894.9	397.0	1040.7	539.8	651.3	580.1	938.8	774.8	544.7
1984	142.5	171.6	251.5	112.1	381.6	135.6	323.3	173.7	176.3	200.3	476.0	288.0	197.6
1985	241.6	250.7	317.9	231.0	452.0	167.8	491.4	196.8	316.6	209.5	507.7	71.5	174.6
1986	210.3	289.9	295.6	254.8	428.3	124.7	385.3	198.3	212.1	231.5	385.7	315.7	167.6
1987	379.8	441.9	327.2	396.9	461.8	172.3	567.0	174.3	503.4	125.0	187.9	280.4	329.0
1988	209.7	181.3	243.7	192.8	363.4	131.4	336.0	95.5	288.1	142.5	61.7	164.6	240.5
1989	59.0	88.0	73.5	11.9	174.8	48.0	143.7	63.2	82.5	50.1	9.9	117.1	114.2
1990	183.3	233.6	213.9	161.1	330.4	116.8	403.3	170.9	180.5	117.5	182.5	275.4	191.7
1991	306.4	467.9	353.0	308.8	484.5	184.9	139.4	280.8	367.6	393.0	358.6	437.0	267.1
1992	438.1	409.1	501.7	466.8	649.3	257.8	575.7	405.9	510.2	545.5	559.1	621.0	281.4
1993	433.6	74.5	496.7	71.5	643.7	255.4	617.4	401.7	505.3	540.3	552.2	614.7	357.9
1994	249.1	274.5	288.2	232.5	412.7	153.2	88.7	226.4	305.6	326.6	271.4	357.0	281.1
1995	378.0	306.3	433.8	386.3	574.1	224.6	622.6	348.9	445.1	475.9	467.6	537.0	324.5
1996	172.9	199.6	202.1	152.5	317.3	111.0	324.5	154.0	223.1	238.3	155.4	250.6	187.6
1997	282.3	256.5	325.7	123.0	454.3	171.6	483.5	257.9	341.5	365.0	321.9	403.4	222.8
1998	515.7	377.9	589.4	386.5	746.4	300.8	822.8	479.7	594.2	635.4	677.2	729.3	414.1
1999	123.2	173.8	146.0	141.0	255.1	83.5	252.3	106.8	169.3	180.7	79.7	181.2	73.1
2000	172.0	199.1	206.7	140.1	334.1	113.3	323.2	153.2	237.6	253.8	154.0	249.4	123.7
2001	280.5	255.6	265.5	65.0	396.4	142.1	480.9	256.2	291.5	311.5	319.2	400.9	239.4
2002	103.1	163.3	143.1	74.5	170.5	37.7	223.1	87.7	179.3	191.4	49.2	153.1	193.1
2003	270.2	250.2	319.2	203.5	429.0	157.1	465.9	246.4	340.7	364.2	303.5	386.5	148.7
2004	394.4	314.8	441.5	370.5	583.0	228.3	646.5	364.4	452.9	389.5	492.6	559.9	239.7
2005	183.5	205.1	272.8	220.0	404.2	145.7	339.9	164.1	298.2	175.2	171.5	265.4	119.8
2006	137.9	181.4	174.1	144.0	299.5	97.3	273.6	120.8	202.0	128.8	102.1	201.7	110.3
2007	134.0	179.4	111.7	99.5	233.4	66.7	268.0	117.1	101.5	124.8	96.2	196.3	152.6
2008	334.6	283.7	384.8	252.5	522.9	200.6	559.5	307.6	415.1	328.8	401.5	476.4	203.8
2009	117.0	170.5	139.0	223.0	262.3	80.1	243.3	100.9	130.0	107.6	70.3	172.5	143.9
2010	476.6	357.5	545.2	617.5	692.9	279.2	765.9	442.5	412.5	473.1	617.7	674.7	446.2
2011	320.6	276.4	369.0	146.5	506.1	192.8	539.2	294.3	351.5	314.5	554.0	456.9	274.4
2012	240.8	234.9	278.8	230.1	410.6	148.6	423.2	218.5	303.0	233.4	326.0	345.4	165.0

Nota: Estos datos corresponden a la precipitación anual registrada en el periodo 1948-2012 por las estaciones climatológicas: Agua Caliente (AC), Belén Mexicali (BM), Boquilla Santa Rosa (BSR), Carmen Serdán (CS), El Compadre Tecate (ECT), El Farito Ensenada (EFE), El Pinal (EP), Ojos Negros (ON), Olivares Mexicanos (OM), Real del Castillo (RC), Sierra Juárez (SJ), San Juan de Dios (SJD), y Valle San Rafael (VSR). Los datos en redondas corresponden a la precipitación observada y en negritas corresponden a la estimada.
Elaboración propia.

Es importante mencionar que el número de estaciones incluidas en la estimación contribuyó significativamente a la calidad de la misma, dado que, en caso de que la estación vecina no contara con información en el periodo de interés, el número de estaciones incluidas permitió contar con otras estaciones de apoyo para completar los registros. Un ejemplo de esta situación se observa en las estimaciones obtenidas para las estaciones El

Compadre Tecate, San Juan de Dios, Sierra Juárez y Carmen Serdán.

Una de las suposiciones que se hacen al usar regresión lineal es que los valores obtenidos para la variable (y) deben estar distribuidos normalmente. En la figura 4 se muestra el Gráfico Q-Q, en él se representan los cuantiles correspondientes a la distribución Normal estándar versus los cuantiles empíricos obtenidos de los datos ordenados.



DISCUSIÓN

En todos los casos la correlación lineal (r) entre los registros x y y es alta, además en la mayoría de los casos resultó $Z \geq Z_c$, lo que sugiere que no hay posibilidad de que (ρ) sea igual a cero y, por tanto, el coeficiente de correlación r es significativo a 5% de significancia (ver tabla 2). En el caso particular en el que $r = 1$, se indetermina el valor Z , pero el valor de r por sí solo sugiere un alto nivel de confianza en la inferencia de datos faltantes. También puede apreciarse que en todos los casos el valor (E) es menor que la unidad. Por tanto, de acuerdo con los tres criterios, es conveniente hacer la inferencia de los valores faltantes a partir de las X_i .

Para comprobar la calidad de los ajustes, al verificar los supuestos de normalidad, se observó que la mayoría de los casos analizados muestran asimetría hacia la izquierda, lo que sugiere que los datos no se ajustan a una distribución Normal (ver figura 4); no obstante, el coeficiente de determinación observado promedio es $\bar{r}^2 = 0.80$, lo que ratifica la bondad del ajuste.

Por otra parte, se compararon los resultados obtenidos por el método de regresión lineal con los obtenidos por el método de la razón (no mostrados aquí), de esta comparación se observó que las máximas diferencias relativas entre los valores obtenidos por ambos métodos corresponden a las estimaciones para la estación Sierra Juárez y son del orden de 35%, mientras que las estimaciones obte-

nidas para la estación Real del Castillo resultaron idénticas. Para el resto de las estaciones se observaron diferencias relativas promedio del orden de 16%. También se hizo una comparación entre los valores reales y los estimados por ambos métodos, como medida de desempeño se calcularon las diferencias promedio (dp) existentes entre el valor real y estimado y la desviación estándar (sd) de dichas diferencias. Los resultados indican que el valor promedio de sd observado por el método de la razón es 1.5 veces mayor que el observado por el método de regresión.

CONCLUSIONES

Se estimaron los datos faltantes en los registros de la precipitación pluvial anual reportados por 13 estaciones climatológicas distribuidas en el área de la Cuenca Guadalupe en el periodo de 1948-2012 mediante un análisis de regresión lineal, entre estaciones cercanas. Las pruebas estadísticas realizadas; es decir, el coeficiente de correlación lineal promedio ($\bar{r} = 0.89$), y la eficiencia estadística promedio ($\bar{E} \sim 1$), confirman la viabilidad de la

inferencia estadística. El valor promedio observado del coeficiente de determinación $\bar{r}^2 = 0.80$ confirma la bondad de los resultados.

Del contraste entre las estimaciones observadas por el método de regresión lineal y el método de la razón se observó un caso en que las estimaciones resultaron idénticas y en que las mayores diferencias correspondían a las estimaciones para las estaciones más distantes. Para comparar el desempeño de ambos métodos se calcularon las desviaciones estándar de las diferencias promedio entre los valores reales y los valores estimados y resultó que las estimaciones obtenidas por el método de regresión lineal son 1.5 veces mejores que las del método de la razón.

Con base en estos resultados, este trabajo proporciona una base de datos de precipitación pluvial completa, homogénea y estadísticamente confiable para el periodo de análisis (1948-2012), la cual puede ser usada en futuras investigaciones, entre ellas, el análisis del comportamiento del agua superficial y subterránea en la Cuenca Guadalupe.

REFERENCIAS

- Alfaro, R., & Pacheco, R. (2000). Aplicación de algunos métodos de relleno a series anuales de lluvia de diferentes regiones de Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 7(1), 1-20.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo-Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. (Estudio FAO riego y drenaje. N° 56) (pp. 227-240). Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Aparicio, F. J. (2011). *Fundamentos de hidrología de superficie*. D. F., México: Limusa.
- Beltrán-Gómez, L. (2001). *Balance geohidrológico del acuífero BC-07 Valle de Guadalupe, Municipio de Ensenada*. B. C., México: CONAGUA, Gerencia Regional en la Península de Baja California, Subgerencia Regional Técnica.
- Campos Aranda, D. F. (1998). *Procesos del ciclo hidrológico* (3ª ed.). San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería.
- Campos-Gaytán, J. R. (2008). *Simulación del flujo de agua subterránea en el acuífero del Valle de Guadalupe, Baja California, México*. Tesis de Doctorado. B. C., México: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- _____, Kretzschmar, T., & Herrera-Oliva, C. S. (2014). Future groundwater extraction scenarios for an aquifer in a semiarid environment: case study of Guadalupe Valley Aquifer, Baja California, Northwest Mexico. *Environmental monitoring and assessment*, 186(11), 7961-7985.
- Cárdenas Montoya, J. I. (1994). Importancia de los registros hidrológicos en el diseño y proyección de estructuras hidráulicas. Los métodos de regresión (Segunda parte). *Revista de Ingeniería Civil*, 2(1), 50-65.
- DeGaetano, A. T., Eggleston, K. L., & Knapp, W. W. (1995). A method to estimate missing daily maximum and minimum temperature observations. *Journal of Applied Meteorology*, 34(2), 371-380. doi: 10.1175/1520-0450-34.2.371
- Eischeid, J. K., Bruse, B. C., Karl, T. R., & Díaz, H. F. (1995). The quality control of long-term climatological data using objective data analysis. *Journal of Applied Meteorology*, 34(12), 2787-2795.
- Eischeid, J. K., Pasteris, P. A., Diaz, H. F., Plantico, M. S., & Lott, N. J. (2000). Creating a serially complete, national daily time series of temperature and precipitation for the Western United

- States. *Journal of Applied Meteorology*, 39(9), 1580-1591. doi: 10.1175/1520-0450(2000)039<1580:CASCND>2.0.CO;2
- García, E. (1981). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. México: Editorial Larios.
 - Hernández-Rosas, M. T., & Mejía-Vázquez, R. (2003). Relación de aguas superficiales y subterráneas del acuífero BC-07, Valle de Guadalupe, Municipio de Ensenada, Baja California. *XIII Congreso Nacional de Hidráulica*. Ensenada, B. C., México: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia Regional Técnica, Jefatura de Aguas Subterráneas.
 - Hubbard, K. G. (2001). Multiple station quality control procedures. *Automated weather stations for applications in agriculture and water resources management*. High Plains Regional Climate Center, AGM-3 WMO/TD No. 1074. Lincoln, US.
 - Kashani, M. H., & Dinpashoh, Y. (2012). Evaluation of efficiency of different estimation methods for missing climatological data. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 26(1), 59-71.
 - Kemp, W. P., Burnell, D. G., Everson, D. O., & Thomson, A. J. (1983). Estimating missing daily maximum and minimum temperatures. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 22, 1587-1593.
 - Luna Romero, E., & Lavado Casimiro, W. (2015). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la cuenca Jetepeque, Perú. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*, 28(3), 42-52.
 - McCuen, R. H. (1998). *Hydrologic analysis and design*. (3ª. ed.). NJ, US: Prentice-Hall.
 - Paulhus, J. L. H., & Kohler, M. A. (1952). Interpolation of missing precipitation records. *Monthly Weather Review*, 80(8), 129-133.
 - Pineda Villa, A. (2000). *Cambios ambientales y uso sustentable del agua en el valle de Ojos Negros*. B. C., México. Tesis de Maestría. México: Universidad Autónoma de Baja California Unidad Ensenada, Facultad de Ciencias.
 - Plata Caudillo, J. A. (2010). *Aislamiento y evaluación in vitro del efecto de Trichoderma spp. nativas sobre hongos patógenos de la madera de vid aislados en la región vitivinícola de Ensenada, Baja California*. Tesis de Maestría. B. C., México: CICESE.
 - Pizarro, R., González, P., Witterssheim, M., Saavedra, J., & Soto, C. (1993). *Elementos técnicos de hidrología III. Proyecto regional mayor sobre uso y conservación de recursos hídricos en áreas rurales de América latina y el Caribe*. Talca, Chile: Universidad de Talca.
 - Presti, R. L., Barca, E., & Passarella, G. (2010). A methodology for treating missing data applied to daily rainfall data in the Candelaro River Basin (Italy). *Environmental Monitoring and Assessment*, 160(1-4), 1-22.
 - Schuermans, J. M., & Bierkens, M. F. P. (2007). Effect of spatial distribution of daily rainfall on interior catchment response of a distributed hydrological model. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(2), 677-693.
 - Tapiador, F. J., Kidd, C., Levizzani, V., & Marzano, F. (2003). A neural networks-based fusion technique to estimate half-hourly rainfall estimates at 0.1° resolution from satellite passive microwave and infrared data. *Journal of Applied Meteorology*, 43(4), 576-594.
 - Tapiador, F. J., Turk, F. J., Petersen, W., Hou, A. Y., García-Ortega, E., Machado, L. A. T.,... de Castro, M. (2012). Global precipitation measurement: Methods, datasets and applications. *Atmospheric Research*, 104-105, 70-97.
 - Wade, C. G. (1987). A quality control program for surface mesometeorological data. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 4(3), 435-453.
 - World Meteorological Organization. (1983). *Guide to climatological practices (WMO-No100)*. Ginebra, Suiza: Autor.
 - Xia, Y., Fabian, P., Stohl, A., & Winterhalter, M. (1999). Forest climatology: estimation of missing values for Bavaria, Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 96, 131-144.
 - You, J., Hubbard, K. G., & Goddard, S. (2008). Comparison of methods for spatially estimating station temperatures in a quality control system. *International Journal of Climatology*, 28(6), 777-787.
 - Young, K. C. (1992). A three-way model for interpolating monthly precipitation values. *Monthly Weather Review*, 120(11), 2561-2569.
 - Yozgatligil, C., Aslan, S., Iyigun, C., & Batmaz, I. (2013). Comparison of missing value imputation methods in time series: The case of Turkish meteorological data. *Theoretical and Applied Climatology*, 112(12), 143-167.

Herramientas para la enseñanza de la visualización y diseño molecular de metabolitos y macromoléculas

Tools for teaching molecular design and visualization of metabolites and macromolecules

Walter Josué Hernández-Santos*, **, Blanca Estela Barrera-Figueroa*, Francisco Noé Mendoza**, Julián Mario Peña-Castro*✉

Hernández-Santos, W. J., Barrera-Figueroa, B. E., Mendoza, F. N., & Peña-Castro, J. M. (2017). Herramientas para la enseñanza de la visualización y diseño molecular de metabolitos y macromoléculas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 45-51.

RESUMEN

La visualización digital de moléculas y macromoléculas de los sistemas biológicos se utiliza de forma profesional en publicaciones e investigaciones científicas para describir sus propiedades químicas y físicas en tres dimensiones. En el aula, estas herramientas pueden facilitar al estudiante la comprensión de conceptos complejos de la estructura molecular en química y biología. En este trabajo se reporta un curso de visualización molecular digital, su manual (UNPA, s. f.) y una estrategia de implementación dirigida a —y probada con— docentes de nivel medio-superior. Con el uso de paquetes de cómputo y bases de datos profesionales de libre acceso o mediante licencias académicas, se logró ilustrar diversos conceptos de química y biología que se enseñan en los programas educativos de los profesores asistentes. Adicionalmente, mediante una estrategia de investigación, los docentes lograron planear, desarrollar y exponer imágenes autogeneradas de di-

Palabras clave: PyMOL; Marvin; proteínas; enzimas; ácidos nucleicos.

Keywords: PyMOL; Marvin; protein; enzyme; nucleic acids.

Recibido: 15 de noviembre de 2016, **aceptado:** 5 de julio de 2017

* Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan. Av. Circuito Central 200, Colonia Parque Industrial, C. P. 68301, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, México. Correo electrónico: wsantos@ibt.unam.mx; bbarrera@unpa.edu.mx; julianpc@unpa.edu.mx

** Laboratorio de Química Teórica, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan. Av. Circuito Central 200, Colonia Parque Industrial, C. P. 68301, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, México. Correo electrónico: fmendoza@unpa.edu.mx

✉ Autor para correspondencia

ferentes biomoléculas de su interés y útiles para su práctica docente.

ABSTRACT

The digital visualization of molecules and macromolecules from biological systems is professionally employed in scientific research and publications to depict their chemical and physical properties in three dimensions. In the classroom, these tools can help the student to improve his understanding of complex concepts in structural chemistry and biology. In this work, it is reported a molecular visualization course, an accompanying manual (UNPA, s. f.), and an implementation strategy aimed for and tested with pre-university teachers. Using professional software and databases of open access or academically licensed, we assembled demonstrations illustrating a diversity of chemistry and biology concepts commonly reviewed in courses taught by the assistants. Additionally, through a research strategy, the assistants achieved planning, development and exposition of self-generated images of their interest and useful in their teaching practice.

INTRODUCCIÓN

Las proteínas y los ácidos nucleicos son macromoléculas, a través de ellas fluye la información para construir a los seres vivos (Peña-Castro, Gregorio-Ramírez, & Barrera-Figueroa, 2013). En la concepción tridimensional de las macromoléculas está la clave de muchas de sus propiedades químicas y biológicas. Por ejemplo, en el arreglo tridimensional de los residuos de aminoácidos de las proteínas, se puede encontrar el fundamento de su papel como catali-

zadores bioquímicos o como hormonas. En el caso de los ácidos nucleicos, en su tridimensionalidad está codificada su capacidad de almacenar y transmitir información genética.

Dichas moléculas se estudian en todos los programas de educación preparatoria. De tal forma, existe la necesidad de hacer accesibles las herramientas que ayuden en el aula a transitar de las ilustraciones de macromoléculas como objetos en dos dimensiones (figura 1) a 3D, a crear material práctico para comprender la información sobre sus propiedades tridimensionales y a conocer su tamaño en relación con sustratos u otras moléculas.

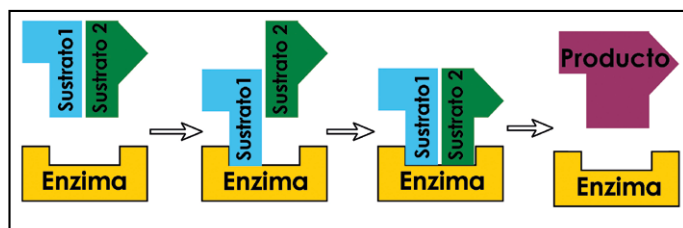


Figura 1. Modelo en dos dimensiones que se utiliza comúnmente en libros de texto para ilustrar una reacción enzimática. Elaboración propia.

Desde hace décadas, los especialistas en biología molecular y bioquímica han desarrollado diferentes modelos físicos para visualizar estructuras e interacciones moleculares nano y femtométricas con fines educativos (Vázquez-Contreras, 2015). Con el advenimiento de herramientas digitales, este objetivo se ha vuelto más sencillo y su empleo en el aula cuenta con una opinión positiva de los maestros y alumnos (Badotti et al., 2014; Vázquez-Contreras, 2015; White, Kahrman, Luberice, & Idleh, 2010). No obstante lo anterior, los manuales de uso de estas herramientas informáticas —en inglés o español— describen las capacidades de los paquetes a una audiencia familiarizada en bioinformática y biología compleja de las moléculas (DeLano, & Bromberg, 2004; Gonçalves de Almeida, 2012; Reyes-Trejo, 2013; Sánchez-Murcia, & Gago-Badenas, 2016), no para alguien que busca una primera aproximación a esta herramienta de enseñanza y que requiere instrucciones detalladas para desarrollar sus materiales, por ejemplo, profesores e instructores preuniversitarios.

En este trabajo se presentan un manual y una estrategia para apoyar al maestro de nivel educativo preparatoria en la enseñanza de las estructuras de las moléculas de la vida en 3D. Mediante el uso de herra-

mientas disponibles en internet, el docente aprenderá a generar sus propias estructuras moleculares de interés y modelarlas en 3D. También será capaz de utilizar modelos de macromoléculas reportados en bases de datos de uso internacional, para destacar en ellas las zonas donde reside su función biológica. Se preparó un manual que incluye instrucciones desde la descarga e instalación de los paquetes informáticos, uso y funciones principales, hasta la explicación bioquímica de las estructuras de las moléculas e indicaciones para lograr visualizaciones que destaquen su principal función en 3D.

Los paquetes bioinformáticos que se usaron son Marvin y PyMOL. El primero permite dibujar y modelar moléculas pequeñas. El segundo, es una herramienta de visualización de estructuras micro y macromoleculares (metabolitos, ácidos nucleicos y proteínas) determinadas experimentalmente por difracción de rayos X o resonancia magnética nuclear. También se explica el uso del servidor I-TASSER que predice estructuras tridimensionales, así como bases de datos que permiten hacer investigaciones originales sobre estructuras químicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Software

Para la edición digital de estructuras químicas y su transformación en archivos de coordenadas 3D se usó el paquete MarvinSketch que pertenece a Marvin Suite (Marvin, 16.3.21). Es un software comercial de la compañía ChemAxon y se puede obtener una versión licenciada sin costo para uso académico por 2 años renovable en su portal (ChemAxon Ltd., s. f.). Para la visualización de la estructura de las moléculas pequeñas y macromoléculas se utilizó PyMOL, un paquete comercial de la compañía Schrödinger LLC, que también cuenta con una licencia sin costo de uso educativo descargable desde su portal (Schrödinger LLC, s. f.). Los detalles de instalación, solicitud de licencias educativas, estructura de la interfaz de usuario, guías paso a paso, y resultados de ejercicios, se encuentran en el manual *Visualización de biomoléculas con herramientas computacionales*, con ISBN 978-607-96428-5-3, descargable en la página de la Universidad del Papaloapan (Hernández-Santos, W. J., Mendoza, N., Barreira-Figueroa, B. E., & Peña-Castro, J. M., 2016).

Bases de datos

A través del portal de internet *Worldwide Protein Data Bank* se empleó la base de datos *Protein Data Bank* (Berman et al., 2000; wwPDB, s. f.) para buscar estruc-

turas tridimensionales de proteínas y de enzimas de interés educativo con base en la guía de actualización solicitada por el Instituto de Estudios de Bachillerato del estado de Oaxaca (IEBO). Desde el PDB se descargaron archivos de coordenadas en formato PDB y la fuente bibliográfica original para desarrollar la enseñanza a través de actividades de investigación dirigida. También se emplearon bases de datos de literatura científica públicas como NCBI (s. f.) y privadas como Scopus (s. f.) y Web of Science (2017) para encontrar reportes técnicos y números de acceso PDB que documenten estructuras involucradas en algún fenómeno de interés del profesor.

Modelado en línea

Para el modelado de proteínas en 3D a partir de una secuencia primaria se utilizó el servidor I-TASSER (Yang et al., 2014; Zhang Lab, 2017), portal académico gratuito bajo registro de usuario que utiliza un algoritmo que supone que pequeñas secuencias de proteínas comparten una estructura tridimensional, busca patrones de semejanza en la proteína problema, los compara con los depositados en PDB (2-7 días) y brinda un modelo que se puede visualizar con PyMOL. Para ilustrar su funcionamiento se utilizó la secuencia de un alfa-amilasa de *Bacillus amyloliquefasciens* (NCBI: JTJG000000000) por ser una enzima con amplias aplicaciones industriales y muchos homólogos reportados en el PDB.

Estrategia de trabajo

El manual se probó en una estrategia de trabajo con un grupo de 26 maestros del IEBO, provenientes de todas las regiones de Oaxaca, en forma de curso de actualización en biología de 30 h (figura 2). La colección de diapositivas que se usó en las sesiones teóricas que se mencionan en la figura 2 se encuentra disponible para descarga en la misma dirección electrónica del manual.

Las actividades se realizaron en un salón de cómputo con computadoras de 2 GB de RAM y procesador Intel Core 2 Duo en entorno Windows XP, con acceso a internet y el auxilio de un proyector digital. El curso comenzó con la instalación de los paquetes de cómputo y la explicación de la importancia y límites de las licencias académicas. Posteriormente, con las moléculas pequeñas se revisaron de forma teórica los conceptos preseleccionados sobre la base del programa de estudios del IEBO (tabla 1). Continuó el uso de Marvin Sketch y la generación de moléculas tridimensionales y ejercicios que se detallan en el manual. El uso de I-TASSER se ilustró por el instructor debido a que sólo se puede hacer una tarea por dirección IP y toma de 2 a 7 d. Se alternaron sesiones teóricas y prácticas para revisar macromoléculas (tabla 1 y figura 2) que se seleccionaron a partir del programa de estudios del IEBO.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:00-9:00	Inauguración de curso.	III. Estructura de biomoléculas. Cristalografía de Rayos X y PDB.org	Visualización digital de macromoléculas: Insulina y Anticuerpo contra cocaína.	IX. Biotecnología molecular.	Evaluación del curso: presentación de macromoléculas seleccionadas.
9:00-10:00	Presentación de Curso y mecanismo de evaluación.	IV. Software PyMOL y RasMOL.	VII. Proteínas de importancia en la salud: Hemoglobina.	Visualización digital: Enzima de restricción EcoRV.	Evaluación del curso: presentación de macromoléculas seleccionadas.
10:00-10:30	I. La biología y las biomoléculas.	Visualización digital de macromoléculas: citocromo C.	Visualización digital de macromoléculas: oxí- y desoxi-hemoglobina.	Sesión de investigación para evaluación.	Evaluación del curso: presentación de macromoléculas seleccionadas.
10:30-11:10	Receso	Receso	Receso	Receso	Receso
11:10-12:00	Instalación de Software para visualización de biomoléculas	V. Importancia biológica de los ácidos nucleicos.	VIII. Una nueva visión de las enzimas como nanomáquinas.	Sesión de investigación para evaluación.	Evaluación del curso por los asistentes y conclusiones.
12:00-13:00	II. Diseño digital de pequeños metabolitos: MARVIN y RasMol	Visualización digital: ADN y ARN.	Visualización digital de macromoléculas: ATP sintasa .	Sesión de investigación para evaluación.	Entrega de calificaciones y reconocimientos.
13:00-14:00	Ejercicios de diseño de metabolitos. (carbohidratos, nucleótidos y aminoácidos).	VI. Proteínas de importancia en la salud: Multicelularidad insulina y anticuerpos.	Visualización digital de macromoléculas: alcohol deshidrogenasa.	Sesión de investigación para evaluación.	Clausura de Curso

Figura 2. Propuesta de estrategia de trabajo de 30 h para el curso con tipo de sesión por color. Amarillo= administrativa formal, azul= teórica impartida por el instructor, rosa= práctica de investigación dirigida por el instructor, naranja= investigación autodirigida por los asistentes, verde= presentación de conocimientos adquiridos y productos finales. Elaboración propia.

Tabla 1

Estructuras moleculares tridimensionales autogeneradas y descargadas que se incluyen en el manual del curso y conceptos en los que pueden emplearse

Nombre de molécula	Identificador en PDB	Conceptos a revisar
<i>Pequeñas moléculas</i>		
Agua	Generado en este trabajo	Electronegatividad, ángulos de enlace, radios atómicos
Carbohidratos (fructosa y glucosa)	Generado en este trabajo	Solubilidad, enlace covalente, química de carbohidratos
Lípidos (ácido linoléico, palmítico y colesterol)	Generado en este trabajo	Solubilidad, doble enlace, moléculas anfipáticas
Transportadores (ATP, NADH, AcCoA y adenina)	Generado en este trabajo	Evolución molecular (núcleo de adenina común), zonas de transporte de energía química, electrones, cadenas carbonadas y adenina
Aminoácidos (20 aminoácidos proteogénicos)	Generado en este trabajo	Grupos R, diversidad química funcional
Metabolitos primarios (ácido cítrico, piruvato y vitamina D)	Generado en este trabajo	Transferencia de átomos de carbono, resonancia
<i>Macromoléculas: ácidos nucleicos</i>		
Ácido desoxirribonucleico	3BSE	Puente de hidrógeno, apareamiento de bases, surco mayor y menor, distancias
Ácido ribonucleico	1YNE	Diferencias químicas entre ARN y ADN, la base uracilo, estructura terciaria del ARN
<i>Macromoléculas: proteínas</i>		
Insulina	4INS	Hormonas, enlace disulfuro, cadenas polipeptídicas
Anticuerpo Ab-cocaína	2AJV	Anticuerpo, interacción proteína-pequeña molécula, hueco de interacción, escalas moleculares
Inmunoglobulina	1IGT	Estructura de los anticuerpos, glicosidación, puentes disulfuro
Desoxi-hemoglobina	2HHB	Proteínas globulares, grupos prostéticos, metales y biología
Oxi hemoglobina	1HHO	Transporte de oxígeno, estados de reducción
Citocromo C	3CYT	Dimensiones de las proteínas, transporte de electrones
EcoRV (contiene una molécula diana de ADN)	1RVA	Tecnología del ADN recombinante, interacción ADN-proteína, catálisis enzimática
Alcohol deshidrogenasa	1ADC	Catálisis enzimática, co-factores, inhibidores enzimáticos, sitio activo
ATP sintasa	1E79	Enzimas multiméricas, nanomáquinas. obtención bioquímica de energía

Nota: Elaboración propia.

RESULTADOS

Finalmente, el curso se evaluó con la presentación frente al grupo de un metabolito generado por el propio asistente y la visualización de las características investigadas de una proteína de su interés. Al final del curso, se aplicó una encuesta anónima en línea (Survey Monkey, 2017) a cada equipo de profesores para saber su conocimiento previo del tema, opinión sobre el potencial futuro del uso de los conocimientos adquiridos y la recepción de sugerencias.

Las moléculas que se seleccionaron para el manual y curso se dividieron en tres grupos (tabla 1): el primero fue agua y metabolitos pequeños (carbohidratos, lípidos, aminoácidos y nucleótidos), el segundo ácidos nucleicos y el tercero proteínas. El grupo de ácidos nucleicos se compuso de cadenas cortas de ácido desoxirribonucleico (ADN) y ribonucleico (ARN); el ADN también se estudia como sustrato de modificación enzimática en la sección de enzimas de restricción. El grupo de proteínas se seleccionó para reflejar sus diversos papeles biológicos como hormonas, anticuerpos, transportadores y enzimas.

Una vez que se revisó el procedimiento para descargar e instalar los paquetes de cómputo y sus licencias académicas se hizo una revisión por el instructor del curso del papel biológico del agua y de las moléculas pequeñas con énfasis en los conceptos detallados en la tabla 1.

Se expuso Marvin Sketch y la generación de las moléculas tridimensionales (tabla 1). La sección de macromoléculas se abordó alternando pequeñas presentaciones con diapositivas que contienen los temas listados en la tabla 1 con los 12 ejercicios paso a paso del manual. Las instrucciones paso a paso fueron de fácil seguimiento por los docentes y les permitieron observar inmediatamente el éxito de sus acciones al comparar sus resultados con los resueltos en el manual. La única sesión que no incluyó práctica del concurrente fue la del uso de I-TASSER por la limitante de que sólo se puede someter una petición a la vez; el tratamiento de esta sesión se detalla en el manual.

Para la sección práctica de moléculas pequeñas los maestros se enfocaron en explorar técnicas que les ayudaran a explicar conceptos generales y estructurales básicos de química orgánica. Para las macromoléculas se abocaron a buscar proteínas de importancia en la nutrición y salud. Con ayuda del manual los presentes lograron producir imágenes diseñadas por ellos en donde se favorecieron la selección de superposiciones de modelos, el uso de la opción de transparencia y el modo *cartoon* (figura 3). Con estos esquemas, se enfocaron en los cuatro niveles de organización estructural de proteínas. Las selecciones de los maestros durante la sesión de investigación dirigida indicaron las necesidades que ellos tienen en el aula, pues reflejaron los temas que imparten en sus programas y pueden ayudar a diseñar nuevos manuales enfocados en estas áreas de interés.

En total se emplearon 8.5 h en sesiones teóricas (42.5%), 8 h (40%) en dirigidas de investigación asistida sobre moléculas descritas en los programas del IEBO y apoyadas por el manual y 3.5 h (17.5%) de investigación de interés del profesor y acompañadas por el instructor a través de las bases de datos bibliográficas en línea (figura 2).

Se realizó una evaluación anónima del curso por parte de los 14 equipos de maestros que indicó que sólo en un equipo había un profesor con conocimiento previo de software para el uso en el

aula (ChemDraw, Perkin Elmer, software comercial). Es decir, 96% de los asistentes nunca había estado en contacto con estas herramientas. De la encuesta también se concluyó que el manual y su implementación tuvieron objetivos claros (excelente, 100%), que la organización temática fue adecuada (excelente, 100%), y que los maestros consideraron que el contenido fue útil para su actualización (excelente 93%, suficiente 7%).

Algunas opiniones de los asistentes fueron:

- Opinión 1: "Que exista en el futuro seguimiento de este curso puesto que es de gran importancia para nuestro desarrollo en la educación media superior y que obtengamos más herramientas de trabajo para el desarrollo de nuestra docencia para el educando."
- Opinión 2: "Los conocimientos que se nos brindaron nos serán de gran utilidad en nuestra práctica docente."
- Opinión 3: "El curso fue excelente ya que fue muy dinámico y novedoso, gracias doctor y ojalá nos dieran otro curso ya que sería en beneficio de los estudiantes."

DISCUSIÓN

Entre las opciones disponibles para diseñar cursos de visualización molecular (Vázquez-Contreras, 2015) se seleccionaron Marvin y PyMOL. Aunque son paquetes de uso profesional en publicaciones científicas, poseen una interfaz de usuario amigable. Ambos funcionaron adecuadamente incluso en equipos de bajo poder de cómputo, por lo que se espera que no sea una limitante en la sala de cómputo escolar.

En el sitio de internet donde se encuentra el manual (UNPA, s. f.) están disponibles presentaciones muestra. También como referencia para el instructor, estos conceptos se encuentran detallados en el libro en línea gratuito *Structure and mechanism in protein science* (Fersht, 1999). El manual del curso es esencial pues contiene guías paso a paso de uso de menús, imágenes de resultados esperados para Marvin y PyMOL, explicaciones biológicas de lo que se visualiza y referencias a los trabajos originales.

Una de las principales fortalezas educativas de los paquetes informáticos de simulación es la de sustituir en el alumno el papel de espectador por uno de participante (Badotti et al., 2014; Vázquez-

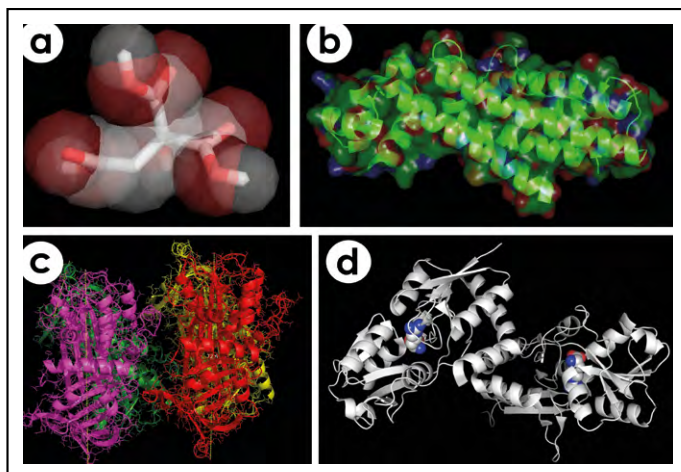


Figura 3. Ejemplos de estructuras generadas en PyMOL como producto final de evaluación. (a) Reconstrucción digital del ácido cítrico, (b) identificación de estructuras secundarias en un factor de transcripción (3G1L) de *Mycobacterium tuberculosis*, (c) identificación de subunidades en la ovoalbúmina de pollo (1OVA), (d) visualización de sitios activos de una proteína de unión a arginina (2Y71) de *M. tuberculosis*. Elaboración propia.

Contreras, 2015; White et al., 2010). Para ello se dedicó 57% del tiempo total a sesiones de práctica e investigación en bases de datos en línea de temas de interés de los docentes. Se explicó el concepto de artículo científico, base bibliográfica y la búsqueda de los números ID en el PDB. Se hizo especial énfasis en el uso del portal educativo del RCSB PDB (s. f.) como una fuente para encontrar temas actuales y archivos PDB asociados.

El curso culminó con una evaluación de dos actividades: a) la exposición de la importancia biológica o aplicada de una molécula pequeña y su modelo tridimensional original generado con Marvin, y b) la investigación de una macromolécula de interés e imágenes originales producidas mediante el uso de PyMOL. Como se observa en la figura 3, los productos desarrollados por los profesores del curso muestran una diversidad de aproximaciones al uso de la visualización molecular. Esto es más relevante si se toma en cuenta que 98% de los concurrentes nunca había empleado estas herramientas.

Este dato confirmó que existe una brecha entre el uso extenso de estas técnicas de diseño y visualización en ambientes científicos profesionales de tiempo completo y el conocimiento de su existencia y aplicabilidad en los maestros de nivel bachillerato. La calidad de los productos de investigación de los

presentes demostró que su preparación profesional en química y biología, en conjunto con el uso del manual y la estrategia de implementación, resultaron óptimas para habilitarlos en el uso de las herramientas presentadas en este estudio.

CONCLUSIONES

El manual de los mecanismos seleccionados y su estrategia de implementación en forma de curso (figura 4) se desarrollaron para hacer accesibles de manera guiada a los asistentes dos paquetes de diseño y visualización molecular (Marvin y PyMOL), bases de datos (PDB, NCBI, Web of Science, Scopus) y un servidor (I-TASSER). Con la implementación del curso pudimos observar que la selección de dichas herramientas permitió al asistente desarrollar imágenes didácticas originales de su interés y útiles para su práctica docente.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Schrödinger LLC y a ChemAxon por su generosa asignación de licencias académicas. A la Vice-Rectoría de la UNPA y al Departamento de Docencia del IEBO por la oportunidad de impartir el curso. A la Lic. Dolores Rivera Nieto y al Ing. Luis Fernando López Castillo por su asistencia técnica.



Figura 4. Profesor de nivel bachillerato utilizando herramientas de visualización molecular para realizar ejercicios de modelos didácticos digitales de proteínas. Fotografía proporcionada por los autores.

REFERENCIAS

- Badotti, F., Barbosa, A. S., Reis, A. L. M., do Valle, I. F., Ambrósio, L., & Bitar, M. (2014). Comparative modeling of proteins: A method for engaging students' interest in bioinformatics tools. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 42(1), 68-78. doi: 10.1002/bmb.20721
- Berman, H. M., Westbrook, J., Feng, Z., Gilliland, G., Bhat, T. N., Weissig, H., ... Bourne, P. E. (2000). The Protein Data Bank. *Nucleic Acids Research*, 28(1), 235-242. doi: 10.1093/nar/28.1.235
- ChemAxon LTD. (s. f.). Download Marvin Suite (software). Recuperado de <http://www.chemaxon.com/download/Marvin-suite/#mbeans>
- DeLano, W. L., & Bromberg, S. (2004). *PyMOL user's guide*. Recuperado de pymol.sourceforge.net/newman/userman.pdf
- Fersht, A. (1999). *Structure and mechanism in protein science: a guide to enzyme catalysis and protein folding*. (2nd ed.). New York, US: W. H. Freeman and Company. Recuperado de <http://www.fersht.com/Structure.html>
- Gonçalves de Almeida, V. M. (2012). Ferramentas para visualização de biomoléculas (PyMOL). Recuperado de www.lbs.dcc.ufmg.br/cvbioinfo/material/PYMOL.pdf
- Hernández-Santos, W. J., Mendoza, N., Barrera-Figueroa, B. E., & Peña-Castro, J. M. (2016). *Visualización de biomoléculas con herramientas computacionales* [Manual]. Oaxaca, México: Universidad del Papaloapan. Recuperado de http://www.unpa.edu.mx/~julianpc/manual_molecular/manual_PyMOL_Marvin_ISBN.pdf
- Marvin (Versión 16.3.21) [Software de computación]. Budapest, Hungary: ChemAxon.
- National Center for Biotechnology Information. (s. f.). [Base de datos]. Recuperado de www.ncbi.nlm.nih.gov
- Peña-Castro, J. M., Gregorio-Ramírez, O., & Barrera-Figueroa, B. E. (2013). Los métodos experimentales que permiten el estudio de las macromoléculas de la vida: historia, fundamentos y perspectivas. *Educación Química*, 24(2), 237-246. doi: 10.1016/S0187-893X(13)72468-6
- RCSB PDB-101 (Educational portal of PDB). (s. f.). Molecular explorations through biology and medicine [Portal]. Recuperado de <https://pdb101.rcsb.org/>
- Reyes-Trejo, L. J. (2013). *Taller Introducción al modelado molecular*. México: UNAM. Recuperado de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Taller_de_Spartan_24109.pdf
- Sánchez-Murcia, P. A., & Gago-Badenas, F. (2016). *Breve introducción al programa de gráficos moleculares PyMOL*. España: Universidad de Alcalá. Recuperado de http://www3.uah.es/farmamol/Public/PDF_files/ManualPyMOL.pdf
- Schrödinger LLC. (s. f.). Registration for educational-use-only PyMOL builds [Formulario de registro]. Schrödinger LLC. Recuperado de <http://PyMOL.org/edu>
- Scopus (s. f.). Document search [Base de datos]. Recuperado de <https://www.scopus.com/home.uri>
- Survey Monkey (2017). [Portal de encuestas en línea]. Recuperado de <https://es.surveymonkey.com/>
- Universidad del Papaloapan. (s. f.). *Index of /~julianpc/manual_molecular* [Base de datos]. Recuperado de http://www.unpa.edu.mx/~julianpc/manual_molecular/
- Vázquez-Contreras, E. (2015). El uso de visualizadores moleculares en la enseñanza de la bioquímica en la UAM Cuajimalpa. En C. R. Jaimez-González, K. S. Miranda-Campos, M. Moranchel-Pocaterra, E. Vázquez-Contreras, & F. Vázquez-Vela (Eds.), *Innovación educativa y apropiación tecnológica: experiencias docentes con el uso de las TIC* (pp. 193-212). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Web of Science (2017). [Base de datos]. Recuperado de webofknowledge.com
- White, B., Kahrman, A., Luberice, L., & Idleh, F. (2010). Evaluation of software for introducing protein structure: Visualization and simulation. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 38(5), 284-289. doi: 10.1002/bmb.20410
- Worldwide Protein Data Bank. (s. f.). [Portal electrónico]. Recuperado de <http://www.pdb.org>
- Yang, J., Yan, R., Roy, A., Xu, D., Poisson, J., & Zhang, Y. (2014). The I-TASSER Suite: protein structure and function prediction. *Nature Methods*, 12, 7-8. doi: 10.1038/nmeth.3213
- Zhang LAB (2017). I-TASSER protein structure & function predictions [Portal de servidor]. MI, US: Zhang Lab. Recuperado de <http://zhanglab.ccmb.med.umich.edu/I-TASSER/>

Costos y rentabilidad de la apicultura a pequeña escala en comunidades mayas del Litoral Centro de Yucatán, México

Cost and profitability of small scale beekeeping in center coast mayan communities of Yucatan, Mexico

Lucely C. Contreras Uc*, Miguel A. Magaña Magaña*✉

Contreras Uc, L. C., & Magaña Magaña, M. A. (2017). Costos y rentabilidad de la apicultura a pequeña escala en comunidades mayas del Litoral Centro de Yucatán, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 52-58.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar y analizar la magnitud y estructura de los componentes relacionados con la rentabilidad del proceso de producción apícola. La información primaria se obtuvo a través de una encuesta por muestreo estadístico estratificado, el marco lista se integró con los productores de nueve localidades del municipio de Motul, considerado representativo de la región Litoral Centro de Yucatán, México. Se encontró que la estructura porcentual de los costos de producción de la miel se compone mayoritariamente por el costo variable, cuyos principales rubros fueron el valor del azúcar y el desembolso por mano de obra. Por su parte, el costo fijo lo constituyó principalmente la depreciación en infraestructura. La ganancia fue positiva en los estratos considerados; el rendimiento y el precio de la miel, determinantes del ingreso, fueron los principales elementos de la variación en la rentabilidad que se obtiene en el proceso de producción apícola.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine and analyze the magnitude and structure of the components

Palabras clave: costos de producción; ingresos; rentabilidad; apicultura; precio de venta.

Keywords: production costs; income; profitability; beekeeping; sale price.

Recibido: 22 de julio de 2016, aceptado: 20 de octubre de 2016

* División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, C. P. 97345, Conkal, Yucatán, México. Correo electrónico: lucelycontreras@gmail.com; drmmagana@gmail.com

✉ Autor para correspondencia

related to the profitability of the beekeeping production process. The primary information was obtained through a survey by statistical stratified sampling, the framework list was integrated with the producers' name that belongs to nine villages of the municipality in Motul, regarded as representative of the Coast Center in Yucatan State, Mexico. It was found that the percentage structure of honey production costs is composed mainly by the variable cost, whose main items were the value of sugar and the disbursement by labor. On the other hand, fixed cost was mainly the depreciation in infrastructure. The gain was positive in the considered strata; the performance and price of honey, determinants of income were the main components of the change in the profitability obtained in the process of beekeeping.

INTRODUCCIÓN

La cría de abeja ha estado presente desde el México prehispánico, en el inicio con la *Melipona beecheii* y a mediados del siglo XX se introdujo la *Apis mellifera ligustica* (Munguía, 1999), con este cambio la actividad adquirió una mayor importancia técnica y económica, ya que los productores adoptaron nuevas formas de manejo, mayor nivel de ingreso monetario y respondieron a la demanda del mercado internacional (Rosales González, & Rubio Herrera, 2010).

En el estado de Yucatán, México, la apicultura se práctica generalmente en unidades de producción a pequeña escala (Magaña Magaña, Aguilar Arrieta, Lara y Lara, & Sanginés García, 2007), la cual proporciona beneficios económicos a los productores (García Gómez, & Meza Ramos, 2012). La rentabilidad que genera es un elemento importante en la estrategia económica y de vida de las familias del me-

dio rural (Pat, Cortés, & Calderón, 2014). Al respecto, Magaña Magaña, Moguel Ordóñez, Sanginés García y Leyva Morales (2012) mencionan que el ingreso por venta de miel, los salarios y el valor de la compra de insumos, equipos y materiales, son los principales rubros del efecto multiplicador del ingreso que genera esta actividad sobre la región. Por su parte, Martínez (2010) expone que en Yucatán la explotación apícola ha generado una industria familiar, lo que ha permitido el arraigo de los productores en sus lugares de origen, debido a que se evita la migración por falta de trabajo.

Esta actividad primaria enfrenta problemas socioeconómicos y técnicos, los cuales han tenido considerables consecuencias en la estructura de los costos y, por ende, en los beneficios económicos (Güemes Ricalde, & Villanueva Gutiérrez, 2002). Entre algunos problemas específicos pueden mencionarse la falta de adopción de tecnologías actuales acorde a las exigencias de inocuidad del mercado; las formas de comercialización, principalmente hacia el exterior, donde solo participan exportadores con un esquema de intermediarismo (Ulloa-Castañeda et al., 2014). Aunado a lo expuesto se encuentra el cambio climático que a su vez ha provocado modificaciones en la temperatura, la precipitación pluvial y la modificación de estaciones, lo que afecta negativamente la producción (Ulloa-Castañeda, Meza-Ramos, Arnaldo-Velázquez, Aguirre-Ortega, & Martínez-Virgen, 2014). Al respecto, Medina-Cuéllar, Portillo-Vázquez, García Álvarez-Coque, Terrazas-González y Alba-Nevárez (2014) mencionan que las fluctuaciones climáticas son en gran parte responsables de la variabilidad interanual del rendimiento de miel, dada su influencia en la fenología tanto de la fuente de néctar como de las abejas. Al variar la producción apícola, la rentabilidad sufre el mismo cambio, esto aun existiendo una tendencia alcista en los precios (Salas, 1988).

El propósito del presente estudio fue estimar y determinar el estado de resultados de la actividad apícola a pequeña escala, con el fin de analizar los componentes asociados al nivel de rentabilidad y contribuir a la escasa literatura existente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información base del presente trabajo se obtuvo mediante una encuesta por muestreo estadístico a productores apícolas del municipio de Motul, considerado como caso de estudio representativo de la

región maya del Litoral Centro de Yucatán, el cual comprendió parte de la anterior zona henequenera. En la encuesta se utilizó una cédula de entrevista con diversos apartados como la tenencia de colmenas, prácticas de manejo, infraestructura e información económica. La muestra preliminar se integró al azar con 30% del marco lista integrado por productores de la cabecera del municipio de interés y de las localidades de Kaxatah, Kiní, Ucí, Santa Teresa, Dzununcán, Santa Cruz Pachón, Kopté y San Pedro Chacabal.

En la estimación de la muestra final de apicultores se empleó la técnica de muestreo estratificado (Scheaffer, Mendenhall, & Ott, 2007) y se consideraron tres categorías: productores que explotaban hasta 25 colmenas, de 26 a 50 y de 51 a 100 colonias. La variable asociada al muestreo, que permitió la estimación de la varianza en la muestra e indica la capacidad de producción fue el número de colmenas y el límite de error de estimación fue 5% del valor de la citada tenencia promedio. La muestra final fue de 55 productores, inferior al de la muestra preliminar. A la primer categoría le correspondió 58 % de la muestra, 28% a la segunda y 14% a la tercera.

La información fue registrada y procesada en una hoja de cálculo del programa Excel. Las principales variables económicas (costos variables, fijos, ingresos, rentabilidad y coeficiente de rentabilidad) se estimaron siguiendo los procedimientos propuestos por Baca Urbina (2010). Para determinar el grado de asociación entre rentabilidad y sus componentes se recurrió a un modelo de regresión lineal múltiple, cuyas variables explicativas fueron los elementos del costo e ingreso. Los parámetros estimados de la misma son los siguientes ($R^2 = 0.96$):

$$\begin{aligned}
 \text{II} = & -1378.07 + 36.26 \text{REND} + 32.50 \text{PM} - 1.14 \text{PA} - 2.16 \text{SJ} - 0.45 \text{DI} \\
 & (-2.19) \quad (40.19) \quad (2.13) \quad (-0.06) \quad (-3.10) \quad (-4.04)
 \end{aligned}$$

Donde:

II =	Rentabilidad por colmena
REND=	Rendimiento de miel por colmena
PM=	Precio de la miel por kg
PA=	Precio del azúcar por kg
SJ=	Salario promedio por jornada
DI=	Valor promedio por colmena de la depreciación de infraestructura

El valor entre paréntesis representa el estadístico t

Tabla 1
Inversión realizada por apiaro

Concepto	Estratos de productores por número de colmenas			Promedio general (\$)
	1 a 25 (\$)	26 a 50 (\$)	50 a 100 (\$)	
Equipo de protección y trabajo	4,673.1	9,590.8	10,797.8	7,082.5
Infraestructura en campo	7,364.1	7,429.3	9,462.1	7,962.2
Total de inversión	12,037.2	17,020.1	20,259.9	15,044.7

Nota: Elaboración propia.

RESULTADOS

Inversiones en infraestructura y equipo

Las unidades de producción apícola del Litoral Centro de Yucatán están integradas por las colmenas tradicionales, con una base o soporte que sostiene los cuerpos, el piso y piquera de madera; cámara de cría con 10 cuadros en su interior; alzas y tapa. La inversión por apiaro se presenta en la tabla 1.

La inversión en infraestructura en campo, que comprende las piletas o bases sobre las cuales se colocan soportes que sostienen las rieles, tubos o maderos con función de tarima, los cubos o cajas para cámara de cría y alzas que se acomodan sobre la citada tarima; tapas, pisos y cuadros, cuyo valor total, a medida que la capacidad productiva del apicultor incrementa, va perdiendo importancia con respecto a la inversión que se realiza en equipo de trabajo y seguridad.

El hecho citado anteriormente se observa a partir del segundo estrato, debido, por ejemplo, a que la calidad del material de los equipos adquiridos, como el de extracción, se relaciona con el nivel tecnológico que se emplea en la unidad de producción apícola, así como con las exigencias de inocuidad que dictan los mercados internacionales. Se observa que el inventario o posesión de equipos complementarios, como extractor, banco desoperculador, embudo, cuchillos, entre otros, presentan un aumento progresivo con el tamaño del apiaro; situación similar exhibe la calidad del material de los mismos.

Estructura del costo de producción

La estructura porcentual de los costos de producción se compone mayoritariamente del costo variable, cuya contribución al total asciende a 76.3% para el primer estrato, 78.3% para el segundo y 81.2% para el tercero; mientras que el costo fijo participa con 23.7%, 21.7% y 18.8% por categoría, en el orden citado ante-

riormente; estos porcentajes evidencian una relación inversa con la capacidad de producción o de tenencia de colmenas por productor.

Con respecto a la participación relativa de las erogaciones en los costos variables del sistema de producción de interés, puede mencionarse que en ellas contribuyen en primera instancia el valor de compra del azúcar (tabla 2), insumo utilizado en esta

Tabla 2
Estructura porcentual del costo de producción por apiaro

Concepto	Estratos de productores por número de colmenas			Promedio general (%)
	1 a 25 (%)	26 a 50 (%)	50 a 100 (%)	
COSTOS VARIABLES:				
Azúcar	36.8	39.3	42.4	38.7
Medicamentos	14.7	14.8	15.8	15.0
Cera	4.7	4.9	4.6	4.7
Mano de obra	24.5	22.8	21.5	23.3
Flete	10.8	9.5	1.9	8.7
Mant. vehículo	7.5	8.6	12.4	8.8
Renta extractor	0.5	0.0	0.0	0.2
Compra reinas	0.5	0.2	1.3	0.5
TOTAL:	76.3	78.3	81.2	77.9
COSTOS FIJOS:				
Deprecia. equipo	22.7	28.8	37.9	27.2
Deprecia. infraest	65.5	51.5	38.5	56.4
Deprecia. vehículo	11.7	19.6	23.6	16.4
TOTAL:	23.7	21.7	18.8	22.1
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	100.0	100.0	100.0	100.0

Nota: Elaboración propia.

región y en otras para proveer a las colonias un alimento artificial; el cual tiene una tendencia progresiva a medida que aumenta el número de colmenas. Este hecho se asocia generalmente a las ineficiencias del manejo alimenticio, ya que se observó que cuando la capacidad instalada aumenta y se carece de otros insumos para la nutrición artificial, se recurre generalmente al azúcar.

El segundo rubro de costos que tiene una participación porcentual de casi una cuarta parte de la estructura del costo variable corresponde al desembolso por mano de obra; el cual presenta una disminución cuando el número de colmenas incrementa, hecho que evidencia el uso eficiente del recurso humano. Por su parte, la erogación realizada en medicamentos, principalmente para el control del ácaro *Varroa destructor*, es el tercer rubro en la estructura del costo variable y su valor porcentual presenta una relación directa con la tenencia de colmenas. En su conjunto, los tres principales rubros de costos variables mencionados anteriormente constituyen 60% del total de la estructura porcentual del costo total de producción.

Con referencia al segundo componente de los costos totales de producción, los costos fijos, se integran en mayor proporción por el valor de la depreciación de infraestructura en campo, seguido por la de los equipos de trabajo y protección. La depreciación de los materiales y la de vehículos presentaron una relación directa con la tenencia de colmenas; ocurre lo opuesto con la depreciación de infraestructura.

Ingresos y rentabilidad

El estado de resultados del proceso productivo y su correspondiente análisis es una herramienta que

facilita la objetiva y oportuna toma de decisiones con respecto a las actividades agropecuarias, donde la producción está supeditada a factores de diversa índole. El ingreso de los apicultores de las comunidades mayas está determinado principalmente por el valor obtenido de la venta de miel. En menor proporción, en esta variable se consideró el valor obtenido por la venta de otros productos de la colmena. Los ingresos por apiario ascienden a 20,096.9 pesos para el primer estrato, 38,187.1 pesos y \$40,020.6 para el segundo y tercer estrato (tabla 3); la participación relativa de la miel en dicho agregado fue de 99.5%.

Por su parte, se encontró que los precios de venta de miel por kg se diferencian según el tipo de floración predominante de cuyo néctar es extraído el dulce; así, para la floración del tajonal (*Vigueira dentata*) y el tzizilché (*Gymnopodium floribundum*) fue de 40.00 pesos, para el jabín (*Piscidia piscipula*) de 38.00 pesos, para las enredaderas de 36.00 pesos y para el tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) tal valor fue de 34.00 pesos. El precio promedio ponderado se estimó en 38.40 pesos. Es importante mencionar que las estimaciones están regidas por los intermediarios locales, quienes supeditan la compra e imponen las condiciones de la misma.

En cuanto a la ganancia obtenida del proceso de producción apícola, se obtuvo un saldo positivo; es decir, los costos totales de producción fueron menores al ingreso obtenido por la venta de miel y cera. El superávit promedio en los tres estratos fue de 16,723.7 pesos; lo anterior se refleja en el coeficiente de rentabilidad, el cual tuvo un promedio de 28.6%. Por su parte, la rentabilidad y su coeficiente siguen un comportamiento directo con la tenencia de colmenas (tabla 3), lo que evidencia un uso eficiente de los recursos al aumentar la capacidad de producción.

Tabla 3
Costo de producción y rentabilidad de la actividad apícola por apiario

Concepto	Estratos de productores por número de colmenas			Promedio General
	1 a 25	26 a 50	50 a 100	
Colmenas/apiario	15.1	23.7	25.8	20.7
Costo tot. de prod (\$)	8,896.4	14,663.6	14,113.4	11,247.5
Total de ingresos (\$)	20,096.9	38,187.1	40,020.6	27,971.2
Rentabilidad (\$)	11,200.5	23,523.5	25,907.2	16,723.7
Coef. rentabilidad (%)	26.3	30.6	33.8	28.6

Nota: Elaboración propia.

Lo anterior contrasta con la tendencia que siguen los costos de producción con respecto al tamaño de la explotación.

Con relación a la influencia que ejercen las variables rendimiento, precio de la miel, costo del azúcar, salario por jornada y valor de la depreciación de infraestructura sobre la rentabilidad, se encontró con base en los parámetros estimados de la regresión lineal múltiple, que la variable rendimiento explica una variación positiva de 36.26 pesos en la rentabilidad al cambiar en una unidad (kg/colmena). Esta variable resultó la de mayor influencia sobre la rentabilidad.

La segunda variable que ejerce una influencia considerable sobre la rentabilidad es el precio de la miel, ya que al variar la misma en una unidad (\$) la rentabilidad varía positivamente en 32.5 pesos. Por su parte, el precio del azúcar, el salario por jornada y el valor de la depreciación ejercen una limitada e inversa influencia sobre la rentabilidad. Así, al variar la primera variable en una unidad (\$) la disminución de la rentabilidad es de 1.14 pesos; mientras que la variación en una unidad (\$) en el valor del salario por jornada ocasiona un decremento de 3.1 pesos en la variable dependiente. Para la tercera variable, el valor de la depreciación de infraestructura, se determinó que una variación en la misma de una unidad (\$) disminuye en 4.04 pesos la rentabilidad.

La evidencia proporcionada por el modelo de regresión lineal múltiple sugiere que las variables rendimiento por colmena y precio de la miel, principales factores determinantes del ingreso, resultaron ser las variables que explican los mayores cambios en la rentabilidad de la actividad apícola.

DISCUSIÓN

Dolores-Mijangos (2014) reportó que en la región húmeda del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México, la inversión en infraestructura productiva y equipos por colmena fue en promedio 1,248.9 pesos para productores con 23 y 105 colmenas; lo cual fue similar a lo que se estimó en las comunidades mayas del Litoral Centro de Yucatán, donde el promedio general de inversión por colmena fue de 1,201.3 pesos.

Magaña Magaña et al. (2007) encontraron que el nivel del costo de producción de 1 kg de miel evidencia una relación inversa con el número de colmenas en posesión, lo cual fue similar a lo hallado en el presente estudio, ya que para el primer estrato

de productores el costo total de producción por kilogramo de miel fue de 19.7 pesos. Para el segundo fue de 16.6 pesos, mientras que para el tercero, de 14.4. La citada relación inversa obedece principalmente al uso más eficiente de los insumos y factores de la producción, así como de los activos fijos.

Con relación a la estructura del costo de producción, Ichazo, Kaegi, Salas y Sanabria (1991) en Honduras encontraron que el costo fijo representa 40% de tal estructura, mientras que en Oaxaca, Dolores-Mijangos (2014), encontró que los costos variables tienen una participación de 65.4% y 73.0% en la estructura de los costos para productores con 23 y 105 colmenas en promedio, respectivamente. Lo encontrado por dichos autores fue similar a lo estimado en las comunidades del Litoral Centro de Yucatán. Por su parte, Ulloa et al. (2014) reportaron para los productores de Nayarit que los costos fijos representaron en promedio 67% y 80% de la estructura de los costos de producción, por lo que el costo variable fue menor, lo cual difiere con lo encontrado en el estudio; esta diferencia obedece a la limitada tenencia de equipos, instalaciones y vehículos por parte de los apicultores del Litoral Centro de Yucatán, cuya disponibilidad de activos fijos se asocia al bajo nivel tecnológico.

En Argentina, Ulmer, Travadelo, Caporgno y Castignani (2011) reportaron que el valor de venta de miel representó alrededor de 82% en el ingreso total de los productores; la venta de otros productos de la colmena tales como núcleos, cera, celdas reales y reinas, complementan dicho rubro. Con esto los productores intentaron mejorar los indicadores económicos y financieros de la empresa. Los resultados anteriores son coincidentes en parte con lo encontrado en las comunidades mayas del Litoral Centro de Yucatán (figura 1), donde lo similar fue que la miel representó el producto que contribuyó en mayor medida al ingreso y la diferencia está en la escasa diversificación, ya que por lo general se obtiene un segundo producto de la colmena, la cera.

En Guatemala, Molina Reyes (2010) halló que los precios de venta, así como las condiciones de mercado y otros factores económicos son fijados por los intermediarios, por lo cual los apicultores no reciben valores significativos que aumenten su rentabilidad. Lo mencionado por dicho autor concuerda con lo encontrado en el estudio, circunstancia que repercute sobre el nivel de los ingresos.



Figura 1. Apicultores en revisión de colmenas previa a la cosecha en Yucatán, México.

Fotografía proporcionada por los autores.

Magaña Magaña y Leyva Morales (2011) encontraron a través de un modelo de regresión que el precio de venta y la productividad fueron las principales variables explicativas de la rentabilidad apícola. Asimismo, concluyeron que la causa principal de la probable variación en el nivel de rentabilidad de las explotaciones apícolas en el territorio nacional lo constituye la caída del ingreso por la venta de miel. Lo anterior fue similar a lo hallado en el Litoral Centro de Yucatán, ya que los precios pagados al api-

cultor, impuesto por los intermediarios, así como la productividad por colmena, son las dos variables que constituyen el nivel del ingreso, que dado el costo de producción, determinan el nivel de rentabilidad correspondiente.

CONCLUSIONES

La rentabilidad que obtienen los apicultores de las comunidades mayas de la región Litoral Centro de Yucatán no está garantizado que sea positiva debido a que el precio de los insumos aumentan de manera constante, mientras que los rendimientos por colmena varían con relación al manejo técnico y a los factores climáticos adversos, además de que el precio de venta está sujeto a las condiciones que imponen los intermediarios locales. Esta situación ocasiona que los ingresos fluctúen regularmente. A pesar de lo anterior, se encontró que los ingresos del apicultor, determinados principalmente por los precios de venta de la miel, fueron superiores a los costos de producción, por lo que la actividad apícola en la región de interés presentó un superávit con márgenes elevados, mismo que es aprovechado por los productores para invertir en infraestructura básica, como equipo de extracción, que ante las exigencias imperantes de los países importadores se ven en la necesidad de modernizar tanto sus equipos como sus prácticas de manejo de la colonia, esto para cumplir con las normas de inocuidad de la miel.

REFERENCIAS

- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de proyectos*. (6ª ed.). México: McGraw-Hill.
- Dolores-Mijangos, G. (2014). *La apicultura como una alternativa complementaria para incrementar los ingresos en las unidades de producción rural en la región húmeda del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca*. Tesis. Colegio de Postgraduados.
- García Gómez, L. E. & Meza Ramos, E. (2012). *Oportunidades y obstáculos para el desarrollo de la apicultura en Nayarit*. Tepic, Nayarit, México. Recuperado de <http://www.eumed.net>
- Güemes Ricalde, F. J., & Villanueva Gutiérrez, R. (2002). *Características de la apicultura en el estado de Quintana Roo y del mercado de sus productos*. Chetumal, Quintana Roo, México: Gobierno del estado de Quintana Roo-Sisiera-UQroo-Ecosur.
- Ichazo-S., L. H., Kaegi, O., Salas, R., & Sanabria, O. (1991). *Estudio de costos de producción para miel y polen en apicultura migratoria de la Escuela Agrícola Panamericana*. Tesis. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11036/4291>
- Magaña Magaña, M. A., & Leyva Morales, C. E. (2011). Costos y rentabilidad del proceso de producción apícola en México. *Contaduría y Administración*, 235, 99-119.
- Magaña Magaña, M. A., Aguilar Arieta, A., Lara Lara, P., & Sanginés García, R. (2007). Caracterización socioeconómica de la actividad apícola en el estado de Yucatán, México. *Agronomía*, 15(2), 17-24.
- Magaña Magaña, M. A., Moguel Ordóñez, Y. B., Sanginés García, J. R., & Leyva Morales, C. E. (2012). Estructura e importancia de la cadena productiva y comercial de la miel en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(1), 49-64.
- Martínez, S. (2010). *Plan rector sistema producto apícola de Oaxaca* (p.13). México: Universidad Autónoma Chapingo.

- Medina-Cuéllar, S. E., Portillo-Vázquez, M., García Álvarez-Coque, J. M., Terrazas-González, G. H., & Alba-Nevárez, L. L. (2014). Influencia del ambiente sobre la productividad de la segunda cosecha de miel de abeja en Aguascalientes de 1998 a 2010. *Revista Chapingo, serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(2), 159-165.
- Molina Reyes, A. O. (2010). *Tipificación de los sistemas de producción apícola de siete municipios del departamento de Huehuetenango*. Tesis. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Munguía, G. M. (1999). La experiencia de organización de los pequeños productores de miel de América Latina a partir del trabajo conjunto de EDUCE y Kabitah en Campeche, PAUAL. En *Memorias del Primer Foro de Proyectos Integrales: Sistema Producto Miel*. Mérida, Yucatán, México: Conacyt-Sisierra-UADY.
- Pat, F. L. A., Cortez, C. O. M., & Calderón, G. G. (2014). Rentabilidad y alternativas de comercialización de los pequeños productores de miel en Campeche, México. *XIX Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática*.
- Rosales González, M., & Rubio Herrera, A. (2010). Apicultura y organizaciones de apicultores entre los mayas de Yucatán. *Estudios de cultura maya*, 35, 163-186.
- Salas, W. (1988). Economía agrícola aplicada a la apicultura: Una propuesta metodológica para el análisis de la actividad. *Agronomía costarricense*, 12(2), 231-236.
- Scheaffer, R. L., Mendenhall, W., & Ott, R. L. (2007). *Elementos de muestreo*. (6ª ed.). Madrid, España: International Thomson Editores Spain Paraninfo.
- Ulloa-Castañeda, R. R., Meza-Ramos, E., Anzaldo-Velázquez, J. E., Aguirre-Ortega, J., & Martínez Virgen, M. (2014). Bases para el análisis del entorno de la apicultura en Nayarit. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 34, 816-828.
- Ulmer, J., Travadelo, M., Caporgno, J., & Castignani, H. (2011). Identificación y caracterización de los modelos de producción apícola representativos de la zona Central de la provincia de Santa Fe. *Ciencias Agronómicas*, 18, 043-049.

Preferencias de los consumidores: Un elemento clave en el turismo alimentario

Consumer preferences: An essential element in food tourism



Dena Ma. Jesús Camarena Gómez*✉

Camarena Gómez, D. M. J. (2017). Preferencias de los consumidores: Un elemento clave en el turismo alimentario. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 59-67.

RESUMEN

La comida siempre ha estado presente en las actividades turísticas por necesidad biológica, no obstante, en los últimos años se comenzó a considerar como un elemento clave en el desarrollo de este rubro, ha llegado incluso a representar uno más de los atractivos, con los aspectos culturales y naturales. El objetivo de la investigación fue identificar los alimentos tradicionales de una región turística del estado de Sonora, que pueden integrarse dentro del turismo alimentario a partir del conocimiento de las preferencias de los consumidores. Para ello se aplicó una encuesta dirigida a 262 potenciales visitantes mediante un experimento de elección, donde los atributos de precio, origen y tipo de alimento fueron los considerados. Para identificar las opciones preferidas se estimó un modelo *logit* condicional, en donde los tamales de carne procedentes de Ures, con un precio bajo, fueron el producto favorito.

ABSTRACT

Food always has been present in the tourist activities by biological necessity, however, in the last years, it

Palabras clave: turismo alimentario; experimento de elección; modelo *logit*; consumidor turístico; comida tradicional; tamales.

Keywords: food tourism; choice experiment; *logit* model; touristic consumer; traditional food; tamales.

Recibido: 26 de enero de 2017, aceptado: 13 de junio de 2017

* Departamento de Contabilidad, División de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Sonora. Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico: dena.camarena@eca.uson.mx

✉ Autor para correspondencia

has started to be considered a principal element in the tourism development, even to represent one of the attractions of a touristic destination along with the cultural and natural aspects. In this context, the aim objective of this research was to identify the traditional foods of a touristic region of Sonora State, that can be part of tourism food proposal, since the consumer preferences knowledge. To that aim, a conducted survey was applied to 262 potential tourists, through a choice experiment, where the price, origin and kind of food was the attribute to consider in the choices. A conditional *logit* model was estimated and found that meat tamales with a low price and from Ures are the most preferred between the consumers.

INTRODUCCIÓN

La alimentación siempre ha formado parte de los viajes por necesidad biológica, pero fue en la década de 1980 cuando comenzó el desarrollo del viaje con fines gastronómicos exclusivamente. En 1986 la Asociación de Expertos Científicos en Turismo (AIEST) determinó la relación axiomática entre turismo y gastronomía, al encontrar que la comida que se sirve es uno más de los atractivos de un destino turístico junto con los aspectos culturales y naturales (Shlüter, & Thiel Ellul, 2008). A partir de entonces ha quedado claro que la comida es una importante atracción turística que mejora la experiencia del visitante e incluso para algunos de ellos resulta fundamental.

Para alimentarse, algunos turistas lo hacen durante sus travesías o en su estancia, otros lo consideran un aliciente para iniciar un viaje (Henderson, 2009; Quan, & Wang, 2004; Tikkanen,

2007). En este sentido, se observa cómo hoy día la oferta alimentaria de comidas regionales/nacionales —también denominadas étnicas desde el punto de vista del consumidor externo a la cultura— están creciendo hasta traspasar el consumo solamente por elementos turísticos para convertirse incluso en una búsqueda de alimentos exóticos, o bien, una manera de acercarse a sitios que los consumidores desearían conocer (Batres-Márquez, Jensen, & Brester, 2003; Camarena Gómez, & Sanjuan López, 2008; DataMonitor, 2005; Sandoval Godoy, & Camarena Gómez, 2011, 2015).

De acuerdo con Flavián y Fandos (2010), las nuevas motivaciones turísticas de tipo cultural (vinculadas por ejemplo a patrimonio arquitectónico o festividades regionales), o bien del tipo hedónico (relacionadas con la creación artística y gastronomía), son punta de lanza de una oferta turística que cada vez seduce a más visitantes. La gastronomía se está convirtiendo en una motivación de viaje cada vez más importante. En España se estiman alrededor de 5 millones y medio que visitan el país por este motivo (Ansón, 2010).

Experiencias en distintas zonas del mundo han demostrado que los alimentos son, sin lugar a dudas, un producto turístico que se vincula con lo local y tradicional (Álvarez, & Sammartino, 2009). En países europeos las experiencias del turismo se vinculan estrechamente con la alimentación, y ésta a su vez con alimentos que cuentan con apelativos de calidad (Everett, & Aitchison, 2008; Sims, 2009; Tregear, Arfini, Belletti, & Marescotti, 2007). En otras zonas, el turismo alimentario se encuentra en pleno proceso de crecimiento, tal como sucede en Nueva Zelanda y Australia, donde las rutas del vino se desarrollan con gran pujanza (Alonso, 2009; Bruwer, & Alant, 2009; Duarte-Alonso, & Northcote, 2009).

Han surgido propuestas de turismo alimentario, de las que son parte las rutas alimentarias y gastronómicas. La experiencia en trayectos alimentarios es muy amplia; no obstante, en América Latina comenzó a desarrollarse a partir del año 2000 a través de una propuesta planteada en Argentina como un Programa Nacional de Turismo Rural (Barrera, & Bringas-Alvarado, 2009; Schlüter, & Thiel Ellul, 2008). A partir de la experiencia argentina, en otros países de Latinoamérica se comenzó a trabajar en este tipo de iniciativas; algunas de ellas ya se encuentran en marcha, como la Ruta del tequila en México y la del café en Colombia, mientras que en otros casos, como el de la Ruta

de la sal en México y la del desierto en Chile se encuentran como propuestas o en desarrollo (Ascanio, 2009; Barrera, & Bringas-Alvarado, 2009). Otros casos, como los viñedos de California en Estados Unidos y la vinculación gastronómica en la región del Niágara (Sabores del Niágara, Festival de la uva y vino) en Canadá, se muestran como ejemplos de turismo alimentario (Jayawardena, Patterson, & Brain, 2008; Stewart, Bramble, & Ziraldo, 2008; Warner, 2007).

Resulta evidente que el turismo relacionado con los alimentos ha tomado mayor fuerza en los últimos años, pero el desarrollo no siempre es igual en todas las regiones, incluso al interior de un país. En este sentido, se observa cómo la cocina tradicional mexicana ha sido reconocida por la UNESCO como patrimonio inmaterial de la humanidad, distintivo que implica una afirmación a las características de originalidad y tradición que integran la cocina nacional, pero al mismo tiempo una oportunidad de potenciar el turismo gastronómico (UNESCO, 2009).

En el noroeste del país las experiencias de turismo alimentario son escasas, más en el estado de Sonora. Si bien la actividad turística tiene una importante influencia social y económica, lo cierto es que no todas las regiones del estado se han visto favorecidas, en especial las ubicadas en zonas rurales. Por ejemplo, en 2015 se registró una afluencia de 2, 407, 107 turistas e ingresos de 4, 100 millones de pesos (Acuña, 2015; SECTUR, 2016). Estas cifras permiten dimensionar el impacto que genera este aspecto en el estado, especialmente en los sitios importantes receptores de turistas, como destinos de playa y urbanos, principalmente (COFETUR, 2008). Por ello han surgido diversas iniciativas, tanto de organismos oficiales, como privados y académicos, para impulsar el turismo en las zonas rurales. Se han conformado algunos circuitos en el interior como Río Sonora, las Misiones, Yécora, Sierra Alta y Sierra Mar, incluidos en algunos de ellos los denominados pueblos mágicos (Sonora Turismo, 2010). Aunque estas opciones se han convertido en propuestas interesantes para estimular este rubro en algunos pueblos de la entidad (Salido Araiza et al., 2009), es conveniente destacar que tales trayectos no se vinculan con otros componentes económicos esenciales de los cuales depende una amplia parte de la población que habita las localidades que integran las rutas.

En correspondencia con esa necesidad de generar mayores oportunidades de desarrollo económico para la población rural y retomando ese

nexo entre alimentación, desarrollo rural y turismo, surgió la propuesta de esta investigación, donde el objetivo principal consistió en identificar los alimentos tradicionales que pueden integrarse dentro del turismo alimentario a partir del conocimiento de las preferencias de los consumidores. Se utilizó como metodología de investigación el experimento de elección, y se estima un modelo *logit* condicional a partir del cual se determinan los alimentos que los consumidores prefieren e identifican con una región, así como la disposición a pagar por ellos.

No hay que perder de vista que de acuerdo con la ley de la oferta y la demanda, un menor precio conlleva una mayor concurrencia en el mercado, y que en el caso del origen

el arraigo y la costumbre son factores que resultan favorecedores para la continuidad de la demanda de alimentos tradicionales. Sin embargo, cambios en las preferencias y necesidades de la población no deben perderse de vista, por lo que se vuelve necesario generar nuevos esquemas, formatos de presentación y comercialización que resulten más atractivos para los distintos segmentos de consumidores. De momento, los alimentos típicos sonorenses siguen contando con el beneplácito de la población. (Sandoval Godoy, & Camarena Gómez, 2012, p. 71)

La hipótesis de investigación se orienta a considerar que las preferencias de los compradores favorecerán los productos con menor precio y que mantienen la tradición, además de tener un origen conocido por ellos.

Cabe destacar que de las opciones y regiones donde se implementan actividades de turismo rural en el estado, aquí se trabaja en la ruta del río Sonora, específicamente el municipio de Ures. La elección obedece a sus indicadores, ya que se muestra un crecimiento constante y sostenido, además cuenta con los factores de pasado histórico, cultura e infraestructura necesarios para consolidarse como trayecto turístico de gran potencial.

Caracterización de la zona de estudio

El turismo rural en Sonora se conforma mayoritariamente por viajeros regionales y nacionales, con una estancia media de 3.3 d (COFETUR, 2008). Se presenta una alta estacionalidad de la demanda, ya que el mayor flujo se concentra en fechas vacacionales de verano y semana santa, con menor incidencia en navidad, puentes o días festivos. De las zonas rurales, la Ruta del río Sonora concentra 25% de los

turistas (COFETUR, 2007). Se integra por nueve pueblos: Ures, Baviácora, Aconchi, San Felipe de Jesús, Huépac, Banámichi, Arizpe, Bacoahi y Cananea. Estos municipios comprenden una superficie total de 13,418 km², 7.2% de la superficie del territorio estatal. Los municipios con mayor concentración territorial son Cananea, Arizpe y Ures, que juntos abarcan una superficie de 9,556 km². Si se toma como punto de partida Hermosillo, se llega a través de un camino paralelo al río Sonora, con una distancia de 78 km en el punto más cercano (Ures) y de 295 km al más distante (Cananea) (Ruta río Sonora, 2017).

Del total de visitantes de la ruta del río Sonora 88% son nacionales, de los cuales 60.1% proceden de la ciudad de Hermosillo. En cuanto a la recepción de turistas por municipio, la mayor concentración se ubica en Ures (58.4%), después Aconchi (41.6%) y Baviácora y Banámichi (35.5% cada uno). En general, Ures se posiciona como el municipio con mayor captación de visitas de este trayecto (COFETUR, 2008). Los turistas que visitan este municipio proceden en 90% de Hermosillo (Salido Araiza et al., 2009). Asimismo, debido a la cercanía con este entorno urbano (65 km al este), existe una gran afluencia de visitantes durante los fines de semana para degustar los platillos típicos de la región, entre los cuales se encuentran los tamales de carne o de elote, la carne machaca, las coyotas (tortillas de harina rellena de piloncillo cocinada en horno de leña y utilizadas como postre), los jamoncillos (elaborados con leche y azúcar en una pasta que se mezcla con nuez), la carne con chile, el caldo de queso, el pozole de trigo, entre otras (Camou, 2012). Entre las opciones de platillos sonorenses que se comercializan en esta región se busca identificar los preferidos, así como los emblemáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra

Se desarrolló una investigación exploratoria con fuentes de información primarias basadas en la elaboración de encuestas y de entrevistas en profundidad. Las entrevistas personales se hicieron a dueños y encargados de restaurantes de Ures y San Pedro el Saucito durante octubre de 2012. El objetivo fue identificar los alimentos con identidad tradicional y sus características de comercialización, se visitaron 34 establecimientos y en dos se negaron a participar. La encuesta a potenciales turistas se elaboró a partir de la información recabada con las aplicadas a los empresarios de restaurantes de Ures y San Pe-

dro, así como de entrevistas a los consumidores, con guion semiestructurado de 10 preguntas, referentes a los alimentos típicos de la ruta del río Sonora, preferencias hacia ellos y actitudes.

Se realizaron 13 entrevistas a compradores de la ciudad de Hermosillo, con promedio de 15 a 20 minutos de duración cada una. El cuestionario se aplicó a 262 consumidores, 90% procedía de Hermosillo y 10% personas que habitan fuera del municipio. Se utilizó esta distribución porque se asemeja a las características de la afluencia turística de la ruta del río Sonora. Las personas que participaron en las encuestas se seleccionaron totalmente al azar, en sitios públicos de esparcimiento como parques, así como restaurantes de destinos rurales (en la zona del río Sonora), en las inmediaciones de establecimientos de compra, entre otros. Ningún participante percibió compensación económica.

Diseño del experimento de elección

Una inspección de la oferta gastronómica en Ures y San Pedro el Saucito, tanto mediante visitas a restaurantes como a otros establecimientos de comida, así como entrevistas a consumidores, permitieron definir los niveles específicos de los atributos seleccionados para el experimento que se presentan en la tabla 1. Para mantener el experimento dentro de parámetros manejables, de las distintas cocinas típicas se designaron las tres más vendidas y mencionadas por los consumidores: tamales de carne, tamales de elote y el taco de carne con chile.

En cuanto a su preparación, tanto los tamales de elote como los de carne se hacen con una pasta de harina de maíz como base, colocada en una hoja de la mazorca de la misma planta de maíz y se cocinan en una cacerola al vapor. Los de elote únicamente contienen la pasta de maíz y queso, los segundos carne deshebrada condimentada con algo de chile (picante). Los tacos de carne con chile (también conocidos regionalmente como burros) se elaboran envolviendo en una tortilla de trigo (preparación de harina de trigo sin levadura) carne de res deshebrada con chile. Los tres alimentos son comunes a las tres alternativas de origen (Ures, entorno urbano, otro entorno rural), mientras que el rango de precios se define para cada alternativa de consumo.

El número total de combinaciones o productos que se pueden obtener con A atributos y L niveles (dado que todos los atributos tienen el mismo número de niveles) es LA, lo que se traduce en 27 (3(3)) com-

Tabla 1
Niveles y atributos de los productos hipotéticos del experimento de elección

Atributos		
Comida típica	Origen*	Precio **
Tamales de elote	Ures	18 pesos
Tamales de carne	Entorno urbano	22 pesos
	Otro entorno rural/pueblo	26 pesos
Carne con chile		

Nota: * Otro entorno rural puede ser cualquier otro pueblo excepto Ures.

** Los precios son por una orden de dos tamales o por medio taco de carne con chile.

Elaboración propia.

binaciones. Con el objeto de hacer el experimento más manejable se ha distribuido el conjunto total de tarjetas en subgrupos, de manera que cada entrevistado tan sólo valora uno de los bloques con un número más reducido de tarjetas. Para conseguir que la distribución de tarjetas en bloques sea totalmente aleatoria e incorrelacionada con los atributos, el bloque se convierte en un atributo adicional a la hora de realizar el diseño (Henser, Rose, & Greene, 2005).

El diseño ortogonal en combinación con la distribución por bloques ha sido realizado mediante la función integrada del paquete Ngene. De esta forma, el experimento final cuenta con 27 productos (o combinaciones alternativas de nivel y atributo), distribuidas en 3 bloques de 9 tarjetas cada uno. En cada tarjeta, además de las dos alternativas etiquetadas por la situación de consumo, se incluye la al-



Tarjeta G Bloque 1	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Tipo de comida	1/2 (medio) Burro de Carne con Chile 	2 Tamales de Carne 	No Elección
Elaboración	Ures	Otro pueblo/entorno rural	
Precio	26 pesos	18 pesos	

Figura 1. Diseño de tarjetas mostradas al consumidor turístico. Elaboración propia.

Tabla 2
Descripción de las variables explicativas del modelo logit

Denominación	Descripción
Precio	Variable continua
Origen	= 1 si la alternativa posee la característica de elaborado en otro entorno rural; -1 si la alternativa es elaborada en Ures; y 0 si la alternativa es elaborada en otro rural .
Tipo de comida	= 1 si la alternativa posee la característica de taco de carne con chile; -1 si la alternativa posee la característica de tamal de carne; y 0 si la alternativa posee la característica de tamal de elote.
α_i	Constante específica para la alternativa i (i= A, B)

Nota: Elaboración propia.

alternativa de No elección. En la figura 1 se puede observar un ejemplo de las tarjetas que se presentaron a los consumidores.

Especificación del modelo

Para modelizar las preferencias del potencial turista de la ruta del río Sonora, se ha estimado un modelo *logit* condicional. La literatura reserva la denominación *condicional* para los modelos de elección discreta en que las variables explicativas son los atributos que caracterizan las alternativas de elección. En este caso, tales variables son: origen, precio y tipo de comida (tabla 2).

Las variables correspondientes a las características de las alternativas de elección se introducen en el modelo como efectos diferenciales sobre un nivel de referencia (*effects codes*) en lugar de como variables *dummy* (Louviere, Henser, & Swait, 2000). Para exponer los resultados se muestra el modelo más restrictivo, o *logit* condicional. La utilidad que el individuo *n* obtiene de la alternativa *i* (i= opción A u opción B) se define como:

$$U_i^n = \alpha_i + \beta_{pr,i} * Pr_i + \beta_{origen,i} * Origen_i + \beta_{comida,i} * comida_i + \varepsilon_{in}$$

RESULTADOS

En la tabla 3 se muestran los resultados de la estimación del modelo *logit* condicional. El signo de los parámetros estimados proporciona información sobre el efecto que la presencia de la característica (en variables categóricas) o el aumento (disminución) de una variable continua tiene sobre la probabilidad de elegir un producto que incluya tales atributos. En primer lugar, las variables explicativas son conjuntamente significativas. Al mismo tiempo se advierte que el logaritmo de la

función de verosimilitud [LL (θ)], denota que, en media, la utilidad de cualquiera de las dos opciones presentadas a los entrevistados es superior a la que se deriva de la opción de no elección.

Si se recorren los parámetros estimados se puede concluir que el precio tiene un efecto negativo. A medida que el precio de las comidas típicas disminuye la utilidad para los consumidores aumenta, por lo que si el precio de las comidas es más bajo, la probabilidad de que los consumidores las compren es mayor, lo cual no es extraño ya que

Tabla 3
Parámetros estimados en el modelo logit condicional básico

Variable	Coefficiente	Prob.
a_A	0.171***	0.004
a_B	0.011***	0.000
β_{Pr}	-0.254***	0.000
β_{carne}	1.111***	0.000
β_{elote}	-0.297***	0.002
β_{ures}	0.477***	0.000
β_{urban}	0.229***	0.013
Num. Obs:	2304	
LL(0):	-1576,994	
LL(θ):	-1291,71	
LLR: χ^2_2 :	390,47 (0,000)	

Nota: LL(0): Logaritmo de la función de verosimilitud evaluada en un modelo donde se incluyen sólo las constantes; LL(θ): Logaritmo de la función de verosimilitud evaluada en el modelo con todas las variables explicativas; LLR: Ratio de verosimilitud, entre el modelo donde se incluye sólo las constantes y el modelo básico LLR = -2[LL (0)-LL (θ)]; LLR sigue una distribución χ^2 con grados de libertad igual al número de coeficientes cuya significatividad conjunta se contrasta. El valor de probabilidad entre paréntesis. *** Indica significatividad al 1%.
Elaboración propia.

la mayoría de los alimentos se caracterizan por ser productos de demanda normal y elástica, donde las variaciones en el precio afectan sensiblemente a la demanda. En cuanto al tipo de comida, se observa que la probabilidad de comprar tamales de carne es mayor que la de comprar tamales de elote (-0.297) e incluso un taco de carne con chile (-0.814). El coeficiente del nivel excluido como variable se puede obtener cambiando el signo de la suma de los coeficientes de los niveles presentes (p. ej. $\beta_{\text{taco}} = -\beta_{\text{carne}} + \beta_{\text{elote}}$).

En lo que respecta al origen, tanto la comida que procede de Ures (0.477) como del entorno urbano (0.229) tienen mayor probabilidad de compra que una de otro entorno rural (-0.248), y es sensiblemente mayor la probabilidad de elección si alguno de los alimentos procede específicamente de Ures. Es decir, el nombre de Ures ya tiene una preferencia entre los consumidores, aunque la realidad de los mercados muestra que el atributo origen es escasamente promocionado.

A partir de la estimación del modelo *logit* es posible conocer la disposición marginal a pagar por un nivel específico de un atributo, el cual se obtiene como el cociente entre el parámetro de dicho nivel/ atributo y el coeficiente del precio, cambiado de signo (Train, 2003):

$$\text{donde: } DMP_i = -\frac{\beta_i}{\beta_{PR}} \quad [2]$$

DMP_i = Disposición Marginal a Pagar por el nivel/atributo i

β_i = Coeficiente del nivel/atributo i

β_{PR} = Coeficiente del atributo precio.

En este caso, los resultados indican que por tipo de comida los consumidores estarían dispuestos a pagar un sobreprecio de hasta 4.37 pesos por un

tamal de carne, pero que en el caso de los tamales de elote y tacos de carne con chile es necesario realizar un descuento de 1.16 pesos en el caso del primero y de 3.20 en el segundo. En el caso del origen consideran que es factible pagar un sobreprecio de 1.87 pesos cuando el producto procede de Ures, de 0.90 si es elaborado en un entorno urbano, pero en el caso de tener origen en otro entorno rural que no sea Ures es necesario compensarles con un descuento de 0.97 pesos (tabla 4).

DISCUSIÓN

El experimento de elección es utilizado en diversas áreas del conocimiento, en el ámbito del turismo y sus distintas vertientes cada vez son más comunes las investigaciones que hacen uso de esta metodología (Chaminuka, Groeneveld, Selomane, & van Ierland, 2012; Lyu, 2017; Oppewal, Huybers, & Crouch, 2015; Román, & Martín, 2016). Los resultados muestran que en cuanto al precio existe una relación inversa, ya que a medida que aumenta la utilidad de los consumidores disminuye; estos resultados son congruentes con la teoría económica y con lo encontrado en otras investigaciones alimentarias y de turismo (Alemu, Olsen, Vedel, Pambo, & Owino, 2017; Aoki, Akai, & Ujiie, 2017; Asioli, Almlí, & Naes, 2016; Lyu, 2017).

En cuanto al atributo origen, se ha visto que existe preferencia hacia las comidas que proceden de Ures, esta predilección puede enmarcarse en la tradición que existe en este municipio en la venta de alimentos, además de tratarse de comidas familiares para el consumidor. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Camarena Gómez y Sanjuan López (2010) donde se demostró que los consumidores tienden a preferir los productos (harina de maíz) procedentes de su país de origen. En la misma línea, los resultados de Asioli et al. (2016) muestran que el origen nacional o regional prima sobre el externo, incluso en algunos casos sobre atributos intrínsecos del producto (Aoki et al., 2017;

Tabla 4
Disposición marginal al pago

Atributo	Disposición al pago/ \$	Atributo	Disposición al pago/ \$
Tamal de carne	4.37	Origen Ures	1.87
Tamal de elote	-1.16	Origen urbano	0.90
Taco de carne con chile	-3.24	Origen otro entorno rural	-0.97

Nota: Elaboración propia.



Figura 2. Se estudian los alimentos tradicionales que pueden integrarse dentro del turismo alimentario a partir de las preferencias de los consumidores.

Fotografía proporcionada por la autora.

Dekhili, Sirieix, & Cohen, 2011; Kim, 2008; Schnettler, Ruiz, Sepúlveda, & Sepúlveda, 2008).

En lo relativo al tipo de comida, los resultados se orientan hacia la preferencia del tamal de carne, producto con arraigo en la cultura gastronómica mexicana por tener como materia prima el maíz (Ramírez-Vidal, 2005). Lo cierto es que diversos estudios han encontrado una preferencia de los consumidores sonorenses hacia los tamales que incluyen carne como ingrediente complementario (Sandoval Godoy, & Camarena Gómez, 2015; Sandoval Godoy, Domínguez Ibáñez, & Cabrera Murrieta, 2010). En este sentido, los hallazgos se relacionan con los encontrados por Alemu et al. (2017) y Balogh, Békési, Gorton, Popp y Lengyel (2016), donde la costumbre, la tradición y conocimiento pueden llegar a favorecer el consumo de un producto.

CONCLUSIONES

El turismo alimentario es una alternativa económica que se ha desarrollado con éxito en varios países del mundo. La tradición, el origen y la autenticidad son elementos que permiten posicionar los platillos en el gusto de los consumidores y potenciarlos como parte de la dinámica del turista. La investigación que aquí se presentó es un primer esbozo sobre opciones que se pueden potenciar si se toman en cuenta la demanda del mercado, las ventajas competitivas de las regiones rurales y el movimiento que se desarrolla en torno al turismo (figura 2).

No obstante, pensar en una estrategia de turismo alimentario desvinculada de las necesidades y demandas actuales del mercado, resulta arriesgado y con limitaciones. De ahí que el objetivo haya sido conocer las preferencias que manifiestan los potenciales consumidores turistas sobre alimentos tradicionales de Ures, mediante un experimento de elección. Los resultados del mismo muestran que los consumidores prefieren una comida de tamales frente a los tacos de carne con chile, pero que el tamal de carne es el preferido sobre el de elote. Asimismo, el origen Ures es preferido sobre otros, lo que deja entrever la fama o conocimiento que los consumidores tienen sobre los alimentos típicos de la ruta del río Sonora. Por ello, el producto preferido es el tamal de carne, a un precio bajo con origen de Ures, que puede llegar a tener un incremento en el precio si se destaca su origen y proceso tradicional de elaboración. Estos datos permiten comprobar la hipótesis de preferencia hacia el origen y conocimiento del producto, así como su relación inversa con el precio.

Esta investigación constituye el punto de partida para el análisis de las estrategias de desarrollo regional basadas en el turismo rural. El consumidor analizado como turista potencial se vuelve eje fundamental, por lo que su opinión, percepción y conocimiento de las opciones de turismo rural se vuelven la punta de lanza para la implementación de estrategias.

Desde el punto de vista de las implicaciones empresariales, el desarrollo y mejora de los servicios, así como la atención al cliente, se vuelven medulares en el éxito de un establecimiento. El origen, autenticidad y nostalgia son elementos que pueden desarrollarse más en los productos que se ofrecen, con el fin de atraer a un mayor número de visitantes. En el caso de Ures las opciones de turismo de fines de semana son modalidades en las que queda mucho por hacer, pero no deben de perderse de vista, ya que actualmente son las que realiza y demanda el consumidor.

El tamal de carne es un alimento que se posiciona en la mente de los consumidores como tradicional y típico de Ures, por lo que puede considerarse el punto de partida para desarrollar un turismo de trayectos alimentarios, el cual puede complementarse con otros productos que se comercializan en la región como las cañas de azúcar, el piloncillo, los *ponteduros* de palomitas de maíz, jamoncillos, entre otros.

Por último, la investigación se llevó a cabo en una zona con características muy específicas, por lo que su extrapolación hacia otros entornos debe realizarse con cautela. Asimismo, su análisis puede am-

pliarse, con una muestra más nutrida, incluir otras regiones, distintas épocas del año y productos como artesanías, entre otros.

REFERENCIAS

- Acuña, D. (2015). Estiman que el turismo deje derrama económica en Sonora por 4 mil 100 millones de pesos. *El imparcial*, sección Sonora, 25 de junio de 2015. Recuperado en diciembre de 2016, de <http://www.elimparcial.com/EdicionEnLinea/Notas/Sonora/25072015/992590-Estiman-que-el-turismo-deje-derrama-economica-en-Sonora-por-4-mil-100-millones-de-pesos.html>
- Alemu, M. H., Olsen, S. B., Vedel, S. E., Pambo, K. D., & Owino, V. O. (2017). Combining product attributes with recommendation and shopping location attributes to assess consumer preferences for insect-based food products. *Food Quality and Preference*, 55, 45-57.
- Alonso, A. D. (2009). Are travelers interested in wine tourism in New Zealand? *International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research*, 3(1), 13-24.
- Álvarez, M., & Sammartino, G. (2009). Empanadas, tamales y carpaccio de llama: Patrimonio alimentario y turismo en la Quebrada de Humahuaca-Argentina. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 18(2), 161-175.
- Ansón, R. (2010). Conferencia Inaugural. En *I Congreso Europeo del Turismo y la Gastronomía*. 24 y 25 de mayo, Madrid, España: Secretaría del Estado de Turismo.
- Aoki, K., Akai, K., & Ujiie, K. (2017). A choice experiment to compare preferences for rice in Thailand and Japan: The impact of origin, sustainability, and taste. *Food Quality and Preference*, 56, 274-284.
- Ascanio, A. (2009). Rutas gastronómicas chilenas: Una aproximación al tema. *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 7(2), 321-325.
- Asioli, D., Almlí, V. L., & Naes, T. (2016). Comparison of two different strategies for investigating individual differences among consumers in choice experiments. A case study based on preferences for iced coffee in Norway. *Food Quality and Preference*, 54, 79-89.
- Balogh, P., Békési, D., Gorton, M., Popp, J., & Lengyel, P. (2016). Consumer willingness to pay for traditional food products. *Food Policy*, 61, 176-184.
- Barrera, E., & Bringas-Alvarado, O. (2009). Rutas alimentarias: Una estrategia de negocios inclusivos que vincula las políticas agrarias y turísticas. *Études Caribéennes*, 13-14. Recuperado en agosto de 2012, de <http://etudescaribeennes.revues.org/3828>
- Batres-Marquez, S. P., Jensen, H., & Brester, G. (2003). Salvadoran consumption of ethnic foods in the United States. *Journal of Food Distribution Research*, 34(2), 1-16.
- Bruwer, J., & Alant, K. (2009). The hedonic nature of wine tourism consumption: an experiential view. *International Journal of Wine Business Research*, 21(3), 235-257.
- Camarena Gómez, D. M., & Sanjuan López, A. I. (2008). El mercado de comida étnica en España: el caso de la comida mexicana. *Estudios Sociales*, 16(31), 7-37.
- _____ (2010). Preferencias hacia el origen de un alimento étnico y la influencia de variables psicográficas. *Economía Agraria y de Recursos Naturales*, 10(1), 71-99.
- Camou, E. (2012). Raíces de nuestra identidad: Historia, alimentación y cultura. En M. C. Hernández, & J. M. Meléndez, *Alimentación contemporánea: un paradigma en crisis y respuestas alternativas*. México: CIAD, A. C.-AM Editores.
- Chaminuka, P., Groeneveld, R. A., Selomane, A. O., & van Ierland, E. C. (2012). Tourist preferences for ecotourism in rural communities adjacent to Kruger National Park: A choice experiment approach. *Tourism Management*, 33(1), 168-176.
- Comisión de Fomento al Turismo. (2007). *Plan rector para el desarrollo turístico sustentable de la ruta del río Sonora*. Reporte técnico. Sonora, México: CIAD-COFETUR Sonora.
- _____ (2008). *Estadísticas del Sector*. Recuperado en agosto de 2012, de <http://institucional.sonoraturismo.gob.mx/estadisticas.htm>
- DataMonitor (2005). *Insights into tomorrow's ethnic food & drink consumers* (pp. 84). Reference Code: DMCM2363.
- Dekhili, S., Sirieix, L., & Cohen, E. (2011). How consumers choose olive oil: The importance of origin cues. *Food Quality and Preference*, 22(8), 757-762.
- Duarte-Alonso, A., & Northcote, J. (2009). Wine, history, landscape: Origin branding in Western Australia. *British Food Journal*, 111(11), 1248-1259.
- Everett, S., & Aitchison, C. (2008). The role of food tourism in sustaining regional identity: A case study of Cornwall, South West England. *Journal of Sustainable Tourism*, 16(2), 150-167.
- Flavián, C. y Fandos, C. (2011). *Turismo gastronómico. Estrategias de marketing y experiencias de éxito*. Murcia, España: Prensas Universitarias de Zaragoza.

- Henderson, J. (2009). Food tourism reviewed. *British Food Journal*, 111(4), 317-326.
- Henser, D., Rose, J., & Greene, W. (2005). *Applied Choice Analysis. A primer*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2011). *México en Cifras*. Recuperado en 2013, de <http://www.inegi.org.mx/>
- Jayawardena, C., Patterson, D., & Brain, R. (2008). Sustainable tourism development in Niagara: Discussions, theories, projects and insights. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 20(3), 258-277.
- Kim, R. (2008). Japanese consumers' use of extrinsic and intrinsic cues to mitigate risky food choices. *International Journal of Consumer Studies*, 32(1), 49-58.
- Louviere, J. J., Henser, D. A., & Swait, J. D. (2000). *Stated choice methods: analysis and application*. New York: Cambridge University Press.
- Lyu, S. O. (2017). Which accessible travel products are people with disabilities willing to pay more? A choice experiment. *Tourism Management*, 59, 404-412.
- Oppewal, H., Huybers, T., & Crouch, G. I. (2015). Tourist destination and experience choice: A choice experimental analysis of decision sequence effects. *Tourism Management*, 48, 467-476.
- Quan, S., & Wang, N. (2004). Towards a structural model of the tourist experience: an illustration from food experiences in tourism. *Tourism Management*, 25(3), 297-305.
- Ramírez Vidal, L. A. (2005). Reseña de ¡Vivan los tamales! La comida y la construcción de la identidad mexicana. *Alteridades*, 15(29), 143-146.
- Román, C., & Martín, J. C. (2016). Hotel attributes: Asymmetries in guest payments and gains—A stated preference approach. *Tourism Management*, 52, 488-497.
- Ruta río Sonora (2017). Recuperado en enero de 2017, de http://www.arduinna.com.mx/es/ruta_turistica_rio_sonora.html
- Salido Araiza, P. L., Bañuelos Flores, N., Romero Escalante, D. M., Romo Paz, E. L., Ochoa Manrique, A. I., Rodica Caracuda, A., & Olivares Cervantes, J. (2009). El patrimonio natural y cultural como base para estrategias de turismo sustentable en la Sonora Rural. *Revista de Estudios Sociales*, 17(Número Especial), 81-103.
- Sandoval-Godoy, S. A., & Camarena-Gómez, D. M. (2011). Comportamiento alimentario y perfil de consumo de los sonorenses: el caso de las comidas internacionales. *Revista Región y Sociedad*, 23(50), 185-213.
- _____ (2012). Consumo de alimentos de la población sonorenses: tradición versus internacionalización. *Estudios Sociales*, 20(2), 53-72.
- _____ (2015). *Gente de Carne y Trigo*. México: AM editores—Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD).
- Sandoval-Godoy, S. A., Domínguez-Ibáñez, S., & Cabrera-Murrieta, A. (2010). De golosos y tragones están llenos los panteones: cultura y riesgo alimentario en Sonora. *Estudios Sociales*, 17, 149-179.
- Schlüter, R. G., & Thiel Ellul, D. (2008). Gastronomía y turismo en Argentina Polo gastronómico Tomás Jofré. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 6(2), 249-268.
- Schnettler, B., Ruiz, D., Sepúlveda, O., & Sepúlveda, N. (2008). Importance of the country of origin in food consumption in a developing country. *Food Quality and Preference*, 19(4), 372-382.
- Secretaría de Turismo. (2016). *Información turística por entidad federativa*. Recuperado en diciembre de 2016, de http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF/ITxEF_SON.aspx
- Sims, R. (2009). Food, place and authenticity: local food and the sustainable tourism experience. *Journal of Sustainable Tourism*, 17(3), 321-336.
- Sonora Turismo (Comisión de Fomento al Turismo del Estado de Sonora). (2010). *Rutas turísticas de Sonora*. Recuperado en agosto de 2012, de <http://www.sonoraturismo.gob.mx/destinos-sonora/rutas.html>
- Stewart, J. W., Bramble, L., & Ziraldo, D. (2008). Key challenges in wine and culinary tourism with practical recommendation. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 20(3), 303-312.
- Tikkanen, I. (2007). Maslow's hierarchy and food tourism in Finland: Five cases. *British Food Journal*, 109(9), 721-734.
- Train, K. (2003). *Discrete choice methods with simulation*. US: Cambridge University Press.
- Tregear, A., Arfini, F., Belletti, G., & Marescotti, A. (2007). Regional foods and rural development: The role of product qualification. *Journal of Rural Studies*, 23(1), 12-22.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2009). *Intangible cultural heritage*. Recuperado en enero de 2017, de <http://www.unesco.org/culture/ich/doc/src/01851-ES.pdf>
- Warner, K. D. (2007). The quality of sustainability: Agroecological partnership and the geographic branding of California winegrapes. *Journal of Rural Studies*, 23(2), 142-155.

La centralidad del trabajo y su relación con variables macroeconómicas. Una lectura del caso mexicano en comparativa

The centrality of work and its relationship with macroeconomic variables. A reading of the Mexican case in comparative

Carlos Mejía Reyes*✉

Mejía Reyes, C. (2017). La centralidad del trabajo y su relación con variables macroeconómicas. Una lectura del caso mexicano en comparativa. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 68-76.

RESUMEN

El presente estudio analizó la importancia del trabajo frente a otras esferas de la vida en una muestra de informantes mexicanos, con datos extraídos de la última Encuesta Mundial de Valores (*World Values Survey Association*, en inglés) durante el periodo 2010-2014 y sus fluctuaciones desde 1990. La finalidad del análisis es explicar los comportamientos estadísticos de la centralidad del trabajo y su relación con variables macroestructurales. La hipótesis de partida es que la importancia del trabajo en México es elevada en comparación con otras esferas vitales. La razón de ello se manifiesta por las condiciones materiales y de bienestar social ínfimas, tal como lo predice la teoría del posmaterialismo de Ronald Inglehart.

ABSTRACT

This study analyzed the centrality and importance of work against other spheres of life in a sample of

Palabras clave: centralidad del trabajo; Encuesta Mundial de Valores; posmaterialidad; México.

Keywords: work centrality; World Values Survey; post-materialism; Mexico.

Recibido: 18 de julio de 2016, aceptado: 10 de febrero 2017

* Área Académica de Sociología y Demografía, Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Actopan km. 4.5, Colonia Campo de Tiro, C. P. 42039, Pachuca de Soto, Hidalgo, México. Correo electrónico: mejiareyescarlos@gmail.com
Trabajo derivado de la investigación doctoral "La centralidad del trabajo. Un análisis comparativo de España y Alemania", tutorada por el Dr. Antonio Martín Artilles de la Facultat de Ciències Polítiques i de Sociologia de la Universitat Autònoma de Barcelona, España.

✉ Autor para correspondencia

mexican informants extracted from the latest World Values Survey (World Values Survey Association) from 2010 to 2014 lapse and its fluctuations since 1990. The purpose of the analysis was to explain the statistical behavior of the centrality of work and its relationship with structural macro variables. The hypothesis is that the importance of work in Mexico is high compared to other vital areas. The reason for this is manifested by the negligible material conditions and social welfare, as predicted by Ronald Inglehart's theory of postmaterialism.

INTRODUCCIÓN

Para comprender la centralidad del trabajo, el mismo se define básicamente como la actividad ejecutada con relativo esmero y disciplina destinada a la producción de valores de uso por el agente que lo elabora y el colectivo al cual pertenece, cuya finalidad es la recompensa material o social; es decir, una actividad instrumental (Noguera, 2000, 2002). Es comprendido también como una capacidad humana que transforma la naturaleza y posteriormente genera posibilidades de concebir la acumulación originaria de capital, el despliegue de la industria, mercado y la circulación de mercancías a diferentes escalas (Köhler, & Martín Artilles, 2010; Rieznik, 2007).

Sin embargo, el interés conceptual de los autores de esta investigación acerca del trabajo obedece a otro tipo de utilidad. Es decir, consideran al trabajo en su sentido social, cultural y normativo que representa beneficios no solo materiales, sino colectivos, éticos y políticos diversos (Noguera, 2002). Es decir, que el trabajo es un concepto semántico, no ontológico, cuya consideración depende de cada

cultura o época, que se relaciona con significados de prestigio, jerarquía, estigmas colectivos, etcétera (Sahlins, 1997).

La centralidad del trabajo es una temática ampliamente estudiada en las ciencias sociales. Se pueden reseñar algunos aportes iniciales, como los postulados teórico-económicos de Smith (2010) quien ubicó al trabajo como la fuente de la riqueza material de las naciones y de la cohesión social. Marx (1984), quien retoma críticamente la anterior tesis y aporta la distinción entre trabajo abstracto/concreto en el desarrollo capitalista inicial consideró que el modo de producción es la base de las contradicciones sociales que producen la historicidad. Por tanto, la relación social del trabajo figura como elemento central de análisis. Weber (1999), a partir del estudio del protestantismo como ética religiosa y de vida, refiere su influencia en la constitución del capitalismo europeo occidental, donde la significación cultural del trabajo toma relevancia como espíritu del sistema económico.

Dichos tratamientos clásicos son teorizaciones de lo que las sociedades modernas e industriales burguesas cimentaron como la ideología del trabajo, según la cual fundamenta la organización colectiva a nivel no solamente económico, sino social, político y cultural (Arendt, 2014; Bauman, 2004; Habermas, 1992, 1999, 2002). Esta es la acepción que nos interesa desarrollar; es decir, la importancia del trabajo y su significado en contextos particulares, así como en función de procesos sociales contemporáneos.

Como ejemplo de las distintas acepciones del trabajo, en las sociedades preeconómicas tuvo importancia por su carácter social al entenderse como el vehículo para el prestigio social regido por máximas y calendarios religiosos (Méda, 1998; Molina, & Valenzuela, 2007; Veblen, 2005). En la Grecia clásica representaba tareas absolutamente degradantes y de poco aprecio (Arendt, 2014). Lo mismo para el imperio romano (Méda, 1998); sin embargo, en la Edad Media se reinterpretó el concepto hasta alcanzar una máxima que sanciona la inactividad infructuosa para la contemplación a su Dios y la vida material; abriendo paso a la idea de salvación a partir de la laboriosidad (Sanchis Gómez, 2004).

Con la reforma protestante la nueva ojeada de las "santas escrituras" no sólo suponía la inexistencia de paraísos extraterrenales, sino que ahora la existencia misma se convertía en la actividad para

alabar a su deidad mediante la labor encomendada: trabajar (Weber, 1999). En las sociedades industriales capitalistas, entendida la actividad como trabajo asalariado, se subvirtieron las formas precapitalistas del trabajo ciñéndolas al cálculo de la ganancia mediante coacciones operativas, lo que provocó giros súbitos de valores, modos de vida, de referirse u orientarse en la acción. En suma, de hacer del trabajo la vida misma, o sea la alienación (Gorz, 1995; Méda, 1998); es decir, que se ha considerado como una categoría medular en la vida de los sujetos modernos (Antunes, 2005).

El papel del trabajo en la subjetividad de los individuos conforma el contenido que alimenta la directriz, valoración y expectativas de actividad en los procesos sociales ante situaciones concretas, particularmente referidas a la actividad de trabajar y sus derivaciones. Por tanto, la centralidad del trabajo se entiende como el conjunto de creencias, definiciones y el valor que individuos y grupos atribuyen al trabajo (MOW *International Research Team*, 1987; Noguera, 2002). Se comprende entonces al trabajo como central, ya que alude al grado de importancia que esta actividad posee en la vida de los sujetos. Esta es comprendida de forma *absoluta*, es decir a la importancia general otorgada al trabajo en general por parte de los individuos, y de forma *relativa*, entendida como la importancia del trabajo con respecto a otras esferas de la vida en la situación concreta de encontrarse en un empleo (García Martínez, & Berrios Martos, 1999; Kanungo, 1983; MOW *International Research Team*, 1987).

Investigaciones empíricas contemporáneas, que desde el matiz cuantitativo se han convertido en referencias obligadas de estudios de la centralidad del trabajo son, por ejemplo, el grupo conocido como "El significado del trabajo", en inglés *The Meaning of Working* (MOW *International Research Team*), cuya investigación internacional a nivel comparativo tuvo como meta revisar el compromiso en la labor a partir del significado que los actores le otorgan a la actividad mediante una encuesta de 15, 000 informantes de nueve países (MOW *International Research Team*, 1987). Derivado de este grupo, Snir y Harpaz (2002, 2005) han realizado investigaciones que analizan la prioridad de esferas de la vida, en las que el trabajo conforma una de ellas. También se investigó la importancia que tendría el trabajo si los informantes ganaran la lotería o heredaran sumas millonarias (Snir, 2011).

Por otra parte, Schwartz (1999), quien a partir de estudios sobre valores humanos como principios guía analiza el trabajo en facetas valorativas como la centralidad, normas y metas en el empleo, y de forma comparativa genera una tipología de países con alta centralidad al trabajo. Inglehart (1971, 1991, 1998) ha estudiado al trabajo como valor y su relación con condiciones económicas desahogadas. Méda y Davoine (2008) contrastan la importancia del trabajo entre Francia y Europa mediante la misma encuesta que el presente estudio. En el caso de España, Veira Veira y Romay Martínez (1998), con la misma fuente de datos, lo estudian tanto en contexto nacional como regional. Estos antecedentes incentivan a realizar una exploración del tema para el caso de México utilizando la última encuesta 2010-2014 con el objetivo de analizar la centralidad del trabajo frente a otras esferas de la vida y su relación con variables de bienestar social y material.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se propone hacer uso de encuestas de valores, particularmente la *World Values Survey* (WVS, s. f.) o Encuesta Mundial de Valores del ciclo 2010-2014. La particularidad de esta encuesta como fuente base del estudio radica en la naturaleza de los objetivos con la que fue creada: entender los cambios en percepciones, creencias, motivaciones y valores de las personas en el mundo por medio de encuestas representativas. La técnica de recogida de datos se efectúa en trabajo de campo cara a cara con el o la entrevistada, los tipos de muestra son nacionales y estratificada en varias etapas, el lenguaje utilizado es el propio de cada país y el procedimiento de ponderación es por sexo y edad. Todas las encuestas fueron realizadas a informantes mayores de edad.

El criterio de selección de la variable dependiente de la encuesta está en función de los ejemplos que otros estudios aportan para analizar el mismo fenómeno con la misma fuente de datos (Davoine, & Méda, 2008; Inglehart, 1991, 1998; Méda, & Vendramin, 2013; Veira Veira, & Muñoz Goy, 2004; Veira Veira, & Romay Martínez, 1998), así como de la sistematicidad con que fue reunida la información al respecto en las encuestas previas. Así, la variable a utilizar es de tipo Likert que versa de la siguiente manera: "Dígame, por favor, qué grado de importancia tiene en su vida uno de los siguientes aspectos: El trabajo". Y las dimensiones son: 1) Muy

importante, 2) Algo importante, 3) No muy importante, y 4) Nada importante.

La muestra a utilizar consta de N= 2000 casos; 999 hombres (50%) y 1, 001 mujeres (50%). El porcentaje de respuesta a la variable considerada es de 100%. El primer ejercicio analítico descriptivo de la variable dependiente es la revisión de la centralidad del trabajo ante otras esferas de la vida. La forma de proceder para ello tiene como antecedente los ejercicios realizados por Kanungo (1982) y *MOW International Research Team* (1987), que posibilita su revisión en estos términos. El procedimiento de análisis que se realiza es la comparación de la importancia que posee la labor frente a otras esferas (ocio, familia, religión, política, amigos) a partir del comparativo de la variable dependiente con otras construidas bajo la misma estructura. La interpretación de los datos se realiza a partir de los resultados cuando el valor se acerca o aleja al de la categoría de referencia; en este caso: Muy importante.

Otra de las formas en que los autores del presente analizan la centralidad del trabajo pero ahora en su categorización absoluta es mediante la relación con variables macroeconómicas para verificar la influencia de las condiciones materiales en los valores sociales y particularmente en la centralidad del trabajo. La correlación es la técnica utilizada, ya que como cálculo estadístico habilita la posibilidad de dar cuenta del comportamiento de la variable dependiente con otras de externas a la base de datos para así explicar su relación (Gujjarro Martínez, 2013). Con la cuantificación de su nexo puede sugerirse una correspondencia de causalidad mutua, ya que únicamente se realiza entre dos variables independientes entre sí (Arriaza Balmón, 2006).

Las variables comúnmente utilizadas para la explicación de las relaciones entre cambios valorativos y condiciones materiales han utilizado el Producto Interno Bruto per cápita, índices de crecimiento económico (Inglehart, 1998). Sin embargo, para otros desarrollos de la propuesta no solo las variables macroeconómicas son las adecuadas o en su caso únicas para los estudios, sino que se han propuesto también índices llamados macrosociales, como de desarrollo humano y de desigualdad GINI (Ros García, 2002). Para ello, los autores del presente sintetizan los datos absolutos en lapsos promedio de 4 años con fines de hacer coincidir los datos con los tiempos de levantamiento de cada encuesta.

RESULTADOS

La importancia del trabajo en México a través de 20 años muestra un comportamiento estadístico peculiar (figura 1). Como se aprecia, hay dos etapas de alta centralidad del trabajo. La primera en las muestras de 1990-1994 y 1995-1998, en las que la valoración como "Muy importante" fue de 66.9 y 61 puntos porcentuales, respectivamente; cuya orientación es a la baja en porcentaje de encuestados con alta valoración al trabajo. Inmediatamente se percibe un crecimiento abrupto hasta alcanzar 86.1, 84.9 y 87.0.

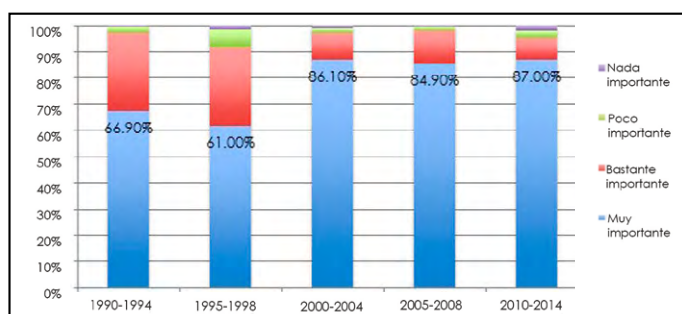


Figura 1. Importancia del trabajo en la vida en México desde 1990 hasta 2014 en porcentaje.
Elaboración propia con datos de WVS (s. f.).

Por tanto, la tendencia es hacia un aumento a considerar al trabajo como valioso; esto de

manera acentuada desde inicio del milenio hasta la reciente encuesta. En la última encuesta, y a nivel comparativo con países americanos encuestados, se puede analizar la peculiar conducta de los datos contrastando la centralidad del trabajo con otras esferas de la vida (Centralidad del trabajo relativa) (tabla 1). El promedio de América posiciona al trabajo como la segunda prioridad (3.57) por debajo de la familia (3.98); mientras que Europa lo valora en menor medida (3.32) que el promedio mundial (3.47). Consecuentemente, América valora más al trabajo que Europa y el promedio global.

Particularmente, el caso de México deja ver que el trabajo (3.81) es importante solamente después del ámbito familiar (3.97). Además, es el segundo país que más considera a la actividad como valiosa, sólo por debajo de Ecuador (3.83). Incluso la media de valoración se localiza muy arriba del promedio americano (3.57), europeo (3.32) y mundial (3.47).

Para analizar con más detalle el comportamiento de la centralidad del trabajo relativa de México, pero de forma transversal, los autores del presente toman datos de otros países y continentes únicamente para hacer ejercicios referenciales que coadyuven a posicionar su caso de estudio para una revisión comparativa. Por ejemplo, en la com-

Tabla 1
Importancia relativa del trabajo según la Encuesta Mundial de Valores periodo 2010-2014. Medias aritméticas globales, América, México y Europa

País	Trabajo	Familia	Amigos	Ocio	Política	Religión
Ecuador	3.83	3.98	3.03	3.41	2.45	3.52
México	3.81	3.97	3.12	3.42	2.39	3.37
Colombia	3.74	3.84	2.99	3.34	1.98	3.41
Perú	3.66	3.84	2.77	3.09	2.74	3.29
Brasil	3.61	3.87	3.14	3.19	2.25	3.40
Trinidad y Tobago	3.58	3.93	3.08	3.35	2.23	3.69
Uruguay	3.50	3.87	3.30	3.36	2.03	2.28
Chile	3.46	3.90	3.13	3.46	1.94	2.70
Argentina	3.42	3.88	3.43	3.13	2.12	2.55
Estados Unidos	3.05	3.90	3.50	3.31	2.57	2.98
Media continental América	3.57	3.90	3.15	3.31	2.23	3.12
Media continental Europa	3.32	3.88	3.38	3.24	2.22	2.56
Media Mundial	3.47	3.91	3.33	3.13	2.38	3.09

Nota: -V8. Importancia del trabajo en la vida. 1. Nada importante; 2. Poco importante; 3. Bastante importante; 4. Muy importante.
Elaboración propia con datos de WVS (s. f.).

Tabla 2
Posición jerárquica otorgada al trabajo frente a otros ámbitos de la vida (familia, amigos, ocio, política y religión) de la Encuesta Mundial de Valores en el periodo 1990 a 2014

País	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
México	2	2	2	2	2
Promedio América	2	2	2	2	2
Promedio Europa	2	2	3	3	3
Promedio mundial	2	2	2	2	2

Nota: 2= Segunda prioridad; 3= Tercera prioridad; 4= Cuarta prioridad.
Elaboración propia con datos de WVS (s. f.).

paración de submuestras por continente se observa que el valor trabajo en América señala una constante al ubicarse como segunda prioridad, siempre por debajo de la familia. El caso europeo se mantuvo en el mismo nivel hasta el año 2000, cuando pasó a tercera prioridad, por debajo de la familia y las amistades, con ello hay un desfase importante en cuanto a las tendencias globales, mientras que México se ha mantenido constante en la ubicación como segunda prioridad (tabla 2). Se observa que México mantiene una constante de valoración al trabajo ajustado a los niveles globales, americanos y arriba de los europeos en las últimas tres encuestas.

Centralidad del trabajo y variables macroeconómicas

Una de las explicaciones de esta valoración diferenciada entre países la otorga la perspectiva teórica denominada Índice de Postmaterialidad, propuesta por Ronald Inglehart en los estudios realizados entre 1973 y 1990. En ellos midió las prioridades valorativas de 43 sociedades con el fin de diagnosticar las preponderancias materialistas o posmaterialistas como polos culturales de las sociedades contemporáneas. Dicha teoría supone que sociedades altamente industrializadas, que han alcanzado a satisfacer las necesidades materiales inmediatas, priorizan como valores principales a la democracia, la libertad de expresión, la calidad de vida, el respeto a los derechos humanos, mayor participación política, en la que el dinero y la satisfacción de necesidades básicas, por ejemplo, no resultan aspectos fundamentales de su organización o demanda pública, a las que denomina culturas posmaterialistas, mientras que las de niveles inferiores de industrialización y que aún no alcanzan a proveer de las condiciones suficientes de subsistencia a sus ciudadanos le otorgan prioridad a valores referentes a la vida material inmediata como el trabajo, la búsqueda de seguridad personal

y colectiva (como la lucha contra la delincuencia), mantenimiento estable de la economía, etcétera (Inglehart, 1991, 1998; Inglehart & Abramson, 1994; Inglehart, & Baker, 2000; Ros García, 2002).

Así, la relación entre desarrollo económico y las prioridades valorativas hace que la predicción a partir de cálculos estadísticos sea situada geográficamente. Por tanto, países y regiones altamente desarrollados se ubican en el rango posmaterialista, mientras que las no tan desarrolladas ni con indicadores macroeconómicos favorables son consideradas prioritariamente materialistas. En el caso de la centralidad del trabajo, valor considerado por otros estudios (Veira Veira, & Muñoz Goy, 2004; Veira Veira, & Romay Martínez, 1998) como indicador también de sociedades materialistas o posmaterialistas, resulta clave para ubicar a los países en cualquiera de los extremos, al formar conjuntos de naciones a partir de su coincidencia valorativa. Las diferencias en la valoración del trabajo como menos importante entre sociedades altamente industrializadas y con un estatus de referentes económicos en sus respectivos continentes permite ver la concordancia teórica con los resultados de la encuesta de valores.

Se puede observar en la figura 2 la correlación negativa ($R= 0.76433$) entre valor trabajo y Producto Interno Bruto per cápita, lo que hace congruentes los diagnósticos de la posmaterialidad. Por tanto, en los países de mayor distribución de la riqueza y desarrollo económico se tiende a valorar en menor medida al trabajo. Por tanto, una primera mirada deja ver que los países latinoamericanos valoran más el trabajo que los europeos. Particularmente se ve que Suecia, Holanda, Estados Unidos y Alemania son países con altos niveles de PIB per cápita promedio entre 2010-2014 y, a su vez, son los que en menor medida valoran al trabajo como muy importante.

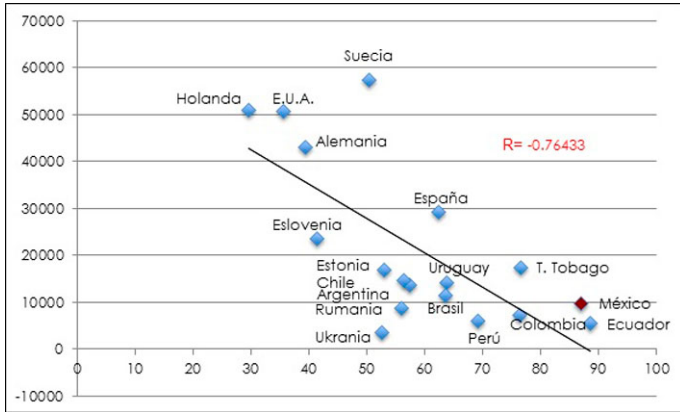


Figura 2. Dispersión. PIB per cápita y alta importancia al trabajo. Elaboración propia con datos de BM (s. f. b.) y WVS (s. f.).

En otro lado de la recta se ve a Ecuador, México y Colombia que valoran de forma significativa al trabajo pero posicionados en los bajos índices promedio de PIB per cápita en el mismo periodo. La segregación por submuestra europea responde a los mismos supuestos, ya que los países con bajos índices de PIB valoran en mayor medida al trabajo que los que se encuentran en condiciones contrarias. Por ejemplo Suecia, Alemania y Holanda en un extremo; en el otro Rumania, Estonia y Ucrania.

Con respecto al Índice de desigualdad GINI (Indicador de distribución del ingreso que fluctúa entre el valor 0, que indica igualdad absoluta y 1, desigualdad absoluta) los resultados no son tan distintos al ejercicio anterior, ya que el coeficiente de correlación señala 0.6539. En la figura 3 se aprecia la directriz. Por tanto, se ve que los países con mayor

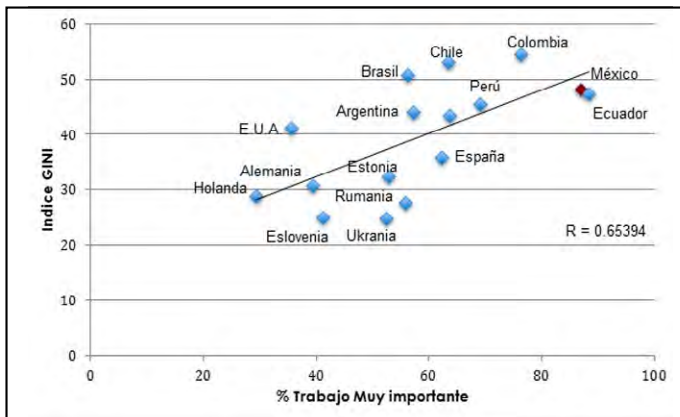


Figura 3. Dispersión. Índice GINI y alta importancia al trabajo. Elaboración propia con datos de BM (s. f. a) y WVS (s. f.).

desigualdad como Ecuador, México, Colombia y Perú son los que valoran en mayor medida al trabajo como muy importante.

Otra variable macrosocial considerada para el análisis de correlación con el objetivo de ofrecer diagnósticos referentes a la teoría de la posmaterialidad (Ros García, 2002) es el índice de Desarrollo Humano (IDH), el cual testifica el desarrollo de un país a partir de los niveles de vida por cada ciudadano a partir de tres indicadores: 1) Esperanza de vida y tasa de mortalidad de menores; 2) escolaridad entendida a partir del nivel de alfabetización, así como porcentaje de personas con educación básica y 3) ingresos en PIB per cápita. El rango de indicador va desde el 35 hasta el 96. El primer valor es el más bajo o con menos desarrollo humano y el segundo el más alto.

En la figura 4 se aprecia que la correlación es similar a la de anteriores revisiones, ya que la orientación es negativa, con valor de -0.7657759. Por tanto, la relación indica que cuanto mayor IDH menor valoración al trabajo. Al mismo tiempo, la ubicación en la dispersión de los países con menores índices de desarrollo humano se agrupan en un sector de mayor centralidad al trabajo. Aquí se ubican Ecuador, México, Perú, Colombia y Trinidad y Tobago. México se ubica al extremo inferior de la línea de tendencia con países de bajo desarrollo humano y alta centralidad al trabajo; mientras que en el otro extremo de la recta se ubican Alemania, Holanda y Estados Unidos, lo que revela una correspondencia entre alto desarrollo humano y menor centralidad al trabajo.

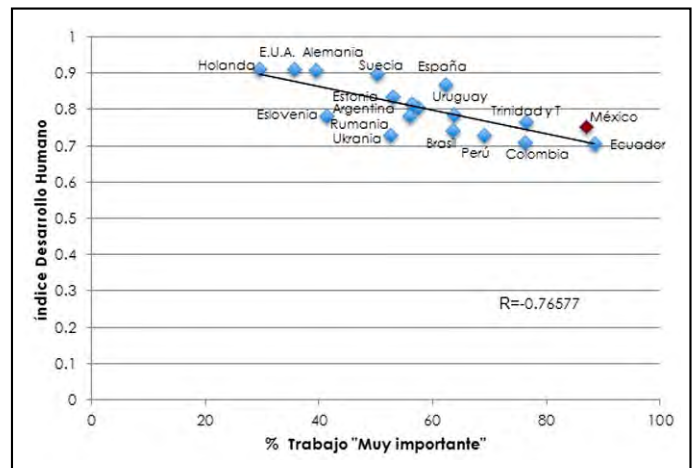


Figura 4. Índice de Desarrollo Humano y alta importancia al trabajo. Elaboración propia con datos de UN (s. f.) y WVS (s. f.).

Tabla 3
Índice de posmaterialidad en México en porcentajes del periodo 1990-2014

	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005 - 2009	2010-2014
Materialismo	50.0	19.0	25.0	19.0	17.0
Mixto	35.0	59.0	54.0	59.0	62.0
Posmaterialismo	2.0	16.0	12.0	19.0	20.0

Nota: Elaboración propia con datos de WVS (s. f.).

DISCUSIÓN

La importancia del trabajo en México tiende hacia un incremento exponencial, ha pasado de 66.9% a 87%; lo cual admite las tesis de que el incremento de la importancia del trabajo es una tendencia clara y sostenida (De la Garza Toledo, 2010), a diferencia de lo que se diagnostica en países Europeos (Bauman, 2000, 2004; Beck, 2007). Sin embargo, las razones de tal proceso responden a la propuesta teórica de la posmaterialidad que supone: entre mayores niveles de bienestar material tenga una nación o país, su valoración se centrará en aspectos no materiales. El caso de México coincide en que sus condiciones macroeconómicas escasas influyen positivamente en la propensión a su alta valoración al trabajo como importante. Por tanto, pareciera que la sociedad mexicana se ubica en el grupo de culturas materialistas, tal como se ha vaticinado previamente (Inglehart, 1998). Esto, sin embargo, contrasta con los resultados que la propia lógica de razonamiento de la Encuesta Mundial de Valores ofrece mediante su índice que señala la propensión hacia la posmaterialidad. Empero, el carácter mixto es predominante en la mayoría de periodos de análisis (tabla 3).

A nivel general, el índice reporta el carácter mixto; a nivel específico, en cuanto al trabajo, se afirma su tendencia materialista. Tal paradoja se explica con base en los postulados de la propuesta teórica del posmaterialismo, ya que los agentes sociales determinan el mayor valor subjetivo a elementos de vida de los que más se carecen y, a medida en que sus condiciones económicas y sociales mejoran, la prioridad valorativa cambia. La hipótesis de la escasez avala que las prioridades valorativas de los agentes son el reflejo de las condiciones socioeconómicas de su entorno (Inglehart, 1991).

El ajuste entre mejores condiciones materiales con los valores posmaterialistas no es inmediato, ya

que se requiere que subjetivamente se asuman como seguras las condiciones de vida para estimar a otros valores como prioritarios. Incluso resulta natural que en este proceso, en sociedades en las que prevalecen valores mixtos y posmaterialistas, se supongan los concernientes a seguridades materiales, como el trabajo, mientras los estándares de seguridad se extienden y asimilan en la población general (Díez Nicolás, 1994).

Otro hallazgo a considerar para debate es la tesis que coloca a los países altamente industrializados y con elevados niveles de desarrollo social como ejemplares en la alta estima al trabajo, a causa de la estrecha relación entre industrialización y alta importancia a la labor (Schwartz, 1999; Snir, & Harpaz, 2005). Sin embargo, como se ha revisado, los resultados de esta exploración suponen que los países con niveles de desarrollo económico y social ínfimos son los que así lo señalan prioritariamente. Existen algunos antecedentes de investigaciones empíricas en contextos europeos que de igual manera asumen esta hipótesis, lo que demuestra la relación de bajos niveles macroeconómicos (figura 5) con alta valoración al trabajo (Veira Veira, & Muñoz Goy, 2004; Veira Veira, & Romay Martínez, 1998).



Figura 5. Correlación entre bajos niveles materiales y de vida con la importancia del trabajo en la vida. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La centralidad del trabajo en México ha sido verificada históricamente a partir de una encuesta que posibilita su medición, así como tendencias. Con ello, se encontró que hay un crecimiento exponencial de la importancia de la actividad en este país, al grado de ubicarse como la segunda prioridad, así como de posicionarse comparativamente entre los países que en mayor medida lo considera. Sin

embargo, esto sólo es consecuencia de las ínfimas condiciones de desarrollo humano y material en las que se encuentra, ya que como se revisó empíricamente, existen correlaciones positivas que señalan que entre menor distribución de la riqueza, igualdad y desarrollo humano, la importancia del trabajo es mayor. El semblante inverso se da en países cuyos indicadores de distribución material e igualdad social son favorables.

REFERENCIAS

- Antunes, R. (2005). *Los sentidos del trabajo. Ensayo sobre la afirmación y la negación del trabajo*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Herramienta y Taller de Estudios Laborales.
- Arendt, H. (2014). *La condición humana*. Barcelona, España: Paidós.
- Arriaza Balmón, M. (2006). *Guía práctica de análisis de datos*. Córdoba, España: Junta de Andalucía.
- Banco Mundial (BM). (s. f. a). Índice GINI 2010–2014. Recuperado el 16 de abril de 2016, de <http://datos.bancomundial.org/indicador/SI.POV.GINI>
- _____ (s. f. b). *PIB per cápita 2010-2014*. Recuperado el 16 de abril de 2016, de <http://datos.bancomundial.org/indicador/ny.gdp.pcap.cd>
- Bauman, Z. (2000). *Trabajo, consumismo y nuevos pobres*. Barcelona, España: Gedisa Editorial.
- _____ (2004). *Modernidad líquida*. Buenos Aires, Argentina: Fondo de Cultura Económica.
- Beck, U. (2007). *Un nuevo mundo feliz. La precariedad del trabajo en la era de la globalización*. Barcelona, España: Paidós.
- Davoine, L., & Méda, D. (2008). *Place et sens du travail en Europe: une singularité française?* Document de Travail No. 96-1. France: Centre D'études de l'emploi.
- De la Garza Toledo, E. (2010). *Hacia un concepto ampliado de trabajo. Del concepto clásico al no clásico*. Barcelona, España: Anthropos-Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.
- Díez Nicolás, J. (1994). Post-materialismo y desarrollo económico en España. En J. Díez & R. Inglehart (Coords.), *Tendencias mundiales de cambio en los valores sociales y políticos*. Madrid, España: FUNDESCO.
- García Martínez, J. M. A., & Berrios Martos, M. P. (1999). El significado del trabajo en personas con patrón de conducta tipo A. *Revista Psicothema*, 11(2), 357-366.
- Gorz, A. (1995). *Metamorfosis del trabajo*. Madrid, España: Editorial Sistema.
- Guijarro Martínez, F. (2013). *Estadística aplicada a la valoración. Modelos multivariantes*. Valencia, España: Universitat Politècnica de Valencia.
- Habermas, J. (1992). *Teoría de la acción comunicativa II. Crítica de la razón funcionalista*. Madrid, España: Taurus.
- _____ (1999). *Teoría de la acción comunicativa I. Racionalidad de la acción y racionalización social*. Madrid, España: Taurus.
- _____ (2002). *Ensayos políticos*. Barcelona, España: Península.
- Inglehart, R. (1971). The silent revolution in Europe: Intergenerational change in post-industrial societies. *American Political Science Review*, 65(4), 991-1017.
- _____ (1991). *El cambio cultural en las sociedades industriales avanzadas*. Madrid, España: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- _____ (1998). *Modernización y posmodernización. El cambio cultural, económico y político en 43 sociedades*. Madrid, España: Centro de Investigaciones Sociológicas-Siglo XXI editores.
- _____, & Abramson, P. (1994). Economic security and value change. *American Political Science Review*, 88(2), 336-354.
- Inglehart, R., & Baker, W. E. (2000). Modernization, cultural change, and the persistence of traditional values. *American Sociological Review*, 65(1), 19-51.

- Kanungo, R. N. (1982). Measurement of job and work involvement. *Journal of Applied Psychology*, 67(3), 341-349.
- _____ (1983). Work alienation. A pancultural perspective. *International Studies of Management & Organization*, 13(1-2), 119-138.
- Köhler, H. D., & Martín Artiles, A. (2010). *Manual de la sociología del trabajo y de las relaciones laborales*. Madrid, España: Publicaciones Delta.
- Marx, K. (1984). *Manuscritos de economía y filosofía*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Méda, D. (1998). *El trabajo: un valor en peligro de extinción*. Barcelona, España: Gedisa.
- _____, & Vendramin, P. (2013). *Réinventer le travail*. Paris, France: Preses Universitaires de France.
- Molina, J., & Valenzuela, H. (2007). *Invitación a la antropología económica*. Barcelona, España: Ediciones Bellaterra.
- MOW International Research Team. (1987). *The Meaning of Working*. London, England: Academic Press.
- Noguera, J. A. (2000). El problema de la definición del trabajo. *I Encuentros entre Humanidades y Ciencias Sociales*. Recuperado el 25 de noviembre de 2013, de <http://gsadi.uab.cat/images/pdfs/noguera/El%20problema%20de%20la%20definici%C3%B3n%20del%20trabajo.pdf>
- _____ (2002). El concepto de trabajo y la teoría social crítica. *Papers Revista de Sociología*, 68, 141-168.
- Rieznik, P. (2007). *Las formas de trabajo y la historia. Una introducción al estudio de la economía política*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Biblos.
- Ros García, M. (2002). Los valores culturales y el desarrollo socioeconómico: una comparación entre teorías culturales. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 99, 9-33.
- Sahlins, M. (1997). *Cultura y razón práctica. Contra el utilitarismo en la teoría antropológica*. Barcelona, España: Gedisa.
- Sanchis Gómez, E. (2004). Concepciones del trabajo: de las ambigüedades medievales a las paradojas actuales. *Cuadernos de Relaciones Laborales*, 22(1), 37-65.
- Schwartz, S. (1999). A theory of cultural values and some implications for work. *Applied Psychology: An International Review*, 48(1), 23-47.
- Smith, A. (2010). *Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Snir, R. (2011). To work or not to work: The measurement of Non-financial Employment Commitment. *International Journal of Business and Social Science*, 2(16), 271-278.
- _____, & Harpaz, I. (2002). Work-leisure relations: leisure orientation and the meaning of work. *Journal of Leisure Research*, 34(2), 178-202.
- _____ (2005). Test-retest reliability of the relative work centrality measure. *Psychological Reports*, 97, 569-572.
- United Nations (UN). (s. f.). United Nations Development Programme. *Human Development Reports 2010-2014*. Recuperado el 16 de abril de 2016, de <http://hdr.undp.org/es>
- Veblen, T. (2005). *Teoría de la clase ociosa*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Veira Veira, J. L., & Muñoz Goy, C. (2004). Valores y actitudes del trabajo en Europa Occidental. *Revista Española de Sociología*, 4, 51-66.
- Veira Veira, J. L., & Romay Martínez, J. (1998). La cultura del trabajo y el cambio de valores. *Sociológica: Revista de pensamiento social*, 3, 23-38.
- Weber, M. (1999). *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*. México: Colofón, S. A.
- WVS (World Values Survey Association). (s. f.). *World Values Survey Wave 6, 2010-2014. Official Aggregate v.20150418*. Recuperado el 5 de abril de 2014, de <http://www.worldvaluessurvey.org/WVSONline.jsp>

Instruir a los ángeles del hogar. La educación de las mujeres desde la perspectiva de dos periódicos locales: *El Instructor* y *El Republicano*, en la etapa porfiriana

To instruct the angels of home. The education of women from the perspective of two local newspapers: *El Instructor* and *El Republicano*, in the porfirian era

Aurora Terán Fuentes*✉

Terán Fuentes, A. (2017). Instruir a los ángeles del hogar. La educación de las mujeres desde la perspectiva de dos periódicos locales: *El Instructor* y *El Republicano*, en la etapa porfiriana. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 77-84.

RESUMEN

En el siglo XIX la prensa de propaganda científica jugó un papel importante en la educación de las mujeres en el ámbito que se denomina como informal. Su provecho se justificaba por el reducido trayecto de educación formal de la mujer en Aguascalientes, porque básicamente recibía educación primaria y una minoría estudiaba la secundaria, máximo nivel al cual se podía aspirar. Por ende, la propaganda científica dedicada a la mujer tuvo la función social de transmitir y ayudar a la consolidación de una imagen centrada en la madre y esposa ilustrada que desde el hogar formaría ciudadanos y fomentaría el amor por el conocimiento científico. Se planteó como objetivo el análisis de dos periódicos locales del porfirato: *El Instructor* transmitía conocimiento al público femenino y *El Republicano* planteaba ante la opinión pública discusiones sobre la naturaleza de la mujer y su educación; fue un tema de relevancia para la opinión pública y de preocupación para la clase política, que derivó en política pública.

ABSTRACT

In the XIX century, the scientific propaganda press played an important role in women education, in an

Palabras clave: educación de la mujer; propaganda científica; prensa siglo XIX; porfirato.

Keywords: women education; scientific propaganda; XIX century press; porfirato.

Recibido: 19 de enero de 2017, aceptado: 6 de julio de 2017

* Universidad Pedagógica Nacional Unidad 011 Aguascalientes. Calle Jesús Consuelo 226, Colonia Gremial Ferrocarrilera, C. P. 20030, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: boristeranfuentes@yahoo.com.mx

✉ Autor para correspondencia

informal way. Its benefit was justified by the limited path of formal education for women in Aguascalientes, because women only received elementary school education and in the minority of the cases, middle school education and that was the maximum any woman could receive. Therefore, scientific propaganda dedicated to women had the social function of broadcasting and helping to consolidate the image of women as an illustrated mother and wife, who would form citizens and promote love through scientific knowledge. The suggested goal was to analyze two newspapers from the porfirato era: *El Instructor* published knowledge for women audiences and *El Republicano* posed discussions about the nature of women and their education before the public opinion; this subject was relevant for the public opinion and an area of concern for the political class, turning into a public policy.

INTRODUCCIÓN

La prensa escrita en el siglo XIX significó un modo de educación informal para las mujeres al difundir conocimientos sobre valores cívicos y morales, temas científicos para aplicarlos en el hogar y transmitirlos a los hijos, así como asuntos propios del mundo femenino como la moda, corte y confección, recetas de cocina y reglas de etiqueta.

Para ilustrar lo anterior se mencionan tres medios nacionales de la época porfiriana destinados al público femenino: *Álbum de Damas. Revista quincenal ilustrada*, incluía secciones de labores manuales, jardinería y las biografías de mujeres ejemplares encarnadas en modelos a seguir como Carmelita Romero Rubio; *El Álbum de la Mujer. Periódico ilustrado*, incorporaba galerías de hombres y mujeres notables, y diversos escritos de cultura general sobre

temas diversos como las vestales, catedrales, lugares como Pompeya, Florencia o El Cairo, entre otros, además de piezas literarias y reflexiones filosóficas; y finalmente *El Diario del Hogar. Periódico de las familias*, se encontraba en la línea editorial de propaganda científica y educación cívica, al incluir discursos sobre las fechas emblemáticas como el 15 de septiembre, cuestiones financieras o el conocimiento de actividades económicas, personajes célebres, temas de interés nacional como la inmigración y los ferrocarriles. En general el objetivo fue instruir a “los ángeles del hogar”, un ideal de la filosofía ilustrada que concebía a las madres de familia como mujeres cultivadas, piezas fundamentales para formar a los futuros ciudadanos.

Desde lo local, *El Republicano*, fundado en 1867 por Jesús Gómez Portugal y duró 57 años, cuya dirección estuvo a cargo de: Agustín R. González, Antonio Cornejo, Blas Elizondo, Pablo de la Rosa, Macedonio Palomino, Rodrigo A. Espinosa y Jesús Bernal Sánchez; y *El Instructor*, fundado en 1884 por Jesús Díaz de León y publicado hasta 1907, fueron dos periódicos de Aguascalientes que proponían como contenido relevante de opinión pública la naturaleza y educación de la mujer, al publicar artículos sobre dichos tópicos y artículos de interés para las féminas (sobre todo en *El Instructor*) desde una visión masculina. En las notas periodísticas, claramente se presenta la mancuerna mujer-educación.

A partir de la mirada de los dos periódicos locales, se observa el ideal de aquella época: la mujer en la trinchera de su hogar debía cumplir con su función social: educar a sus hijos, sería una persona que poseyera conocimientos científicos y una amplia cultura general y cívica, con el fin de sembrar en sus hijos el amor por la patria y por el conocimiento, para coadyuvar (comenzando por el ámbito privado) a llevar a la entidad en particular y el país en general al progreso y al bienestar, así como a la consolidación de la República y el orden liberal. En dicho ideal, la mujer debía ser un ejemplo de virtud. De este modo, algunos periódicos tuvieron como función social educar o instruir a la mujer.

El papel de la mujer en el siglo XIX se concibió medular, porque ella coadyuvaría a consolidar la patria y el proyecto de desarrollo de la nación. Cumpliría con un alto deber cívico: fomentar el amor al conocimiento y construir ciudadanía en sus hijos, bajo un modelo de virtud.

Una forma conveniente de instruir a la mujer fue a través de la prensa escrita, por medio de la propaganda científica, ésta fue la línea de algunos periódicos de la época. “Ante las limitaciones educativas que caracterizaron a las decimonónicas mexicanas, la prensa jugó un importante papel en cuanto difusor de conocimientos” (Alvarado, 2005, p. 19). Por ende, fue fundamental la instrucción de la mujer a través de la prensa.

El objetivo de investigación fue identificar elementos del discurso periodístico de la época, utilizados para construir el ideal, función social e importancia de la mujer y la importancia de su instrucción y educación (desde la perspectiva masculina) en la etapa porfiriana (finales del siglo XIX) en Aguascalientes, a través de los periódicos locales *El Instructor* y *El Republicano*.

Desde el enfoque de los estudios culturales que permiten trabajar imaginarios colectivos, discursos y representaciones sociales, las preguntas planteadas para el tema del discurso periodístico en relación con la naturaleza y educación de la mujer, fueron las siguientes: ¿cómo se concebía a la mujer hidrocálida a través del discurso de *El Instructor* y *El Republicano*?, ¿cuáles fueron los temas dedicados a la mujer y por qué?, ¿por qué era imprescindible tratar el tema de su educación en la prensa escrita?

En la actualidad resulta importante realizar investigaciones históricas que estudien discursos, concepciones, roles, ideales construidos en diferentes espacios y tiempos sobre la mujer, para observar sin prejuicios desde el presente hacia el pasado, con el fin de enriquecer el debate contemporáneo en relación con el tema de la mujer (niñas, jóvenes y adultas), su educación e historia.

Algunos de los estudios publicados que abordan el tema de la prensa y la educación de la mujer son: “La educación de la mujer mexicana en la prensa femenina durante el porfiriato”, de Torres Aguilar y Atilano Villegas (2015), donde se explica cómo la prensa fue una forma de educación informal para la mujer que presentaba dos visiones antagónicas; “una conservadora, que recomendaba educarlas, y otra liberal o modernizadora, que proponía instruir las” (p. 218), y establece la diferencia que se explicaba en la prensa de la época: la educación estaba destinada al corazón, y la instrucción a la inteligencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ballarín, Birriel, Martínez y Ortiz (2010), en su libro *Las mujeres y la historia de Europa* plantean que en el siglo XIX fue indiscutible el derecho de las mujeres a la educación, porque el pensamiento de la Ilustración había aportado la igualdad de los individuos y la necesidad de construir pactos sociales; fue una época en que los gobiernos (europeos), veían como obligación garantizar escuelas para niñas, con un currículo diferenciado del de los hombres, para la reproducción de los roles tradicionales de la mujer relacionados con la virtud y el desempeño en el ámbito privado.

Staples (2015) expone que para ser una mujer ilustrada la condición era pertenecer a la clase acomodada y con un gusto desarrollado por la lectura, el teatro, la música y la pintura, además de ser partícipe en las tertulias; propone que en la medida en que transcurría el siglo XIX la opinión pública fue comulgando con la idea de ilustrar al espíritu (tanto para las mujeres como para los hombres), y destacaron las maestras y las escritoras. Alvarado (2005), estudia a Laureana Wright, una periodista que cuestionó los estereotipos y roles de la mujer a finales del siglo XIX, a través de la prensa escrita, un tema de debate fue el acceso de las féminas a la educación superior. Saloma Gutiérrez (2000) analiza los roles femeninos durante la época porfiriana, sintetizados en una visión dicotómica entre "lo biológico y lo cultural, lo privado y lo público, lo inferior necesariamente sujeto a lo superior; a la mujer correspondía la primera parte del binomio y al varón la segunda" (p. 3), el estereotipo fue "el eterno femenino y la debilidad de la mujer" (p. 3), y a partir de lo anterior comprender el modelo de familia de la segunda mitad del siglo XIX.

Finalmente, Infante Vargas (2008) analizó el tránsito de la lectura a la escritura que vivieron algunas mujeres, lo que permitió el surgimiento del rol de escritora, que trascendió el ámbito de la escritura en el espacio privado al público en el México decimonónico. Una fuente privilegiada en su estudio es el *Diario de México*, porque permite identificar géneros como el epistolar y la poesía, y temáticas como la moda, el teatro, "el enojo hacia la opinión de los varones sobre la pobreza del intelecto femenino; y el deseo de acceder a niveles de educación superior" (Infante Vargas, 2008, p. 78), que eran de interés para las mujeres.

El trabajo con periódicos amarillentos

El método de trabajo desde la perspectiva de la Historia fue la consulta y la sistematización de información localizada en diversos acervos documentales, regularmente los archivos cuentan con hemeroteca histórica. Los periódicos son un tipo de fuente que permite reconstruir y analizar visiones de mundo, concepciones, tendencias, ideologías o sistemas de creencias y valores; es decir, los periódicos y revistas de la época transmitían una perspectiva de la realidad, que puede ser reconstruida con los recursos de la disciplina de la Historia.

A partir de la óptica metodológica de la Historia Cultural (Nueva Historia), concretamente se trabaja el discurso periodístico utilizando el enfoque del análisis del discurso y la teoría argumentativa, porque básicamente es de carácter retórico y persuasivo. Teniendo como conceptos base: imaginario y representaciones.

La fuente privilegiada de análisis son los periódicos *El Instructor* y *El Republicano*, sus ejemplares están resguardados y se pueden consultar en la sección de la Hemeroteca Histórica del Archivo Histórico del Estado de Aguascalientes. Se eligieron estos periódicos porque ambos reflejaban la línea oficial o de gobierno, por tanto, se observan el ideal de mujer y el concepto de educación femenina desde el discurso de la clase gobernante. No obstante, se recuperan otras fuentes que también muestran el discurso oficial, con el fin de identificar un metadiscurso sobre el tema en cuestión.

Dos periódicos locales preocupados por el tema de la instrucción de "los ángeles de los hogares"

Los dos periódicos con los que se trabajó planteaban información diferente con respecto al tema de la mujer y su educación. *El Republicano*, como un periódico oficial, publicaba leyes y reglamentos, no obstante, en algunos de sus espacios presentaba notas editoriales en las cuales se discutía la naturaleza de la mujer, así como el tema de la educación como un elemento o parte del motor del progreso, además se difundían discursos y diversa información sobre el Liceo de Niñas, escuela de Educación secundaria después convertido en la Escuela Normal de Aguascalientes, fundado en 1878 bajo el gobierno de Francisco G. Hornedo y que fue un proyecto de gran significado dentro de la política educativa local.

Tanto el Liceo de Niñas como el Instituto Científico y Literario (dirigido a los varones) tenían la misma atención en espacios dedicados en ambos periódicos; no obstante, en el recurso destinado para cada plantel había una gran diferencia. Por ejemplo, en una nota de *El Republicano* del 11 de septiembre de 1881 se informaba sobre los egresos en materia de educación: 307.14 pesos se habían destinado al Instituto, 62.50 al Liceo y 166.66 a la instrucción primaria en general. Una explicación puede relacionarse con el tema de género, pero también con la diversificación del Instituto, porque de ahí se continuaría con estudios universitarios en diversas ramas del conocimiento; por otro lado, el Liceo era para preparar maestras.

La siguiente transcripción de un fragmento de una nota de *El Republicano* con fecha del 25 de enero de 1880 da cuenta de las visiones retrógradas y progresistas con respecto a la educación de la mujer en un periódico liberal que claramente manifestaba la pugna conservadores/liberales y cómo la balanza se inclinaba por la segunda visión:

La educación de la mujer ha sido cuestión que ha ocupado la atención de varios escritores, manifestando sus ideas según sus creencias. Si son hombres partidarios de antiguas doctrinas, oídlos criticar que las niñas aprendan clases que, según ellos, no son necesarias para su sexo; si son amantes del progreso y apóstoles de la libertad, vedlos aplaudir el método de enseñanza que hoy se sigue, y confesar que la mujer es capaz de aprender todo, y hasta llegar a hacer estudios tan superiores como los que hagan los hombres. (*El Republicano*, 25 de enero de 1880, p. 3)

En la cita precedente se observa el argumento del claroscuro, al presentarse dos posiciones antagónicas de forma maniquea con el fin de definir tendencias. A lo largo del discurso el argumento por excelencia para convencer y persuadir es el del progreso, entendido como avance para llegar a la cúspide de la civilización, la educación se entendía como un recurso para arribar al progreso, que traería bienestar a todos.

Por otro lado, en el periódico *El Instructor* (figura 1), como medio literario y científico, contenía secciones dedicadas a la mujer como: "Ciencia en el hogar", "Higiene" o "Miscelánea". En dichas secciones se buscaba que la mujer a través de la lectura aprendiera sobre una serie de fenómenos naturales, así como explicaciones científicas de situaciones vividas cotidianamente en el hogar

como lo eran las enfermedades de los hijos o la alimentación. Para muestra basta un botón, se exponía en diversos números de *El Instructor* el tema de la alimentación de los recién nacidos, su importancia y la constitución de la leche materna. Otro ejemplo se encuentra en explicaciones sobre fenómenos meteorológicos, el aire, la atmósfera, el agua, la burbuja de jabón, las grasas minerales (vaselina, petrolina y neutralina), etc.; información presentada como objetiva, porque era científica. Al igual que en *El Republicano*, se publicaban noticias sobre el Liceo de Niñas.

Ambos medios impresos se deben contextualizar dentro de un discurso y políticas de nivel nacional que otorgaban un papel y función social central a la educación como una forma de asegurar la llegada al progreso (en este sentido era redundante el discurso), así como el reconocimiento de México ante un concierto de naciones civilizadas. En dicho sentido llama la atención la tendencia por fortalecer escuelas nacionales (Escuela de Medicina, Escuela de Ingenieros, Escuela de Bellas Artes, Escuela de Artes y Oficios, Conservatorio Nacional de Música, Escuelas Nacionales Primarias), algunas tanto para hombres como para mujeres; no obstante, era un modelo de carácter nacional concentrado en la Ciudad de México, en consecuencia, del interior de la República los que regularmente se desplazaban hacia la capital eran varones. Por ende, las señoritas no tenían una alternativa, a no ser la del Liceo de Niñas (para una minoría), que continuar con su ilustración en el ámbito de lo privado, de ahí se desprende una de las funciones de la prensa de carácter científico y literario.

Por ejemplo, *El Republicano*, en su carácter de periódico oficial, presentaba una visión eminentemente masculina de mundo; sin embargo, en su sección de avisos aplaudía las publicaciones dedicadas a la instrucción e ilustración de la mujer, como *El Diario del Hogar*. Además se transcribía la correspondencia particular del mismo, firmada por Laureana Wright, quien en una ocasión felicitó al gobierno local por impulsar al Liceo como un espacio en donde la mujer se educaría y con ello el hogar dejaría de ser un lugar oscurantista, deseando que la experiencia se replicara en otros estados del país; a continuación se transcriben algunas de las líneas publicadas por ella:

Felicitemos sinceramente a la hospitalaria capital de esta floreciente parte de la República por sus adelantos

AÑO III. Aguascalientes, Julio 1º de 1886. NÚM. 5.

EL INSTRUCTOR

PERIODICO CIENTIFICO Y LITERARIO.

AGUASCALIENTES. (REPUBLICA MEXICANA).

<p>CONDICIONES</p> <p>El Instructur se dedicará á la instruccion de las familias y del pueblo, poniendo al corriente á sus lectores en los progresos mas recientes de las ciencias, con sus aplicaciones á las artes y á la industria.</p> <p>Se publicará dos veces al mes, siendo el valor de la suscripcion 24 cts. por bimestre. Números sueltos 6 cts. Suscripciones foráneas 37 cts. Se reciben suscripciones en la oficina de la "Parisiana" y en la Imprenta donde se publica.</p>	<p>COLABORACION.</p> <p>Alvarez Galindo.—Gutiérrez Volpe S.—Gutierrez Luciano.—López Jesus P.—Dr. Muñoz Francisco.—Dr. Mora del Castillo Luis.—Dr. Padilla Antrulla.—Sierra Francisco S.</p> <p>Registrado en la Administracion de correos como artículo de 2º clase. La propiedad literaria de lo que se publique en este periódico, está asegurada con arreglo á la ley.</p>
---	---

EDITOR Y JEFE DE REDACCION, DR. JESUS DIAZ DE LEON.

REDACCION:
Aguirre y Fierro Jesus.—Lic. Dávalos Alberto M.—Elizondo Blas.—Dr. Gómez Portugal Manuel.—Gonzalez Alcibíades L.—Herrera José.—Medina Ugarte Tomas.—Lic. Ríos é Ibarrola Ignacio.—Velasquez de Leon Miguel.

LA CIENCIA EN EL HOGAR.

MECANICA MUSCULAR.

Los huesos considerados como palancas.

El hombre y los animales pueden trasportarse de un lugar á otro y ejecutar innumerables movimientos con sus miembros ó con todo el cuerpo, debido á las potencias musculares que ponen en juego las palancas que constituyen el esqueleto.

El primer punto digno de estudio en la mecánica muscular es el de la *estacion* ó sea el acto de estar en pié. Si el movimiento supone actividad muscular, la quietud de la estacion parecería como su antítesis que dejara en el espíritu la idea de inercia. Mas no es así, porque en la actitud de la estacion vertical entran en juego muchas potencias que se equilibran, porque obran en sentido opuesto, pero sin que se nulifiquen las energías musculares. Examinemos con el cuidado que merece este punto tan importante de la fisiología de los movimientos.

Consideremos la actitud de un centinela de pié, inmóvil, con su arma en descanso y comencemos por el examen de la cabeza. Aquí encontraremos desde luego una palanca de primer género, la palanca del equilibrio como lo hemos visto en la teoría de la balanza, y que los fisiólogos llaman la palanca de la *estacion*, porque en esta actitud es donde se encuentra para que el cuerpo conserve el equilibrio de sus distintos órganos. La cabeza forma una palanca de primer género cuyo punto de apoyo central se encuentra en la articulacion occipito-atloidea, es decir, en el punto donde descansa sobre la primera vértebra cervical que ya sabemos se llama atlas. La resistencia está representada por el peso de la cara que forma parte de la cabeza y la potencia se encuentra en la nuca, en el punto de insercion de los músculos de la region posterior del cuello. Generalmente la cabeza está en equilibrio y la tonicidad muscular basta para hacer contrapeso á la resistencia. La prueba de que la cara representa la resistencia en esta palanca, es que cuando falta la accion muscular por la influencia del sueño ó en el vértigo, estando erguida ántes la cabeza, esta se inclina ó cae hácia adelante sobre el pecho. En la figura número 1 se puede comprender perfectamente este género de palanca, representada la potencia muscular por una mano en el acto de tirar una cuerda.



Las piezas que forman la columna vertebral, las vértebras, colocadas una sobre otra, forman cada una de ellas una palanca de primer género, cuyo punto de apoyo se encuentra en el cuerpo de la vértebra descansando sobre un cojinete elástico el disco intervertebral, que sirve para amortiguar el peso y neutralizar el efecto de los choques que pudieran repercutir sobre la cabeza y causar frecuentemente una conmocion cerebral. ¡Admirable disposicion de la máquina humana! La potencia en las palancas vertebrales está representada por las masas musculares que se insertan en las vértebras y que se hallan colocadas á los lados de las eminencias huesosas que marcan la espina dorso-lombar: en cuanto á la resistencia, se encuentra representada por los órganos de las cavidades del pecho y del abdómen.

Figura 1. Periódico *El Instructur*, edición del 1º de julio de 1886. Primera Plana. Sección "Ciencia en el hogar".

Se localiza y está en resguardo en el Archivo Histórico del Estado de Aguascalientes y en la Hemeroteca Nacional en la UNAM.

sociales, y nos regocijamos al contemplarlos, porque tenemos el pleno conocimiento de que la educación femenil, el encumbramiento de la mente de la mujer, hasta las eminentes alturas adonde ha llegado la del hombre, poniéndola a nivel de éste, es, y tiene que ser la base de la grandeza de las sociedades venideras. (Wright, nota publicada en *El Republicano*, 13 de enero de 1884, p. 4)

El argumento general era muy claro: instruir para caminar por la senda del progreso, en un siglo XIX en el cual México a nivel general y Aguascalientes en lo particular necesitaban del reconocimiento relacionado con un pueblo que transitaba a la civilización, fomentando las ciencias y las artes, al impulsar políticas y acciones en materia educativa.

Otras fuentes oficiales

A finales del siglo XIX se manifestó una tendencia relacionada con la celebración de congresos pedagógicos en diversas partes del mundo, en dichos encuentros se discutían temas relacionados con la higiene, el mobiliario de las escuelas, la educación positiva, la instrucción, las materias científicas y la educación de la mujer también se puso en la mesa de debates. En el presente trabajo se mencionan tres: dos que se llevaron a cabo en México y uno en Centroamérica.

En el Congreso Higiénico Pedagógico celebrado en 1882 se discutió el propósito de la instrucción primaria: que el hombre adquiriera los medios nece-

sarios para asegurar las condiciones de higiene para él y para su familia, traducidas en la alimentación, el vestido y la habitación; para lo anterior, el hombre tendría que trabajar y precisamente la escuela le proveería de los conocimientos necesarios "para poder formar y mantener una familia" (*Memorias del Congreso*, 1883, p. 144); es decir, se prepararía para ser el jefe del hogar, a la par de cumplir con los deberes de un buen ciudadano. Aunque no se menciona a las mujeres, es claro el discurso, el hombre se presenta como el jefe de la familia, para formar sus facultades físicas, intelectuales y morales, y cumplir con su función social, quedaba justificada plenamente su educación hasta el nivel superior, por ende, dicho nivel no era propio para las féminas. Se expone la importancia de la familia, la madre como la que cuida e inicia la educación de los hijos en el hogar y el padre como el proveedor que requería adquirir las destrezas para un trabajo que asegurara el bienestar del grupo familiar, por tal razón estudiaría más años que su compañera.

Con respecto al Segundo Congreso Nacional de Instrucción de 1891, cuando se aborda el tema de la mujer, se hace con relación a la educación normal, en su informe Justo Sierra, abogado, político, escritor y periodista de la segunda mitad del siglo XIX, que durante el gobierno de Porfirio Díaz fue subsecretario de Instrucción Pública a partir de 1901 y secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes de 1905 a 1911, expuso como necesario un programa para las profesoras acorde con su papel y funciones sociales como mujeres, con el fin de no romper el equilibrio entre ambos sexos, ya que sus funciones eran claramente diferentes a las de los varones; exponía lo siguiente:

No es posible sostener, pese a la más sentimental y, en el fondo, a la más inhumana de las retóricas la paridad del hombre y la mujer ante la educación intelectual. Si tal cosa fuera cierta, ¿cómo podría conservar la mujer su inmensa superioridad sobre el hombre en la vida moral, en el mundo del afecto y el sacrificio? ¿Cómo podría desenvolverse en ella la aptitud divina que forma el íntimo encanto de nuestra existencia y que nos hace llevadero el peso de la vida (...). No; si a fuerza de extremar y alambicar el crecimiento intelectual de la mujer, atrofiarnos en ella sus dotes congénitas, la vida perdería su precio y la civilización humana habría producido frutos de maldición. El día en que nos disputemos ellas y nosotros la palma de la sabiduría, habrá necesidad de inventar un mundo nuevo y de pedir al Dios del paraíso que nos diese otra Eva, que nos devolviese a nuestras esposas y a nuestras madres.

(*Segundo Congreso Nacional de Instrucción. Informes y Resoluciones*, 1891, pp. 69-70)

Más adelante, Justo Sierra defiende la idea de que lo importante para el Estado no son los grupos de personas, sino "asegurar elementos de conservación y mejoramiento social; el individuo no es su fin, sino la especie en su forma concreta de nación" (*Segundo Congreso Nacional de Instrucción. Informes y Resoluciones*, 1891, p. 70). Cada hombre y mujer tenían un cometido para consolidar a la República.

Es importante reconocer la igualdad y el derecho a la educación tanto de los hombres como de las mujeres, dicho postulado quedó manifiesto en las *Memorias del Primer Congreso Pedagógico Centroamericano de 1893*; "este Congreso ha aceptado ya, tácitamente, la igualdad sustancial en la educación del hombre y la mujer, al adoptar idénticos programas y métodos de enseñanza para las escuelas de uno y otro sexo" (p. 280), y después continúa con la siguiente sentencia: "reconocemos que en el pasado hemos sido poco justos con la mujer al no brindarle las mismas oportunidades que al hombre para mejorar su condición" (*Primer Congreso Pedagógico Centroamericano de 1893*, 1894, p. 280).

Acosta de Samper (2011) en su artículo "Aptitud de la mujer para ejercer todas las profesiones. Memoria presentada en el Congreso Pedagógico-Hispano-Lusitano-Americano reunido en Madrid en 1892" recupera los discursos y debates de dicho evento, que se inserta dentro de una tradición por celebrar congresos pedagógicos, porque la educación se concebía como un recurso indispensable para llegar al progreso; en este sentido, en los debates y exposiciones se planteaba la condición de la mujer y la necesidad de su educación porque no se podía mantener en un estado de ignorancia. También se discutió sobre la justa medida de dicha educación hacia las mujeres, es decir, ¿qué tanto educarla?, ¿hasta dónde?, dejarla sin educación, así como educarla hasta los niveles superiores implicaba riesgos que atentaban contra la moral y las buenas costumbres.

Por otro lado, así como a la mujer le correspondía la primera instrucción, ya sea como madre en el seno del hogar, o como maestra en la escuela de párvulos y de primeras letras, Baranda (1887), ministro de Justicia e Instrucción Pública de 1882 a 1901, nombrado por el presidente Manuel

González y ratificado por el presidente Porfirio Díaz, en su *Memoria presentada al Congreso de la Unión con respecto al ramo de la instrucción pública*, expresó que se debía "fundar una Escuela Normal para profesoras, porque no se le oculta que corresponde a la mujer propagar la primera instrucción, para lo cual se necesitan no sólo conocimientos en la pedagogía moderna, sino cariño, abnegación y ternura" (p. IX). Se esbozaba la necesidad de redoblar esfuerzos con respecto a la instrucción de los más pequeños, aunque estaba claro que el proceso civilizatorio requería cubrir hasta el nivel de educación superior. No obstante, claramente se menciona que quienes estudiaran en la Normal de Profesoras debían ser señoritas, en consecuencia, la mujer casada en su rol de madre y esposa estaría encargada desde el hogar de la educación de los hijos en sus primeros años de vida.

No se debe olvidar que el siglo XIX se caracterizó por un fuerte pragmatismo, por tal razón la mujer ocuparía su tiempo de una forma útil, por medio de la propaganda científica continuaría con su educación en la casa y utilizaría de una forma provechosa espacios dedicados a la lectura en el ámbito privado sin olvidar educar a sus hijos, atender a su esposo y cuidar su casa. La importancia de la educación queda sintetizada en las palabras de Baranda (1892):

La prosperidad de los pueblos, la firmeza de sus principios, la rectitud de sus costumbres, la pureza de sus sentimientos patrios, y en suma, el fundamento de la moral, dependen en gran parte de las ideas que unas generaciones transmiten a las que les suceden, para continuar ese

desarrollo progresivo de la inteligencia, ese enlace de conocimientos que tanto importa a la vida de toda sociedad organizada. (p. XXII)

Todos los habitantes de México habrían de cumplir la función social que les correspondiera, la mujer: educar, ser un modelo de virtud y base moral del hogar.

CONCLUSIONES

Básicamente las mujeres que continuaban sus estudios se debían dedicar a la enseñanza, no obstante, también se les concibió en un ramo fundamental del proyecto moderno de nación que fue el de las comunicaciones, al formarlas también para ser telegrafistas.

En provincia eran pocas las alternativas, de ahí la importancia de la prensa como una forma de propaganda científica que instruía e ilustraba a la población, por tal razón se generaron espacios periodísticos destinados específicamente al público lector femenino, que (aunque no se cuente con datos), seguramente fue muy reducido.

El Republicano y *El Instructor* fueron medios impresos locales con líneas editoriales relacionadas con el liberalismo y el positivismo; es decir, con el ideario y proyecto republicano por un lado y con la valoración del conocimiento científico con modelos de enseñanza positivista por el otro. La mujer, desde el ámbito de lo privado, comenzaría a echar las raíces con respecto a ambas tendencias: cívica y progreso, como una forma de fincar imágenes de mundo.

REFERENCIAS

- Acosta de Samper, S. (2011). Aptitud de la mujer para ejercer todas las profesiones. Memoria presentada en el Congreso Pedagógico Hispano-Lusitano-Americano reunido en Madrid en 1892. *Revista de Estudios Sociales*, 28, 169-175. Recuperado de <http://132.248.9.34/hevila/RevistadeestudiossocialesBogota/2011/no38/13.pdf>
- Alvarado, L. (2005). *Educación y superación femenina en el siglo XIX: dos ensayos de Laureana Wright*. [Transcripción y estudio introductorio]. México, D. F.: UNAM.
- Archivo General de la Nación.
- Archivo Histórico del Estado de Aguascalientes.
- Ballarín, P., Birriel, M. M., Martínez, C., & Ortiz, T. (2010). *Las mujeres y la historia de Europa*. Granada, España: Universidad de Granada-Omega Alfa Biblioteca libre. Recuperado de <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/22237/1/las-mujeres-y-la-historia-de-europa.pdf>
- Baranda, J. (1887). *Memoria presentada al Congreso de la Unión*. México: Imprenta del Gobierno.
- _____ (1892). *Memoria de Justicia presentada al Congreso de la Unión*. México: Imprenta del Gobierno Federal.
- *El Instructor* (s. f.). *Periódico científico, literario y de avisos*. Jesús Díaz de León (Editor). Aguascalientes, México.
- *El Instructor* (1° de julio de 1886). [Imagen de primera plana]. México: Archivo Histórico del Estado de Aguascalientes-Hemeroteca Nacional UNAM.
- *El Republicano* (s. f.). *Periódico Oficial del Gobierno del Estado*. Aguascalientes, México: Secretaría de Gobierno.
- Hemeroteca Nacional Digital de México (s. f.). UNAM.
- Infante Vargas, L. (2008). De la escritura personal a la redacción de revistas femeninas. *Mujeres y cultura escrita en México durante el siglo XIX. Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 29(113), 69-105.
- *Memorias del Primer Congreso Higiénico-Pedagógico reunido en la Ciudad de México en el año de 1882*. (1883). México: Imprenta del Gobierno.
- *Primer Congreso Pedagógico Centroamericano de 1893*. (1894). Guatemala: Tipografía y Encuadernación Nacional.
- Saloma Gutiérrez, A. (2000). De la mujer ideal a la mujer real. Las contradicciones del estereotipo femenino en el siglo XIX. *Cuicuilco*, 7(18), 1-18. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35101813>
- *Segundo Congreso Nacional de Instrucción. Informes y Resoluciones*. (1891). México: Imprenta de Francisco Díaz de León.
- Staples, A. (2015). Mujeres ilustradas mexicanas, siglo XIX. En *Historia de las mujeres en México* (pp. 137-156). México: Instituto Nacional de Estudios Históricos de las Revoluciones de México-Secretaría de Educación Pública.
- Torres Aguilar, M., & Atilano Villegas, R. Y. (2015). La educación de la mujer mexicana en la prensa femenina durante el porfiriato. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, 17(24), 217-242.

Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia

Prospective analysis for using solar energy: Colombia's case

María Fernanda Serrano-Guzmán*✉, Diego Darío Pérez-Ruiz*, John Freddy Galvis-Martínez**, Marlon Leonardo Rodríguez Sierra**, Sandra Natalia Correa Torres***

Serrano-Guzmán, M. F., Pérez-Ruiz, D. D., Galvis-Martínez, J. F., Rodríguez Sierra, M. L., & Correa Torres, S. N. (2017). Análisis prospectivo del uso de energía solar: Caso Colombia. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 85-93.

RESUMEN

La preocupación por el aumento en las emisiones de gases efecto invernadero ha impulsado el abastecimiento energético a partir de fuentes como la energía solar. Sin embargo, la puesta en marcha de una central solar genera impactos adversos sobre el ambiente. Este artículo, derivado de la investigación sobre fuentes energéticas no convencionales, se centra en la identificación de los impactos en las fases de operación y puesta en marcha de centrales fotovoltaica y térmica y presenta además una prospectiva de las emisiones esperadas de CO₂ si se opta por este energético en un país como Colombia. El análisis prospectivo se realizó con LEAP empleando los valores de emisiones de CO₂ encontrados. En este estudio se evidencia que aunque existen impactos positivos, la presencia de impactos negativos exige la implementación de estrategias de mitigación ambiental de los daños causados. Se concluyó que es viable el uso de la energía solar.

Palabras clave: recurso natural; estación de potencia; energía solar; dióxido de carbono; impacto; emisiones.

Keywords: natural resource; power station; solar energy; carbon dioxide; impact; emissions.

Recibido: 13 de octubre de 2015, aceptado: 19 de agosto de 2016

* Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Cl. 18 #118-250, C. P. 760031, Cali, Valle del Cauca, Colombia. Correo electrónico: maria.serrano@javerianacali.edu.co; ddperrez@javerianacali.edu.co

** Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga. Autopista Piedecuesta kilómetro 7, C. P. 681007, Bucaramanga, Santander, Colombia. Correo electrónico: john.galvism@upb.edu.co; leonardo-marlon7@gmail.com

*** Ingeniería Ambiental, Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga. Autopista Piedecuesta kilómetro 7, C. P. 681007, Bucaramanga, Santander, Colombia. Correo electrónico: sandra.correa@upb.edu.co

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

There is a whole concern regarding the increasing in greenhouse gas emissions; due to this, it is encouraging the use of non-conventional energy sources as solar energy. Nevertheless, the implementation of solar power plants generates impacts on the environment. This article focuses on identifying impacts during the operation and commissioning of photovoltaic and thermal power plants and shows a prospective of the expected emissions of CO₂ if this source is applied in a country like Colombia. The prospective analysis was done using LEAP that includes CO₂ emissions values that were found. This study shows that although there are positive impacts, the presence of negative impacts requires the implementation of mitigation strategies for environmental damage. This study concluded that the use of solar energy is feasible.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo industrial en conjunto con el crecimiento poblacional está aumentando el consumo de energía suministrada a través de hidrocarburos, centrales hidroeléctricas y en algunos casos requiere energías no convencionales (Hernandez et al., 2014), todo esto con los costos económicos, sociales y ambientales respectivos. Justamente, debido a que se comprometen los recursos físicos y bióticos disponibles, en ocasiones de manera no sustentable y no sostenible, existe una fuerte tendencia al uso de energías no convencionales, las cuales liberan menos contaminantes responsables del detrimento en la calidad del ambiente.

La motivación del uso de la energía solar se fundamenta en la proyección que la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2015) hizo

con relación a esta fuente energética de la cual se proyecta que para 2028 alrededor de 13.75% de los 3,275 MW instalados corresponda a la misma (UPME, 2015), pero a pesar de los beneficios que representa, existen impactos ambientales que deben ser mitigados cuando un país opta por este sistema energético.

El presente artículo señala los impactos ambientales generados durante su producción y uso. Asimismo, se incluye un análisis prospectivo aplicado para el escenario de Colombia, que demuestra la conveniencia de su aplicación atendiendo a las bajas emisiones atmosféricas.

Identificación de impactos ambientales

La producción y uso de energía solar repercute de manera positiva y negativa en el ambiente. La primera se hace evidente porque este energético produce hasta 18.8% menos emisiones de CO₂ (Hernandez et al., 2014), favorece el proceso incluyente de energía para poblaciones rurales y se hace parte de la oferta energética de las comunidades con posibilidad de oportunidades laborales para proveedores de celdas y paneles y para los responsables del funcionamiento de la planta de producción, que incluso puede estar ubicada en terrenos degradados pero que se recuperan con la construcción de la central solar. Todas estas justificaciones positivas hacen que este energético sea un medio para la mejora en la calidad de vida de los países en desarrollo (Burney, Woltering, Burke, Naylor, & Pasternak, 2010; Tsoutsos, Frantzeskaki, & Gekas, 2005). Con respecto a los segundos, se asocian más a la fase de conservación y desmantelamiento de la planta por la permanencia que puedan tener en el paisaje las adecuaciones realizadas durante la operación de la central solar, cuya vida útil puede ser de 25 a 40 años (UPME, 2015).

Además de lo señalado anteriormente, un sistema de este tipo de combustible puede afectar la biodiversidad, el recurso hídrico, suelo y cobertura vegetal, la salud humana y la calidad del aire. Es un hecho que los impactos serán evidenciados en las distintas etapas del ciclo de vida de la central solar y tendrán magnitudes diferenciales (UPME, 2015).

Las grandes centrales solares requieren grandes extensiones de tierra para la instalación de celdas o paneles solares y éstos alteran el paisaje, y pueden causar desertificación (Bastida, Moreno, Hernández, & García, 2006), generan barreras para la movilidad de las especies y en algunos casos obligan

a la migración definitiva de las mismas afectando sensiblemente a la biodiversidad (UPME, 2015). Por otro lado, la remoción de la cobertura vegetal hace que se favorezca la liberación de carbono a la atmósfera en forma de dióxido de carbono (CO₂), lo que disminuye la concentración de carbono en el recurso suelo (UPME, 2015) esto atenta contra la calidad del suelo, afecta la capacidad para la sustentabilidad de los sistemas productivos y repercute en la fertilidad y la productividad de la tierra para la producción de alimentos y para la seguridad alimentaria (Fthenakis, & Chul Kim, 2009). También la instalación de paneles solares, que pueden elaborarse con plomo, níquel, arsénico y en ocasiones con teluro de cadmio, sustancias que requieren adecuados procesos de disposición (IPCC, 2012; Sinha et al., 2008) en consideración a su toxicidad (IEA, 2014).

Finalmente, durante la operación de la central solar es común llevar a cabo actividades de lavado de paneles o espejos, con lo cual se puede contaminar el agua. Para esta labor se ha encontrado que son necesarios alrededor de 0.02m³ de agua por megavatio hora de energía (UPME, 2015). En este caso, aunque el impacto por consumo de agua es bajo, la disposición final de las aguas con sedimentos, cuando son descargadas al suelo durante el lavado, afectan la cobertura vegetal, lo que propicia espacios para la erosión. A lo anterior se suma la ocupación permanente de la tierra por los paneles y las redes de transmisión, así como la afectación sobre la visibilidad tanto para los vehículos que ocupan las vías perimetrales como las aves que ocupan el espacio aéreo (Hernandez et al., 2014).

A continuación se resumen los impactos más relevantes en los distintos recursos naturales:

Aire. Son similares a los que se producen por cualquier instalación industrial de gran escala y que, por tanto, pueden afectar la calidad del aire, la salud de los empleados de la planta y la de los residentes en las inmediaciones de la central solar (Office of Indian Energy and Economic Development, 2015). Inclusive, por acción del viento, pueden llegar a liberarse patógenos presentes en el suelo que pueden movilizarse a través de las corrientes de aire (Pepper, Gerba, & Newby, 2009). Además, ante una eventual movilidad de material particulado durante la operación de la planta, se producen cortinas de polvo que disminuyen la visibilidad en las carreteras y pueden llegar a afectar los cuerpos de agua (Ravi et al., 2011).

Durante la fase de clausura, la inadecuada disposición de las celdas fotovoltaicas que contienen cadmio, arsénico y sílice, puede favorecer la liberación de estos compuestos, exponiendo a las especies vegetales, animales y al hombre a los efectos nocivos por el contacto. Por otro lado, para contrarrestar estos efectos se emplean productos químicos de materiales supresores de polvo, líquidos refrigerantes y fluidos de transferencia de calor, y las sustancias que contienen pueden contaminar la superficie del agua subterránea y los reservorios de aguas profundas (Fthenakis, & Chul Kim, 2009; Gagnon, Bélanger, & Uchiyama, 2002; Tsoutsos et al., 2005).

Biota animal. El auge en las fuentes de energía solar está motivando la exportación de este tipo de energía y ha alcanzado fronteras internacionales (Deluchi, & Jacobson, 2011). Como ejemplo de esto, actualmente se está desarrollando un programa para transmitir energía de Oriente Medio y las regiones del norte de África a los países europeos, para lo cual se contempla la construcción de más de 78,000 km de líneas de transmisión para el año 2050 (Trieb, Schillings, Pregger, & O'Sullivan, 2012). Con seguridad, la construcción de este tipo de redes extensas de líneas de transmisión impacta a corto y largo plazo las especies del entorno en donde se desarrolla el trazado en lo concerniente al desplazamiento de la fauna silvestre, eliminación de la cubierta vegetal y, en general, a la degradación de la calidad del hábitat (Trieb et al., 2012).

La energía solar y su relación con las emisiones de CO₂

El cambio climático está ocurriendo por la presencia de los gases de efecto invernadero (GEI), derivada de las actividades humanas que alteran la composición química, así como por la variabilidad climática atribuible a causas naturales (IPCC, 2014), lo que ha producido un aumento promedio aproximado de un grado Celsius en el último siglo, una elevación de aproximadamente 17 cm en el nivel del mar, pérdida de la biodiversidad marina, reducción de la captura de dióxido de carbono y disminución de la cobertura de hielo en los casquetes polares; efectos que repercuten en el hábitat de los asentamientos humanos y de los animales y vegetales (Herrán, 2012).

El dióxido de carbono es uno de los gases traza más comunes e importantes en el sistema atmósfera-

océano-Tierra, es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua (Benavides Ballesteros, & León Aristizábal, 2007). Este gas se libera por fuentes antropogénicas y naturales. En relación con las actividades humanas el CO₂ se emite, principalmente, por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo, sus derivados y gas natural) y leña para generar energía, por la tala y quema de bosques. Por otro lado, en el ciclo natural del carbono, el CO₂ cumple un rol principal en gran número de procesos biológicos. Las mayores concentraciones de CO₂ se presentan en el hemisferio norte, donde se encuentra la totalidad de los países industrializados responsables exclusivos de este aumento en la mayoría de los GEI en la atmósfera desde la revolución industrial, a mediados del siglo XIX (Benavides Ballesteros, & León Aristizábal, 2007).

El CO₂ es el GEI que más ha contribuido en el forzamiento radiativo que aumentó 20% desde 1995 hasta 2005, el cambio más grande observado o inferido para una década en los últimos 200 años. El forzamiento radiativo para el CO₂ corresponde a 1.66 W/m², frente a 0.48 W/m² aportado por el CH₄, 0.35 W/m² por el ozono troposférico y 0.16 W/m² por el N₂O y algunos halocarbonos (Benavides Ballesteros, & León Aristizábal, 2007). Como dato significativo, cabe resaltar que países como China y Estados Unidos se ubicaron en el primer y segundo lugar, respectivamente, como mayores productores de emisiones de CO₂, seguidos por India, Rusia y Japón, que ocuparon el tercer, cuarto y quinto lugar, respectivamente.

La problemática generada por la sobreproducción de CO₂ a nivel mundial representa una preocupación a nivel mundial, en donde países como China y Estados Unidos han ocupado el primer y segundo lugar en producción del mismo (Marland, Boden, & Andres, 2013). Los inconvenientes ambientales por las energías convencionales han motivado el uso de otras fuentes de energía, es entonces cuando surge la solar como un sistema con ventajas medioambientales evidentes en comparación con las fuentes convencionales. Su principal ventaja está relacionada con las bajas emisiones de CO₂ (Tsoutsos et al., 2005) frente a otras no convencionales (tabla 1).

Tabla 1
Emisiones de CO₂ por diferentes tecnologías energéticas

Emisión	Central térmica solar (*1)	Central de generación de energía fotovoltaica (*1)	Gas*2	Petróleo *2	Carbón *2
CO ₂ (Kg/KWh)	1.4	0.6-1.0	181.08	253.83	321.93

Nota: Adaptada de *1 Tsoutsos et al. (2005) y *2 Naturalgas.org (2013).

En producción de silicio para celdas solares en concentraciones de 1 p.p.m., se requiere un consumo adicional de energía de 15 a 20 kWh/kg de silicio monocristalino y de 50 kWh/kg de silicio policristalino (Dubey, Jadhav, & Zahirava, 2013). Asimismo, para la producción de baterías se emplean diferentes metales pesados, los cuales aportan a la huella en el agua producida durante la elaboración de estas baterías y ello conlleva a la liberación de CO₂ según el metal que se emplee (Sullivan, & Gaines, 2012) (tabla 2).

Tabla 2
Emisiones y contaminación en el agua por kg de batería producida

Tecnología	CO ₂ (g/kg)
Níquel-hidruro metálico (NiMH)	13.6
Plomo-ácido (PbA)	3.2
Níquel-cadmio (NiCd)	9.6
Sodio-azufre (Na/S)	14.3
Total	40.7

Nota: Adaptada de Sullivan y Gaines (2012).

El auge de la energía solar se ha elevado tanto en el uso de la tecnología de celdas fotovoltaicas como en la energía solar concentrada (Torresol Energy Investments, 2010 a). Las plantas solares térmicas con colectores de cilindros parabólicos se componen de lazos o hileras de espejos de forma parabólica que concentran la radiación solar en un tubo

colector central por el que circula un aceite térmico que se calienta para alcanzar una temperatura cercana a los 400 °C. Este aceite caliente se traslada a un intercambiador térmico, donde se vaporiza el agua que acciona un generador que, a su vez, inyecta la energía eléctrica a la red en una turbina de vapor (Torresol Energy Investments, 2010 b).

Para la producción de una planta que se desarrolla en un área de 2 km² y tiene la capacidad de producir 50 MW se consumen 97,691 MWh/año de gas natural y 16,338 MWh/año de electricidad convencional; además, se generan 187,581 MWh/h de energía (Burkhardt, Heath, & Turchi, 2011), proceso en el cual se liberan de 0.20 a 0.34 g/KWh de SO₂ y 0.18 a 0.30 g/kWh de NOx (Gutiérrez, 2001). Con relación a la huella en el agua, estas plantas consumen cantidades diferentes en las distintas etapas del ciclo de vida (tabla 3).

En las plantas de torre central, los heliostatos (espejos planos) reflejan la radiación solar en un receptor situado en lo alto de la torre por la cual circulan sales de nitrato fundidas. Dichas sales son impulsadas desde un "tanque frío" hasta el receptor situado en la parte de arriba, donde se calientan hasta alcanzar 565 °C. Las sales calientes bajan al intercambiador de calor para generar vapor de agua (US Department of Energy, 2008) y libera de esta forma de 20 a 50 g/kWh de CO₂ (Nelson, Ghambir, & Ekins-Daukes, 2014), de 0.13 a 0.27 g/kWh de SO₂ y de 0.06 a 0.13 de NOx g/kWh (Gutiérrez, 2001).

Tabla 3
Emisiones y consumo de agua de los colectores de cilindro-parabólicos

Fase del ciclo de vida	Emisiones (gCO ₂ eq/kWh)	Agua (litros/kWh)
Fabricación	13	0.50
Construcción	1.8	0.033
Operación	11	0.55
Desmantelamiento	0.12	0.00053
Disposición	2.1	0.0074
Total	28	1.1

Nota: Adaptada de Torresol Energy Investments (2010 a). Elaboración propia.

Políticas relevantes hacia el uso de energía solar como alternativa para la mitigación del cambio climático

A pesar del impacto negativo y considerando los beneficios por la baja producción de CO₂, la energía solar se considera una alternativa energética limpia que produce menor cantidad de emisiones contaminantes que los tipos de energía convencionales. Por esto, los países desarrollados trabajan alrededor de un programa de transición mediante políticas que incentivan el uso de energías no convencionales. A continuación, se presenta una síntesis de las iniciativas más sobresalientes:

- En Estados Unidos se estimó que por lo menos 2% de la electricidad sería suministrada por sistemas solares fotovoltaicos, mismos que efectivamente suministraron 50, 000 MW en instalaciones solares fotovoltaicas, así como más de 6, 600 MW de energía solar concentrada (US Department of Energy, 2008). Para el periodo comprendido entre 2009 y 2010 se evidenció un incremento de 11% en el uso de energías renovables y 77% en el uso de energía solar; en 2012 alcanzó la máxima capacidad acumulada de energía solar fotovoltaica de 7, 200 MW, empleada en diferentes Estados (Sahu, 2015).
- En China, debido al crecimiento industrial y a los asentamientos humanos, ha aumentado el consumo de energía (Martinot, 2001) y ha desencadenado problemas de contaminación ambiental, con hasta 75% por contaminación derivada del consumo de carbón empleado para generación eléctrica (Yanrui, 2003). Por lo anterior, como estrategia gubernamental fundamentada en los incentivos y directrices de gestión de nuevas fuentes de energía (National Renewable Energy Laboratory, 2004), siguiendo en este esquema político, el gobierno chino espera reducir la emisión de dióxido de carbono en 17% para 2020 (Sahu, 2015).
- En Alemania, luego de la comisión de cambio climático de 2004, en donde se estableció la necesidad mundial de reducir el dióxido de carbono y gas metano en 80% para 2050, se elaboró el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) (Lauber y Mez, 2004). Por ello se proyectó el uso de la energía renovable en 38% para 2020, 50% para 2030, 65% para 2040 y 80% para 2050, con una capacidad total acumulada de energía solar por fotoceldas de 51,750 MW7

adicionados de 3, 500 MW por año. Conviene destacar también que Alemania es uno de los países que mayor número de investigaciones ha realizado sobre uso de energía solar y llegó a registrar en 2010 un total de 290 patentes relacionadas (Grigoleit, & Lenkeit, 2012).

- En cuanto a Japón, el gobierno estableció un programa incremental de uso de energía renovable para enfrentar la alta demanda de energía, de modo que para 2030 se proyecta que entre 25% y 35% de la generación total sea de tipo renovable, invirtiendo 700 millones de dólares en energía nueva y renovable. Según la Agencia de Recursos Naturales y Energía (ANRE), las energías renovables alcanzaron 1, 662, 000 kW, de los cuales 93.8% correspondió a energías fotovoltaicas (Ravi et al., 2011). Para 2050, según el Instituto de Políticas de Energía Sostenible (ISEP), se espera la implementación de 100% de consumo de energía mediante abastecimiento por modos no convencionales (Fthenakis, Moskowitz, & Lee, 1984).

Proyección del uso de energía solar para el caso de Colombia

Con relación a Colombia, la ley 1715 de 2014 señala que se debe buscar el aprovechamiento del recurso solar en proyectos de urbanización municipal o distrital, en edificaciones oficiales, en los sectores industrial, residencial y comercial planteando incentivos tributarios para los constructores que implementen fuentes de energía limpias en sus proyectos. Aun así, el desarrollo de este tipo de energía en Colombia está en proceso de implementación.

Para la proyección del tipo de energía estudiado se propone el imaginario de materias prima y energía que requiere una planta torre central como la existente en España, país que tiene una población cercana a la de Colombia. Se consideró el funcionamiento de la central por un lapso de 6,230 h/año y una eficiencia campo solar de 45.6% (Tsoutsos et al., 2005).

En el escenario de autoabastecimiento energético se espera en el mediano plazo una mayor eficiencia en los procesos agrícolas e industriales, y según lo mismo que se tome la decisión de implementar la energía solar (por lo menos en 0.6% de la oferta energética) (UPME, 2015). Se presenta una perspectiva de la penetración de este tipo de energía (tabla 4).

Tabla 4
Escenario autosuficiencia

	2010	2020	2030	2040	2050
Solar (fotovoltaica)	0%	1%	2%	2.5%	3%
Termosolar	0%	0%	1%	1.5%	2%

Nota: Fuente: Rodríguez y Serrano-Guzmán (2015).

Tabla 5
Emisiones de CO₂

Emisión	Central térmica solar	Central de generación de energía fotovoltaica
CO ₂ (kg/kWh)	1.4	0.6-1.0
CO ₂ (kg/m ²)	840	-----

Nota: Adaptada de Tsoutsos et al. (2005).

Para la proyección de las dos tecnologías (fotovoltaica y termosolar) en 2050, se consideraron los valores de emisiones de CO₂ reportados en la literatura y con la ayuda de la herramienta computacional LEAP (Long range Energy Alternatives Planning System), se proyectaron según la demanda de la tabla 4 los valores consignados en la tabla 5.

Según los resultados arrojados por dicho software, se espera que para 2050 las emisiones de CO₂ provenientes de esta planta solar (fotovoltaica) sean de 0.3 millones de toneladas de CO₂ frente a 0.025 de 2020. En el caso de la proyección de emisiones de CO₂ por el uso de energía solar térmica (termosolar) se esperan alrededor de 350, 000 t de CO₂ para el año 2050, frente a 40, 000 t hacia 2025 (figura 1). La comparación entre las dos alternativas deja entrever que la energía termosolar produce mayor cantidad de emisiones que la solar fotovoltaica. El incremento en las emisiones de CO₂ en la primera ocurre porque se requiere mayor cantidad de agua para la producción de energía debido a sus procesos térmicos, y aunque esta tecnología se proyecta para aparecer 10 años después de la fotovoltaica, genera mayores emisiones de CO₂ que ésta llegando al año 2050.

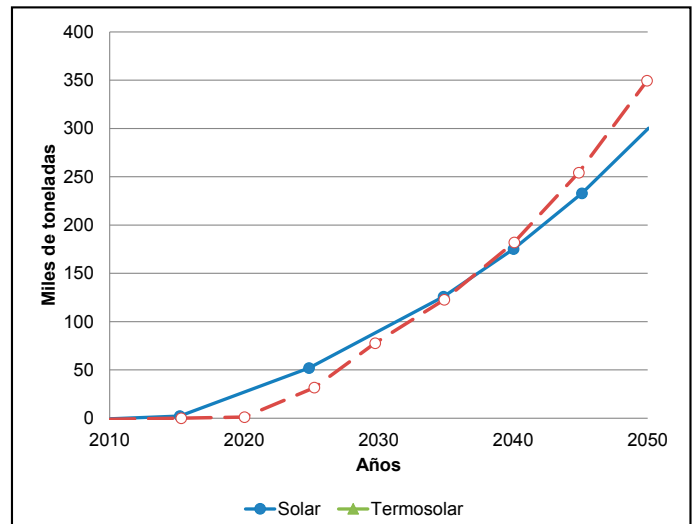


Figura 1. Comparación de las emisiones de CO₂ de energía solar (fotovoltaica) y energía termosolar.

Fuente: Rodríguez y Serrano-Guzmán (2015).

centrales obliga a que se establezca un programa de disposición de desechos adecuado.

La recomendación para los países en vías de desarrollo es diseñar un programa de incorporación de la energía solar de forma gradual, incremental; de la misma forma, Fthenakis et al. (1984) describe la forma como Japón diseñó su estrategia de inclusión en el mercado. Igualmente, es necesario que se propongan incentivos tributarios, tanto para el constructor que en sus sistemas de abastecimiento incluya energías no convencionales, por ejemplo, para el funcionamiento de ascensores e iluminación de áreas comunes, como para las comunidades que adopten este sistema. Resulta conveniente que en cada región se realice la modelación correspondien-

DISCUSIÓN

Existe una preocupación mundial por el deterioro del ambiente y particularmente por el aumento en la producción de GEI. La solar se perfila como una fuente energética limpia que se caracteriza por bajas emisiones. Aun así, se generan impactos negativos derivados de la etapa de producción de paneles y del desmantelamiento de las centrales. La connotación de residuos electrónicos de estas

te de los energéticos no convencionales que se espera implementar porque las tecnologías disponibles varían entre las regiones y se debe seleccionar la que es viable de conseguir en el mercado. Es importante destacar también que la posibilidad de llevar servicio eléctrico a comunidades no interconectadas a la red central se viabiliza con la implementación de un sistema solar.

Para que este tipo de iniciativa sea ambientalmente aceptada se deben acometer medidas de control y mitigación de las actividades que producen efectos adversos. Se plantean las siguientes acciones preventivas y mitigadoras:

- Las afectaciones al recurso hídrico se pueden controlar mediante la construcción de trampas de sedimentos y canales perimetrales; en las primeras se recogen los residuos que por el arrastre han alcanzado los cuerpos de agua. En los segundos, mediante la rugosidad y pendiente del canal se controla la movilidad del material que puede desplazarse por acción de la escorrentía o del viento.
- El control de drenaje superficial, además de mitigar la cantidad de sólidos suspendidos en el agua, favorece las repercusiones de la escorrentía superficial sobre la cobertura vegetal. Se recomienda la siembra de árboles y especies de la región en la periferia de la central solar. No se recomienda la reposición de la biomasa con especies de gran altura, a menos que las mismas se ubiquen fuera del área de influencia de la central porque pueden producir sombra.

- Por otro lado, el movimiento de material particulado se puede controlar mediante la siembra de barreras vivas perimetrales y el uso de nanomateriales fijadores de este material.
- En cuanto a la biodiversidad, además del cálculo de la biomasa equivalente, es útil que se recreen escenarios de hábitat en las inmediaciones de las estaciones solares.

CONCLUSIONES

La energía solar es parte de la oferta energética de varios países. En aquellos en donde existen políticas definidas con inversión en tecnología se han logrado proyectos solares eficientes y los impactos ambientales generados durante la operación de las centrales solares pueden ser mitigados con mantenimiento preventivo a la infraestructura existente en las inmediaciones de la estación solar. Asimismo, cuando se requiera mantenimiento correctivo debe existir un programa ambiental para la disposición de los residuos líquidos o sólidos que se generan.

La alternativa de energía solar puede ser una opción viable para abastecimiento en comunidades rurales. Además, aunque el uso de la tecnología termosolar requiere mayor cantidad de agua que la fotovoltaica debido a sus procesos térmicos, ambas liberan menos CO₂ que los combustibles fósiles. La decisión de la puesta en marcha de uno u otro sistema requiere el apoyo de entidades gubernamentales mediante incentivos tributarios a los productores y consumidores de energía solar.

REFERENCIAS

- Bastida, F., Moreno, J., Hernández, T., & García, C. (2006). Microbiological activity in a soil 15 years after its devegetation. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(8), 2503-2507.
- Benavides Ballesteros, H. O., & León Aristizabal, G. E. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático (Nota técnica de IDEAM. IDEAM-METEO/008-2007). Recuperado e 2 de febrero de 2015, de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>
- Burkhardt III, J. J., Heath, G. A., & Turchi, C. S. (2011). Life cycle assessment of a parabolic trough concentrating solar power plant and the impacts of key design alternatives. *Environmental Science & Technology*, 45(6), 2457-2464. Recuperado el 9 de octubre de 2015, de <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es1033266>
- Burney, J., Woltering, L., Burke, M., Naylor, R., & Pasternak, D. (2010). Solar-powdered drip irrigation enhances food security in the Sudano-Sahel. *Proceeding of the National Academy of Sciences of United States of America*, 107(5), 1848-1853.
- Deluchi, M., & Jacobson, M. Z. (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part II: Reliability, system and transmission costs, and policies. *Energy Policy*, 39(3), 1170-1190.
- Dubey, S., Jadhav, N., & Zahirova, B. (2013). Socio-Economic and Environmental Impacts of Silicon Based Photovoltaic (PV) Technologies. *Energy Procedia*, 33, 322-334. Recuperado el

25 de septiembre de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/consultaremotu.upb.edu.co/science/article/pii/S1876610213000830>

- Fthenakis, V., & Chul Kim, H. (2009). Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1465-1474.
- Fthenakis, V., Moskowitz, P., & Lee, J. (1984). Manufacture of amorphous silicon and GaAs thin film solar cells: an identification of potential health and safety hazards. *Solar Cells. Biomedical and Environmental Assessment Division*, 13(1), 43-58.
- Gagnon, L., Bélanger, C., & Uchiyama, Y. (2002). Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001. *Energy Policy*, 30(14), 1267-1278.
- Grigoleit, T., & Lenkeit, D. (2012). The renewable energy industry in Germany. A glance at industry promotion policies in selected energy sectors. *Energia Ambiente e Innovazione*, 3. Recuperado el 10 de marzo de 2015, de http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Articles/The-renewable-energy-industry-in-germany.pdf
- Gutiérrez, C. (2001). Small hydro: Policy and potential in Spain. *Renewable Energy World*, 4(5), 148-152.
- Hernandez, R., Easter, S., Murphy Mariscal, M., Maestre, F., Tavassoli, M., Allen, E., ... Michael, A. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 766-779.
- Herrán, C. (2012). *El cambio climático y sus consecuencias para América Latina*. México: Proyecto Energía y Clima de la Fundación Friedrich Ebert (FES). Recuperado el 2 de febrero de 2015, de <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/la-energiayclima/09164.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2012). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (SRREN)*. New York, US: Cambridge University Press.
- _____ (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad-Resumen para responsables de políticas*. Recuperado el 12 de marzo de 2015, de https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgll_spm_es.pdf
- International Energy Agency. (septiembre 2014). Publications. Recuperado el 25 de noviembre de 2015, de <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/>
- Lauber, V., & Mez, L. (2004). Three decades of renewable electricity policies in Germany. *Energy & Environment*, 15(4), 599-623.
- Marland, G., Boden, T., & Andres, R. J. (2013). *Carbon Dioxide Information Analysis Center CDIAC. Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions*. Tennessee, US: Oak Ridge National Laboratory US Department of Energy.
- Martinot, E. (2001). World bank energy projects in China: Influences on environmental protection. *Energy Policy*, 29(8), 581-594.
- National Renewable Energy Laboratory. (2004). *Renewable Energy in China*. Golden, CO: NREL. Recuperado el 15 de marzo de 2015, de www.nrel.gov.
- Naturalgas.org. (2013). *Natural Gas and the Environment*. Recuperado el 15 de octubre de 2015, de <http://naturalgas.org/environment/naturalgas/>
- Nelson, J., Ghambir, A., & Ekins-Daukes, N. (2014). *Solar power for CO2 mitigation* (Briefing paper 11). Imperial College. London, UK: Grantham Institute for Climate Change.
- Office of Indian Energy and Economic Development. (2015). *Tribal Energy and Environmental Information Clearinghouse*. Recuperado el 25 de noviembre de 2015, de <http://teeic.indianaffairs.gov/aboutus/index.htm>
- Pepper, I., Gerba, C., & Newby, D. (2009). Soil: a public health threat or savior? *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39(5), 416-432.
- Ravi, S., D'Odorico, P., Brashear, D., Field, J., Goudie, A., Huxman, T., ... Zobeck, T. (2011). Aeolian processes and the biosphere. *Review of Geophysics*, 49(RG3001), 1-45.
- Rodríguez-Sierra, M. L., & Serrano-Guzmán, M. F. (2015). Emisiones del carbón por diferentes tecnologías, proyectadas mediante el software LEAP al año 2050 [Entregable del Semillero de *Prospectiva Energética Colombia 2050*]. Bucaramanga, Santander, Colombia: ECOPEPETROL, S. A.-UIS-UNAB-UPB.
- Sahu, B. K. (2015). A Study on global solar PV energy developments and policies with special focus on the top ten solar PV power producing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 621-634.
- Sinha, P., Kriegner, C., Schew, W., Kaczmar, S., Traister, M., & Wilson, D. (2008). Regulatory policy governing cadmium-telluride photovoltaics: A case study contrasting life cycle management with the precautionary principle. *Energy Policy*, 36(1), 381-387.
- Sullivan, J. L., & Gaines, L. (2012). Status of life cycle inventories for batteries. *Energy Conversion and Management*, 134-148. doi: 10.1016/j.enconman.2012.01.001
- Torresol Energy Investments (2010 a). Torresol Energy reinventing solar power. Tecnología de captadores cilindro parabólicos. Recuperado el 7 de octubre de 2015, de <http://www.torresolenergy.com/TORRESOL/tecnologia-colectores-cilindro-parabolicos/es>

- _____ (2010 b). Torresol Energy reinventing solar power. Tecnología de torre central. Recuperado el 8 de octubre de 2015, de <http://www.torresolenergy.com/TORRESOL/tecnologia-torre-central/es>
- Trieb, F., Schillings, C., Pregger, T., & O'Sullivan, M. (2012). Solarelectricity imports from the Middle East and North Africa to Europe. *Energy Policy*, 42(C), 341-353.
- Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy*, 33(3), 289-296. Recuperado el 25 de septiembre de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/consultaremota.upb.edu.co/science/article/pii/S0301421503002416>
- Unidad de Planeación Minero-Energética. (2015). *Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050*. Bogotá, Colombia: Autor.
- US Department of Energy. (2008). Solar power could provide 10% of U.S. electricity by 2025. *Mother Earth News. The Original Guide to Live Wisely*, 25 de junio de 2008 [Reimpresión de *EERE Network News*, hoja informativa del Departamento de Energía de EE. UU.] Recuperado de <http://www.motherearthnews.com/renewable-energy/solar-power/solar-power-potential>
- Yanrui, W. (2003). Deregulation and growth in China's energy sector: A review of recent development. *Energy Policy*, 31(13), 1417-1425.

Variación en la coloración y los patrones del pelaje en los felinos

Variation in the colour and fur patterns in felines

Itzel Citlalli Rubio-Gutiérrez*, Luis Manuel Guevara-Chumacero*✉

Rubio-Gutiérrez, I. C., & Guevara-Chumacero, L. M. (2017). Variación en la coloración y los patrones del pelaje en los felinos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 94-101.

RESUMEN

La familia Felidae, representada por 37 especies, presenta alta diversidad de patrones en su pelaje: liso, rosetas, rayas o manchas. En este trabajo se abordan diferentes aspectos de la evolución, función y variaciones en los patrones del pelaje de los felinos. La teoría más aceptada de la coloración de su pelaje asume que el patrón ancestral es un pelaje manchado. Actualmente, estos patrones se distribuyen en 22 especies con manchas, dos con rayas horizontales, dos con rayas verticales y seis presentan coloración uniforme. También presentan tonalidades atípicas como el melanismo (exceso de melanina) caracterizado por un pelaje oscuro –carácter benéfico– y el albinismo y leucismo (deficiencia de melanina) donde presentan una coloración blanca –carácter perjudicial–. Estas variaciones en el color y en los patrones del pelaje están estimuladas por la diversidad del hábitat y comportamiento, que tienen un papel importante en la comunicación, camuflaje y funciones fisiológicas de los felinos.

Palabras clave: patrones; melanismo; leucismo; albinismo; Felidae; patrón ancestral.

Keywords: patterns; melanism; leucism; albinism; Felidae; ancestral pattern.

Recibido: 7 de abril de 2016, aceptado: 20 de octubre de 2016

* Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, C. P. 09340, Iztapalapa, México. Correo electrónico: lezli_fbep@hotmail.com; lmgc@xanum.uam.mx
✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

The Felidae family, represented by 37 species, exhibits a variety of patterns on their fur: smooth coat, rosettes, streaks or spots. In this work, different aspects of the evolution, function and variations in pigmentation coat patterns of the felines are discussed. The most accepted theory of the coloration of their fur assumes that the ancestral pattern is a spotted coat. Currently, these are distributed in 22 species with blotchy, two with horizontal stripes, two vertical stripes and six have a uniform color. Also present atypical colorations as the melanism (melanin excess) characterized by a dark fur–beneficial character–, and the albinism and leucism (melanin deficiency) which present a white coat color–harmful character–. These variations that exist in color and coat patterns are stimulated by the diversity of habitat and behavior, having an important role in communication, camouflage and physiological functions of felines.

INTRODUCCIÓN

El pelaje es un derivado epidérmico que se considera exclusivo de la clase Mammalia, es quizá su característica más distintiva, ya que abarca una amplia variedad y patrones de coloración. Los pelajes estampados son típicos de muchos grupos de mamíferos, tales como manchas, rayas y otras marcas, que junto con el color y patrón del pelaje juegan un papel esencial en la supervivencia (Eizirik et al., 2010; Xu et al., 2013). Dentro de los mamíferos existe un grupo que presenta una variación en la tonalidad de su pelaje y muestra múltiples formas en sus patrones: los felinos. La familia Felidae, representada por 37 especies, exhibe una gran diversidad de colores y patrones de pelaje (rosetas, rayas, manchas o lisos,

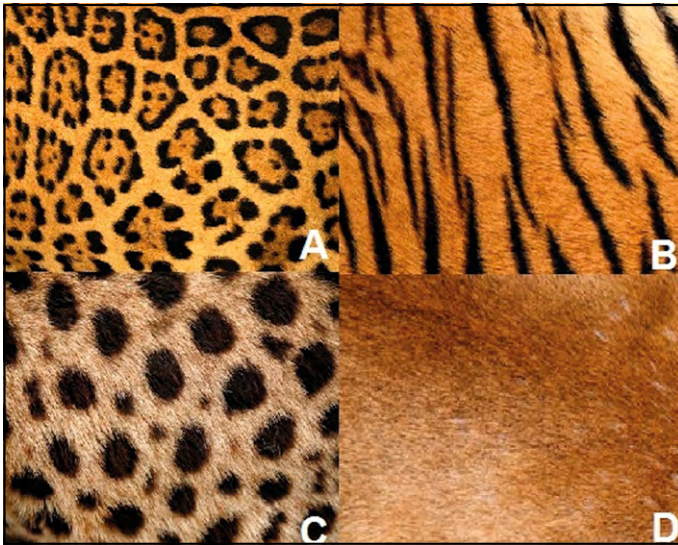


Figura 1. Patrones del pelaje que presentan los felinos: a) roseta, b) rayas, c) manchas, d) liso. Imagen modificada de Thüler (2002).

como se puede observar en la figura 1) (Eizirik et al., 2003; Gershony et al., 2014; Schneider et al., 2015).

Otros dos fenotipos pigmentarios característicos son el pelaje en negro (melanismo) y en blanco (leucismo y albinismo). Estas variaciones morfológicas que existen en el color del pelaje están correlacionadas con mutaciones, diversidad del hábitat y comportamiento (Allen, Cuthill, Scott Samuel, & Baddeley, 2011; Lyons, 2010; Ragni, & Possenti, 1996). El objetivo de este trabajo es dar a conocer las variaciones que existen en los patrones del pelaje dentro de la familia Felidae, describir su evolución y funciones, así como exponer las distintas coloraciones atípicas que presentan, las diferencias entre ellas, y si le brindan algún beneficio al animal.

Evolución de los patrones de coloración

La biología del desarrollo y el valor adaptativo de los patrones de pelaje de los felinos ha fascinado a los seres humanos durante muchos años, lo cual se atribuye a su gran variación y belleza. A pesar de esto, pocos estudios se han enfocado en estudiar la historia evolutiva de estos patrones. Esto puede deberse a la dificultad para atribuirlos a un mecanismo de desarrollo específico y por ser un carácter que difícilmente se fosiliza (Werdelin, & Olsson, 1997).

Una teoría sobre la evolución del patrón del pelaje en los felinos propone que el patrón ancestral es un pelaje manchado (Kitchener, Van Valkenburgh, & Yamaguchi, 2010; Thüler, 2002; Werdelin, & Olsson,

1997). El análisis de los seis patrones básicos del pelaje (motas [manchas pequeñas], rosetas, rayas verticales, pequeñas manchas, manchas y color uniforme [sin un patrón]), mediante un cladograma, demostró que las manchas son el carácter primitivo, a partir del cual los otros cinco patrones evolucionaron (figura 2) (Werdelin, & Olsson, 1997).

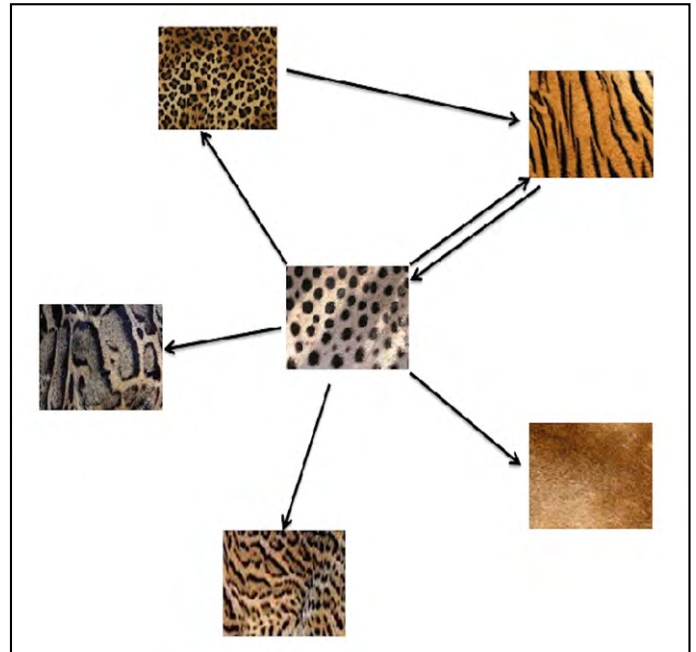


Figura 2. Origen de los patrones del pelaje a partir de un pelaje manchado. Imagen modificada de Werdelin y Olsson (1997).

Se cree que estas grandes manchas tuvieron la tendencia de romperse, primero formando un centro más claro, después mediante la ruptura en puntos más pequeños formando rosetas y más tarde en puntos individuales (Thüler, 2002); las rayas pudieron haberse originado de cualquier etapa intermedia de éstas (Kitchener et al., 2010).

Sin embargo, Allen et al. (2011), con base en el análisis de los patrones de coloración de 35 especies de felinos, sugiere que no es posible identificar el rasgo ancestral (pelaje manchado o liso), dado que sus resultados indican que ambos tipos de caracteres surgieron y se perdieron varias veces a lo largo de la historia evolutiva de los felinos. Este tipo de resultados con hipótesis diferentes sugieren la necesidad de realizar estudios en los que se comparen los patrones de coloración de especies de felinos en relación con modelos específicos de la biología del desarrollo.

¿Las manchas en los felinos son un carácter de reconocimiento individual?

En los mamíferos la pigmentación del pelaje puede variar, ya sea que esté presente de manera uniforme en todo el cuerpo o solo en algunos pelos individuales; al variar el tipo de melanina que se produce en diferentes regiones del cuerpo, se puede obtener una amplia gama de patrones (Mills, & Patterson, 2009). Como ya se mencionó, diversos grupos de mamíferos presentan patrones típicos en su pelaje, como pelaje liso, rayas, manchas y algunas otras marcas, que tienen la función de camuflaje, advertencia, reconocimiento y elección de la pareja (Mills, & Patterson, 2009).

Dentro del grupo de los felinos, 22 especies presentan manchas, dos especies tienen rayas horizontales, dos especies rayas verticales y seis tienen una coloración uniforme (Allen et al., 2011; Gershony et al., 2014). Esta variación en el pelaje es determinada principalmente por varios genes de herencia mendeliana (e.g., Taqpep y Edn3). Eizirik et al. (2010), por su parte, identificaron que el gen Tabby produce patrones rayados/manchas (rosetas), mientras que el gen Ticked origina un pelaje con colores oscuros intercalados con bandas de colores claros (abisinio); además hipotetizaron que hay genes que modifican a Tabby para producir el patrón de manchas oscuras.

La generación de estos resultados genéticos están permitiendo el surgimiento de hipótesis que ayudan a explicar la dinámica de desarrollo de la formación del pelaje de los felinos; sin embargo, es indispensable continuar estudiando las causas mecánicas de estos procesos, dado que muchas de ellas continúan siendo un misterio.

Un aspecto interesante es el hecho de que la coloración en los felinos es individual, esto quiere decir que ningún individuo posee el mismo patrón, aunque pertenezcan a la misma especie (Flores-Zavala, 2014). Incluso en algunas especies de felinos, entre la etapa juvenil y adulta, se presentan cambios permanentes en la coloración y/o en los patrones del pelaje; por ejemplo, *Puma concolor* cuando es juvenil presenta un pelaje manchado, mientras que cuando es adulto presenta una coloración uniforme (Mills, & Patterson, 2009). En los tigres, la forma y densidad de sus rayas son diferentes entre las subespecies, y dentro de cada subespecie hay un patrón único para cada individuo; este

patrón se encuentra tanto en el pelaje como en la piel desnuda (Valvert-López, 2008).

Los especialistas utilizan los patrones del pelaje para identificar a los individuos, de la misma forma que las huellas digitales son utilizadas en los humanos. Esta identificación individual se realiza por medio de la comparación de fotografías del animal, en las cuales se observan detenidamente las formas y los patrones de las manchas. Los felinos que no presentan patrones de coloración también pueden identificarse por medio de lunares en su piel y variaciones en las tonalidades de la coloración, aunque es más complicada su identificación (figura 3) (Flores-Zavala, 2014; Valvert-López, 2008). Este reconocimiento de la individualidad de los felinos permite a los científicos determinar con mayor exactitud la densidad poblacional por área geográfica, lo cual tiene implicaciones en el conocimiento de las especies a nivel ecológico, evolutivo y de conservación (Flores-Zavala, 2014).

Melanismo, leucismo y albinismo

En el grupo de los mamíferos, los fenotipos de la coloración son frecuentemente polimórficos (variantes) y pueden representar adaptaciones a las condiciones ecológicas cambiantes (Caro, 2005). Su coloración está determinada por la melanina, pigmento ubicado en la piel, el pelo y los ojos. La diversidad de la coloración se debe a los dos tipos principales de melanina: la feomelanina, que produce un color entre rojo y amarillo, y la eumelanina, que produce una coloración entre negro y marrón (Hofreiter, & Schöneberg, 2010; Idoeta, De Santis, & Braquez, 2011; Peterschmitt,



Figura 3. El león presenta un patrón de pelaje uniforme. Fotografía tomada por Itzel Citlalli Rubio-Gutiérrez.

Grain, Arnaud, Deléage, & Lambert, 2009). Un exceso o una deficiencia de la melanina puede ocasionar coloraciones atípicas como el melanismo, albinismo y leucismo. Éstas presentan una baja continuidad de ocurrencia, pero son observadas en gran número de especies de vertebrados (Bried, Fraga, Calabuig, Miranda, & Neves, 2005; Idoeta et al., 2011).

El melanismo es la pigmentación oscura expresada como exceso de melanina en el pelaje y ha sido observado en diversos grupos de mamíferos (Majerus, & Mundy, 2003; Schneider et al., 2012). En los felinos es bastante común, ya que 13 especies de las 37 existentes presentan polimorfismo para el melanismo y son conocidas comúnmente como "panteras negras" (figura 4), aunque algunas mantengan su patrón moteado, e.g. jaguar y leopardo (Baskin, 2014; Gershony et al., 2014).



Figura 4. Jaguar con pelaje melánico.
Fotografía tomada por Itzel Citlalli Rubio-Gutiérrez.

Se han descubierto dos genes asociados con esta mutación: melanocortina-1-receptor (MC1R) y proteína de señalización agouti (ASIP) (Schneider et al., 2015) que participan en el orden de producción de melanina. Las causas más comunes que inducen el melanismo en los felinos son el aumento en la función de MC1R o la pérdida de la función en ASIP (Schneider et al., 2012, 2015).

Por ejemplo, el melanismo en el gato doméstico (*Felis catus*) es heredado como un rasgo recesivo asociado con una mutación por delección de dos pares de bases (pb) en el exón 2 del gen agouti (Eizirik et al., 2003; Lightner, 2008; Majerus, & Mundy, 2003). En el caso del jaguar (*Panthera onca*) se trata de un rasgo dominante asociado a una delección en un marco de 15 pb que elimina los

aminoácidos 101 al 105 en el gen MC1R (Eizirik et al., 2003; Lightner, 2008; Majerus & Mundy, 2003). Por otra parte, el jaguarundi (*Herpailurus yaguarondi*) se caracteriza por un rasgo semidominante asociado con una delección en un marco de 24 pb que elimina los aminoácidos del 95 al 102 en el gen MC1R (Horth, 2004; Lightner, 2008).

Dichas mutaciones son favorables para grandes felinos nocturnos cuyo pelaje negro puede ayudar a mezclarse mejor con su entorno, y que los hace menos visibles a las presas. Además puede estar vinculado a mutaciones beneficiosas en el sistema inmune; algunos felinos negros son más resistentes o inmunes a retrovirus como el virus de inmunodeficiencia felina (VIF) y el virus de la leucemia felina (VLF), que deprimen el sistema inmune y causan una variedad de enfermedades proliferativas y degenerativas (Miyazawa, 2002).

Por otra parte, la coloración del pelaje en blanco puede ser llamado de dos formas: albinismo y leucismo, y frecuentemente son confundidos (Xu et al., 2013). El primero es un trastorno congénito caracterizado por la falta de pigmento en el pelaje, la piel y los ojos (rosas o azul claro), mientras que el segundo es una particularidad genética debida a un gen recesivo que le da un color blanco al pelaje, pero el color de la piel y de los ojos se mantienen normales (Binkley, 2001; Castle, 1954; Imes, Geary, Grahn, & Lyons, 2006). En ambos casos, la coloración blanca se debe a la carencia de melanina (Binkley, 2001).

El albinismo se presenta en los gatos domésticos (*Felis catus*) y está asociado con una delección en la posición 975 del exón 2 del gen TYR, responsable de la codificación de la tirosinasa, enzima principal de la biosíntesis de melanina (Imes et al., 2006; Schmidt-Küntzel, Eizirik, O'Brien, & Menotti-Raymond, 2005). El fenotipo del gato siamés es una forma de albinismo, el cual produce pigmento solamente en las extremidades del cuerpo, creando una «máscara» oscura en la cara, las patas y la cola. Este tipo de albinismo se conoce comúnmente como apuntado o himalaya (Castle, 1954; Lyons, Imes, Rah, & Grahn, 2005).

El leucismo es el resultado de un alelo recesivo doble, como en el caso del león blanco, considerado como un raro fenotipo o una variante del color del león africano (*Panthera leo*), pero puede presentar ojos amarillos, azules o verdes (Turner, Vasicek, &



Figura 5. El pelaje blanco del tigre se debe al leucismo.
Fotografía tomada por Itzel Citlalli Rubio-Gutiérrez.

Somers, 2015). El tigre blanco, por su parte, presenta rayas de color marrón oscuro, pero su pelaje es blanco (figura 5), por lo cual es considerado como una variante rara del tigre de Bengala (*Panthera tigris tigris*), pero la presencia de eumelanina en los ojos y en el pelaje de las rayas lo caracteriza como un felino con leucismo (Larkin, 2012; Xu et al., 2013; Xu, & Luo, 2014).

Estas mutaciones son desfavorables, ya que los felinos con pelaje blanco y ojos azules presentan con mayor frecuencia degeneración del oído interno que causa sordera felina (Ryugo, & Menotti-Raymond, 2012; Strain, 2007). También son más propensos al desarrollo del carcinoma de células escamosas (cáncer de piel), que aparece sobre todo en el pabellón auricular y la nariz (Pibot, Elliott, Pibot, Biourge, & Elliott, 2009). En los gatos siameses comúnmente ocurre el estrabismo (situación anómala del globo ocular al elevar la cabeza) y nistagmo (movimiento continuo y lineal de los ojos), además las proyecciones en su retina muestran anomalías (Berman, & Cynader, 1972; Dessal, 2010; Webb, & Cullen, 2010).

Cabe señalar que se ha descubierto que algunas mutaciones de genes, que afectan los patrones de la coloración, han sido introducidas a las poblaciones salvajes vía introgresión (movimiento de genes de una especie a otra a consecuencia de un proceso de hibridación interespecífica) a partir de mamíferos domésticos, posiblemente mediante el retorno de individuos domésticos a la vida silvestre (Van Dam, 2001) o por la hibridación con sus parientes silvestres (Anderson et al., 2009), o ambas como se

explica para el gato conocido comúnmente como gineta (*Genetta genetta*) (Delibes, Mézan-Muxart, & Calzada, 2013). Cualquiera que sea la explicación de estas mutaciones en genes que influyen en cambios de los patrones de coloración, es notable la demanda de más investigaciones al respecto que incluyan exhaustivos análisis históricos, literarios y genéticos.

¿Tienen alguna función la coloración y los patrones del pelaje?

La coloración y, en mayor medida, los patrones que muestran los felinos, son intrigantes por su amplia variedad. Son estimulados por tres fuerzas evolutivas: la ocultación de los depredadores o presas (camuflaje), la comunicación interespecífica e intraespecífica, y por consideraciones fisiológicas (Caro, 2013). Estudios sobre la función de la adaptación de los patrones del pelaje indican que es probable que la función principal de esta variación sea el camuflaje (Caro, 2005; Ortolani, 1999; Ortolani, & Caro, 1996). En ese sentido, la coloración y los patrones del pelaje juegan un papel importante durante la caza del felino, al permitir que pasen desapercibidos en la vegetación, mientras se acercan sigilosamente a sus presas durante una emboscada para saltarles encima o en el acecho final (Ceballos, 2010).

Los felinos utilizan dos maneras principales de ocultarse usando su pelaje: la primera es conocida como camuflaje crípsis, donde el color general del cuerpo se asemeja a la coloración del entorno y es típico de felinos de hábitats abiertos. Por ejemplo, el pelaje del león (*Panthera leo*) le permite pasar desapercibido en el pasto seco de la sabana africana, mientras que en el puma (*Puma concolor*) su color café uniforme lo ayuda a camuflarse en una gran variedad de ambientes (Ceballos, 2010; Guillén, Martínez, Rincón, & David, 2007). La segunda se denomina coloración disruptiva, que ocurre cuando las rayas, manchas y/o motas oscuras contrastan con el color de fondo más claro, lo que ayuda a los felinos que habitan en los bosques a desaparecer en la luz moteada producida por los rayos de sol que caen a través de la vegetación (Caro, 2005; Kitchener et al., 2010).

Las especies con manchas (e.g. jaguar –*Panthera onca*–, ocelote –*Leopardus pardalis*–) (figura 6) están asociadas a una locomoción arbórea, viven en hábitats cerrados y su alimentación está basada principalmente en ungulados; las motas los ocultan

entre las sombras de la selva al interrumpir el contorno de sus cuerpos (Ceballos, 2010; Sunquist, & Sunquist, 2002). Las especies con rayas verticales se asocian a una locomoción terrestre y habitan principalmente en pastizales (Caro, 2005; Stankowich, & Coss, 2007), por ejemplo, el tigre (*Panthera tigris*), que usa las rayas como camuflaje para esconderse de su presa y pasa desapercibido en la vegetación iluminada por los rayos de luz que lo manchan de grandes sombras irregulares (Valvert-López, 2008). Hay felinos que viven en las montañas y tienen el pelaje de color claro o grisáceo como el leopardo de las nieves (*Panthera uncia*) (Sunquist, & Sunquist, 2002), que se alimenta principalmente de aves y de carnívoros medianos y pequeños (Lyngdoh et al., 2014).

Los resultados arrojan luz sobre la carrera de armamentos evolutivos adquiridos por los felinos para camuflaje y caza; sin embargo, es indispensable estudiar las capacidades adquiridas de la presa para reconocer lo antes posible a los depredadores por sus patrones de camuflaje. Como se mencionó, la coloración y los patrones de pelaje también tienen un papel importante en la comunicación visual de los felinos. El lince (*Lynx* sp.) y el caracal (*Caracal caracal*) acentúan los mechones largos y oscuros de las orejas cuando hay una señalización visual; el caracal, en particular, utiliza sus orejas a manera de semáforo como un medio de comunicación intraespecífica (Kitchener et al., 2010).

En las especies que carecen de mechones en las orejas, pero que tienen colas largas anilladas con prominentes puntas negras y blancas (e.g., el gato montés europeo), la cola se utiliza en posición vertical como saludo, lo que hace hincapié en su coloración contrastante. Estos felinos tienen actividades diurnas, locomoción terrestre, cuerpo pequeño y se alimentan de pequeños mamíferos y ungulados. En cambio, los que poseen colas con puntas blancas habitan en pastizales y se alimentan de pequeños mamíferos y aves. Se ha sugerido que las manchas de las orejas y colas con puntas blancas u oscuras pueden funcionar como señales o indicadores para que los cachorros sigan a sus madres en las hierbas altas o hábitats cerrados (Kitchener et al., 2010; Sunquist, & Sunquist, 2002).

Algunos felinos pueden presentar una coloración melánica (formas oscuras) que puede mejorar el camuflaje críptico porque al vivir en un tipo de vegetación donde hay poca iluminación,

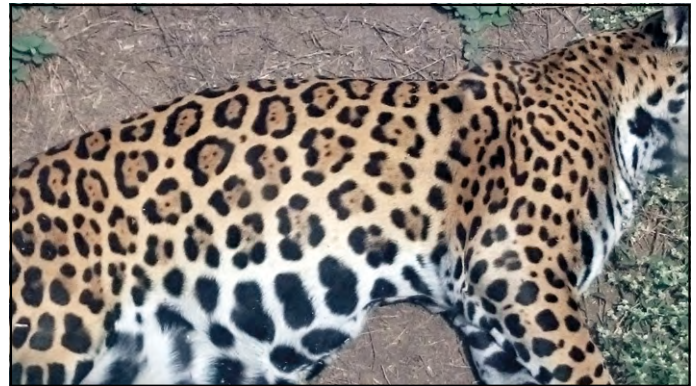


Figura 6. Jaguar presentando coloración disruptiva. Fotografía tomada por Itzel Citalalli Rubio-Gutiérrez.

adquieren una coloración oscura uniforme más críptica que los de coloración disruptiva. Por ello, el melanismo es más frecuente en gatos de bosques tropicales (Kitchener et al., 2010), con actividades nocturnas y hábitos terrestres y arbóreos (Allen et al., 2011). Por el contrario, los felinos que en estado salvaje presentan leucismo (formas blancas) no sobreviven por mucho tiempo, ya que su coloración no los beneficia al momento de camuflarse cuando son cachorros y tampoco al cazar, de manera efectiva, cuando son adultos (Guillén, Martínez, Rincón, & David, 2010).

La última hipótesis relativa a la coloración en mamíferos se refiere a las funciones fisiológicas que están implicadas en la regulación de la temperatura corporal mediante la reflexión o absorción de radiación o proporcionando una superficie que mejora o reduce la evaporación, con el fin de reducir el deslumbramiento del sol. Este aspecto es muy variable dependiendo de las propiedades físicas de los folículos pilosos. De manera general, en los felinos, al igual que en artiodáctilos y otros carnívoros, se obedece a la regla de Gloger, ya que el pelaje oscuro suele estar asociado con especies que habitan en los trópicos, posiblemente para mantener al animal seco a través de una mayor evaporación de las superficies calientes (Caro, 2005). Por otro lado, los ojos oscuros se encuentran en las especies crepusculares y ribereñas, lo que sugiere contrarrestar el deslumbramiento cuando el sol es horizontal o reflejado en el agua (Ortolani, 1999); aunque hay pruebas de correlación razonablemente fuertes para reforzar la idea de una función fisiológica adaptativa para la pigmentación de los mamíferos, sus mecanismos precisos permanecen nebulizados.

CONCLUSIONES

Los felinos son animales admirados, entre otras particularidades, por su elegancia y por la variedad en sus patrones de coloración; sin embargo, la investigación de este aspecto había permanecido inactiva por casi un siglo. Recientemente, con ayuda de métodos modernos (i.e., análisis filogenéticos, expresión genética) se ha revivido el tema, se han aportado nuevas hipótesis sobre el origen, la función

y variación de los patrones de color. No obstante, es evidente la necesidad de continuar estudiando frentes prioritarios, como la comprensión del vínculo entre genotipo (inclusive a nivel genómico) y fenotipo, que podría aclarar los mecanismos de la variación fenotípica dentro de las poblaciones y cómo aquéllos afectan los patrones de cambio evolutivo. La identificación de estos mecanismos permitirá la generación de importantes hipótesis, no únicamente del aspecto funcional, sino del origen, proceso de divergencia poblacional y especiación.

REFERENCIAS

- Allen, W. L., Cuthill, I. C., Scott-Samuel, N. E., & Baddeley, R. (2011). Why the leopard got its spots: relating pattern development to ecology in felids. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 278, 1373-1380.
- Anderson, T. M., Vonholdt, B. M., Candille, S. I., Musiani, M., Greco, C., Stahler, D. R., ... Barsh, G. S. (2009). Molecular and evolutionary history of melanism in North American gray wolves. *Science*, 323, 1339-1343.
- Baskin, C. (2014). *Black Panthers Fact or Myth*. Tampa, FL: Big Cat Rescue. Recuperado el 25 de noviembre de 2015, de <https://bigcatrescue.org/wp-content/uploads/2014/02/BlackPanthers.pdf>
- Berman, N., & Cynader, M. (1972). Comparison of receptive-field organization of the superior colliculus in Siamese and normal cats. *The Journal of Physiology*, 224(2), 363-389.
- Binkley, S. K. (2001). Color on, color off. *Minnesota Conservation Volunteer*, nov-dec, 29-38.
- Bried, J., Fraga, H., Calabuig-Miranda, P., & Neves, V. C. (2005). First two cases of melanism in Cory's Shearwater *Calonectris diomedea*. *Marine Ornithology*, 33, 19-22.
- Caro, T. (2005). The adaptive significance of coloration in mammals. *Bioscience*, 55(2), 125-136.
- _____ (2013). The colours of extant mammals. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 24(6), 542-552.
- Castle, W. E. (1954). Coat color inheritance in horses and in other mammals. *Genetics*, 39(1), 35-44.
- Ceballos, G. (2010). *Los Felinos de América. Cazadores sorprendentes* (303 pp.). D. F., México: TELMEX.
- Delibes, M., Mézan-Muxart, V., & Calzada, J. (2013). Albino and melanistic genets (*Genetta genetta*) in Europe. *Acta Theriologica*, 58(1), 95-99.
- Dessal, M. F. (2010). Síndrome vestibular felino. *Argos: Informativo veterinario*, 120, 48-50.
- Eizirik, E., David, V. A., Buckley-Beason, V., Roelke, M. E., Schaffer, A. A., Hannah, S. S., ... Menotti-Raymond, M. (2010). Defining and mapping mammalian coat pattern genes: multiple genomic regions implicated in domestic cat stripes and spots. *Genetics*, 184(1), 267-275.
- Eizirik, E., Yuhki, N., Johnson, W. E., Menotti-Raymond, M., Hannah, S. S., & O'Brien, S. J. (2003). Molecular genetics and evolution of melanism in the cat family. *Current Biology*, 13(5), 448-453.
- Flores-Zavala, L. D. (2014). Los mexicanos más buscados de la naturaleza. *Saber Más: Revista de divulgación de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 14, 6-9.
- Gershony, L. C., Penedo, M. C. T., Davis, B. W., Murphy, W. J., Helps, C. R., & Lyons, L. A. (2014). Who's behind that mask and cape? The Asian leopard cat's Agouti (ASIP) allele likely affects coat colour phenotype in the Bengal cat breed. *Animal genetics*, 45(6), 893-897.
- Guillén, R., Martínez, E., Rincón, D., & David, K. (2007). Mimetismo y camuflaje ni es lo mismo ni es igual. *Planeta zoo*, 3(10). Recuperado de http://www.zoobaq.org/planetazoo/index.php?id=11&id_cat=3&id_cont=137
- _____ (2010). Los reyes de la sabana. *Planeta zoo*, 6(17). Recuperado de http://www.zoobaq.org/planetazoo/index.php?id=18&id_cat=100&id_cont=228
- Hofreiter, M., & Schöneberg, T. (2010). The genetic and evolutionary basis of colour variation in vertebrates. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 67(15), 2591-2603.
- Horth, L. (2004). Melanism and Melanocortin-1 Receptor Mutations in Vertebrate. *Proceedings-indian national science academy*, 70(5/6), 499-515.
- Idoeta, F. M., De Santis, L. J. M., & Braquez, R. M. (2011). Leucismo en *Eptesicus furiensis* (d'Orbigny y Gervais, 1847) (Chiroptera: Vespertilionidae) en la provincia de Corrientes, Argentina. *Chiroptera Neotropical*, 17(2), 985-988.
- Imes, D. L., Geary, L. A., Grahn, R. A., & Lyons, L. A. (2006). Albinism in the domestic cat (*Felis catus*) is associated with a tyrosinase (TYR) mutation. *Animal genetics*, 37(2), 175-178.

- Kitchener, A. C., Van Valkenburgh, B., & Yamaguchi, N. (2010). Felid form and function. En *Biology and conservation of wild felids* (762 pp.). Oxford, England: Oxford University Press.
- Larkin, E. (2012). *Investigation of genes associated with the white coat color in tigers* (Undergraduate Research Thesis). College Station, TX: Texas A & M University.
- Lightner, J. K. (2008). Genetics of coat color I: The melanocortin 1 receptor (MC1R). *Answers Research Journal*, 1, 109-116.
- Lyngdoh, S., Shrotriya, S., Goyal, S. P., Clements, H., Hayward, M. W., & Habib, B. (2014). Prey preferences of the snow leopard (*Panthera uncia*): regional diet specificity holds global significance for conservation. *PLoS one*, 9(2), 1-11.
- Lyons, L. A. (2010). Feline genetics: clinical applications and genetic testing. *Topics in companion animal medicine*, 25(4), 203-212.
- _____, Imes, D. L., Rah, H. C., & Grahn, R. A. (2005). Tyrosinase mutations associated with Siamese and Burmese patterns in the domestic cat (*Felis catus*). *Animal genetics*, 36(2), 119-126.
- Majerus, M. E., & Mundy, N. I. (2003). Mammalian melanism: natural selection in black and white. *Trends in Genetics*, 19(11), 585-588.
- Mills, M. G., & Patterson, L. B. (2009). Not just black and white: pigment pattern development and evolution in vertebrates. In *Seminars in cell & developmental biology*, 20(1), 72-81.
- Miyazawa, T. (2002). Infections of feline leukemia virus and feline immunodeficiency virus. *Frontiers in Bioscience*, 7, 504-518.
- Ortolani, A. (1999). Spots, stripes, tail tips and dark eyes: predicting the function of carnivore colour patterns using the comparative method. *Biological Journal of the Linnean Society*, 67(4), 433-476.
- _____, & Caro, T. M. (1996). The adaptive significance of color patterns in carnivores: phylogenetic tests of classic hypotheses. *Carnivore behavior, ecology, and evolution*, 2, 132-188.
- Peterschmitt, M., Grain, F., Arnaud, B., Deléage, G., & Lambert, V. (2009). Mutation in the melanocortin 1 receptor is associated with amber colour in the Norwegian Forest Cat. *Animal genetics*, 40(4), 547-552.
- Pibot, P., Elliott, V., Pibot, D., Biourge, V., & Elliott, D. (2009). *Enciclopedia de la nutrición clínica felina* (517 pp.). US: Royal Canin.
- Ragni, B., & Possenti, M. (1996). Variability of coat-colour and markings system in *Felis silvestris*. *Italian Journal of Zoology*, 63(3), 285-292.
- Ryugo, D. K., & Menotti-Raymond, M. (2012). Feline deafness. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 42(6), 1179-1207.
- Schmidt-Küntzel, A., Eizirik, E., O'Brien, S. J., & Menotti-Raymond, M. (2005). Tyrosinase and tyrosinase related protein 1 alleles specify domestic cat coat color phenotypes of the albino and brown loci. *Journal of Heredity*, 96(4), 289-301.
- Schneider, A., David, V. A., Johnson, W. E., O'Brien, S. J., Barsh, G. S., Menotti-Raymond, M., & Eizirik, E. (2012). How the leopard hides its spots: ASIP mutations and melanism in wild cats. *PLoS one*, 7(12), 1-7.
- Schneider, A., Henegar, C., Day, K., Absher, D., Napolitano, C., Silveira, L., ... Eizirik, E. (2015). Recurrent Evolution of Melanism in South American Felids. *PLoS Genetics*, 11(2), 1-19.
- Stankowich, T., & Coss, R. G. (2007). The re-emergence of felid camouflage with the decay of predator recognition in deer under relaxed selection. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1607), 175-182.
- Strain, G. M. (2007). Deafness in blue-eyed white cats: the uphill road to solving polygenic disorders. *The Veterinary Journal*, 173(3), 471-472.
- Sunquist, M., & Sunquist, F. (2002). *Wild cats of the world* (443 pp.). US: University of Chicago Press.
- Thüler, K. (2002). *Spatial and temporal distribution of coat patterns of Eurasian Lynx (Lynx lynx) in two re-introduced populations in Switzerland* (35 pp.). KORA (Bericht 13 e).
- Turner, J. A., Vasicek, C. A., & Somers, M. J. (2015). Effects of a colour variant on hunting ability: the white lion in South Africa. *Open Science Repository Biology*, Online (open-access), e45011830. doi: 10.7392/openaccess.45011830
- Valvert-López, R. A. (2008). *"El Tigre" Señor de la Selva* (30 pp.). Guatemala.
- Van Dam, P. J. E. M. (2001). Status loss due to ecological success. Landscape change and the spread of the rabbit. *Innovation*, 2(14), 157-171.
- Webb, A. A., & Cullen, C. L. (2010). Coat color and coat color pattern-related neurologic and neuro-ophthalmic diseases. *The Canadian Veterinary Journal*, 51(6), 653-657.
- Werdelin, L., & Olsson, L. (1997). How the leopard got its spots: a phylogenetic view of the evolution of felid coat patterns. *Biological Journal of the Linnean Society*, 62(3), 383-400.
- Xu, X., Dong, G. X., Hu, X. S., Miao, L., Zhang, X. L., Zhang, D. L., ... Luo, S. J. (2013). The genetic basis of white tigers. *Current Biology*, 23(11), 1031-1035.
- Xu, X., & Luo, S. J. (2014). How the white tiger lost its color, but kept its stripes. *Science China. Life Sciences*, 57(10), 1041-1043.

Jorge Alberto Manrique. *In memoriam*

Luciano Ramírez Hurtado*✉

Ramírez Hurtado, L. (2017). Jorge Alberto Manrique. *In memoriam* [Obituario]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 102-103.

El pasado 2 de noviembre de 2016, Día de Muertos, falleció en la capital del país el gran historiador, escritor, crítico de arte e investigador emérito Jorge Alberto Manrique Castañeda, a la edad de 80 años. Originario de la Ciudad de México (Azcapotzalco, 17 de julio de 1936), tuvo una prolífica vida académica, pues escribió mucho, formó varias generaciones de historiadores e hizo grandes aportaciones a la historiografía.

Jorge Alberto Manrique estudió en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México donde se graduó en 1961, en una época en que la profesionalización de la ciencia de la Historia era una realidad; no pocos de sus maestros fueron españoles republicanos de la talla de José Gaos, Wenceslao Roces, Luis Villoro, Juan. A. Ortega y Medina, que vinieron a nuestro país a enriquecer disciplinas como la Historia, la Filosofía, la Estética y la Filosofía de la Historia. De una u otra forma fue heredero y recuperó el legado de excelentes maestros mexicanos como Manuel Toussaint, Justino Fernández, Ida Rodríguez Prampolini y, desde luego, Edmundo O'Gorman, de quien le viene la corriente historicista. Entre sus compañeros, estupendos historiadores, destacan Elisa Vargas Lugo, Isabel Estrada de Gerlero, Pedro Rojas, Aurelio de los Reyes, Álvaro Matute y el ya fallecido Eduardo Blanquel. Discípulos de renombre, solo por citar uno, a Rogelio Ruiz Gomar.

Se dedicó a dar cátedra en la propia Facultad de Filosofía y Letras, tanto en pregrado como en posgrado, donde figuró como profesor y tutor tanto en la Licenciatura en Historia como en la Maestría y en el Doctorado en Historia del Arte. Obtuvo una



El Dr. Jorge Alberto Manrique en 1984. Fotografía modificada de la tomada por P. Cuevas y proporcionada por la Dra. Julieta Ortiz Gaitán.

plaza en el Instituto de Investigaciones Estéticas en 1968, antes llamado Laboratorio del Arte, donde tuvo a la mano una maravillosa biblioteca y un gigantesco banco de imágenes a su disposición. A lo largo de su vida académica vivió con intensidad en el aula, en su cubículo, en viajes de estudio, en eventos académicos, pero sobre todo en los archivos, pues fue un gran investigador.

Jorge Alberto Manrique, historiador, teórico y crítico de arte, se interesó prácticamente en todas las épocas del pasado mexicano. Con espíritu crítico, desmontó una serie de mitos que había en torno a ciertos periodos y movimientos artísticos. Fue director fundador del Museo Nacional de Arte,

* Departamento de Historia, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: lramirez@correo.uaa.mx
✉ Autor para correspondencia

en la calle de Tacuba —plaza Manuel Tolsá— que alberga una de las colecciones más importantes de México. También dirigió el Museo de Arte Moderno, ubicado en Chapultepec.

Entre sus publicaciones destacan: *El geometrismo mexicano*, México, UNAM, 1975 (en colaboración); *La dispersión del manierismo*, México, UNAM, 1980; Ángel Zárraga, Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, 1984; *Una mujer en el arte mexicano*, México, UNAM, 1987; *Historia del urbanismo en el mundo hispánico* (coautor), México, 1990; *Veracruz, ciudad del mar* (coautor), Jalapa, Instituto Veracruzano de Cultura, 1991.

Fue invitado para ser el coordinar general de *Historia del Arte Mexicano*, magna obra en 16 volúmenes profusamente ilustrada, publicada bajo los auspicios de la Editorial Salvat en coedición con la Secretaría de Educación Pública y el Instituto Nacional de Bellas Artes. En la presentación escribió: “El arte es, en efecto, un modo de tener conciencia de nosotros mismos y del pasado que nos constituye y nos une” (Manrique, 1982, p. 2).

A su vez, invitó a Beatriz de la Fuente para coordinar la parte correspondiente al arte prehispánico; a Elisa Vargas Lugo le tocó el arte novohispano; del arte del México independiente del siglo XIX se ocupó Fausto Ramírez; y el propio Jorge Alberto Manrique se encargó del arte contemporáneo, desde la aparición del muralismo en los tempranos años de la década de los veinte hasta mediados de la octava década del siglo pasado.

Muchos de sus escritos publicados inicialmente como artículos en revistas especializadas en historia e historia del arte en México, Francia, Italia, España, Polonia, Alemania Federal, Estados Unidos, Brasil, Argentina y Colombia, compilados por sus discípulos Martha Fernández y Margarito Sandoval (con la colaboración de Edgardo Ganado Kim y siete personas más) fueron publicados en el año 2000 y reimprimos en 2004 por el Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM, en cinco tomos bajo el título: *Una visión del arte y de la historia*, que dan cuenta de las visiones, versiones, verdades y posturas teóricas y metodológicas que han guiado el conocimiento de esas disciplinas durante la segunda mitad del siglo XX. En la solapa de esta obra se lee:

Jorge Alberto Manrique es uno de los historiadores del arte más importantes del México contemporáneo y uno de los más respetados y creativos. Su sólida formación humanista le ha permitido unir de manera clara y elocuente dos campos del conocimiento: la historia y la historia del arte. Historicista convencido, ha generado un importante cambio en los estudios de arte y ha contribuido a convertir la crítica de arte en una disciplina. Investigador riguroso, nuestra historia del arte le debe textos fundamentales, algunos ya considerados clásicos. Maestro excepcional, ha sido formador de varias generaciones de historiadores de arte, mediante la asesoría de tesis y las cátedras que ha impartido principalmente en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, pero también en otras instituciones nacionales y extranjeras. Fue director de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Veracruzana, del Instituto de Investigaciones Estéticas...

Uno de sus discípulos es el Dr. Benjamín Flores Hernández, profesor-investigador del Departamento de Historia en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, a quien le dirigió su tesis acerca de la historia de la fiesta brava en el paso del toreo a caballo al toreo a pie en Nueva España.

Conocí al Mtro. Jorge Alberto Manrique en el año 2001, en la presentación de proyectos de los doctorandos, en uno de los salones del Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM; de trato amable y cordial, platicué brevemente con él, le comenté sobre el tema que estaba trabajando bajo la dirección del Dr. Aurelio de los Reyes, mostrando un vivo interés.

Varios de sus textos son lectura obligada para mis alumnos, en una de las materias que imparto en la Universidad Autónoma de Aguascalientes en la Licenciatura en Historia, en quinto semestre, me refiero al curso “Historia del arte mexicano”.

Manrique fue miembro de número de la Academia Mexicana de la Historia, de la Academia de las Artes y de la Academia Mexicana de Ciencias. Fue reconocido con varios premios y reconocimientos en nuestro país y en el extranjero; la última el 6 de septiembre del año pasado. Su incuestionable labor docente, sus valiosas aportaciones a la crítica de arte, sus investigaciones de alta calidad son sin duda suma y reflejo, un parteaguas en la vida del México contemporáneo.

Bioética y salud pública en la regularización de la marihuana

Ruiz de Chávez, M. H., Salinas de la Torre, E., & Olaiz-Barragán, G. (Coords.) (2017). *Bioética y salud pública en la regularización de la marihuana*. Fontamara.

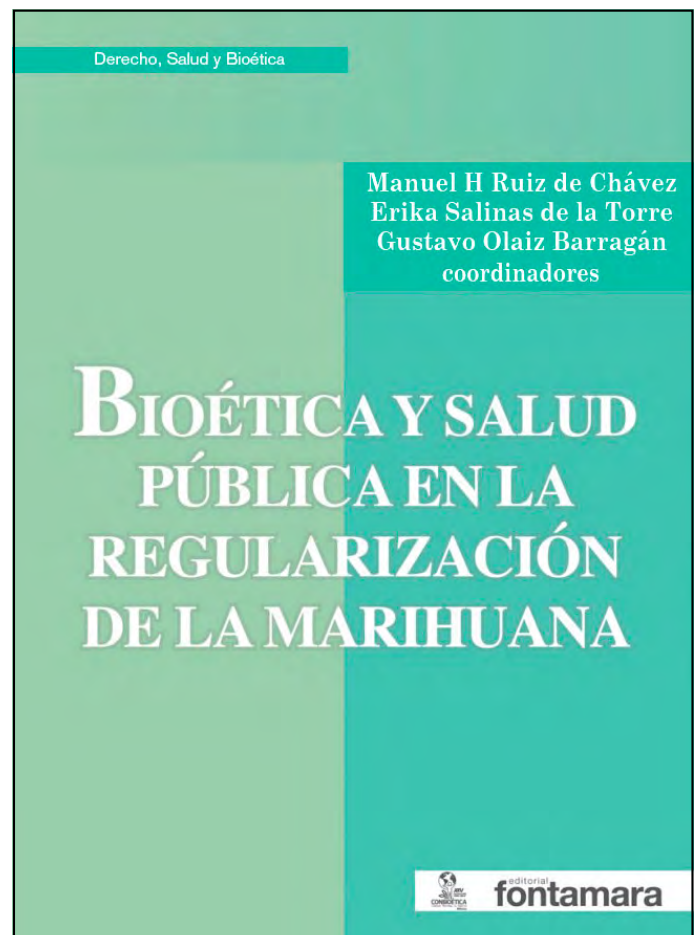
Kalina Isela Martínez Martínez*✉

Martínez Martínez, K. I. (2017). *Bioética y salud pública en la regularización de la marihuana*. Reseña [Reseña de libro]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71),104-106.

La despenalización, regularización y legalización de la marihuana es un tema de actualidad no solo en nuestro país, sino alrededor del mundo, aunque no existe una política pública global, dado que cada país ha decidido políticas diversas. Las opiniones sobre este tema son tan distintas que no permiten entender cuál debe ser la postura individual, social y política, lo que conlleva una falta de consenso sobre el fenómeno y dificulta la toma de las mejores decisiones para la sociedad. Para analizar esta problemática se invitó a autores reconocidos, que han trabajado desde diferentes ámbitos del conocimiento, como el derecho, la psicología y la ética, a formar una Comisión Nacional de Bioética, quienes en este libro realizan una ponderación entre salud pública y autonomía en torno a la regulación de esta sustancia en México desde la dimensión ética y los derechos humanos.

El actual secretario de Salud, José Narro Robles, realiza la presentación del libro explicando que el fenómeno mundial del consumo y producción de drogas, en este caso de la marihuana, tiene diversas afectaciones en los ámbitos de la salud y social, que deben ser consideradas al momento de establecer una regulación. Ofrece algunos datos que estiman que en México hay 5.7 millones de consumidores de marihuana, además de que 17.2% de los estudiantes de secundaria y preparatoria la han probado, así como 3.3% de los alumnos de primarias.

El secretario de Salud, además, enuncia distintas posturas en el debate nacional acerca de la regularización de la marihuana y se resumen en lo siguiente:



Portada del libro *Bioética y salud pública en la regularización de la marihuana*.

* Departamento de Psicología, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México.
Correo electrónico: kalinamartinez@hotmail.com
✉ Autor para correspondencia

- 1) La necesidad de atender el tema de las drogas y en este caso de la marihuana, desde la perspectiva de los derechos humanos.
- 2) La pertinencia de que el consumo de marihuana se atienda desde una óptica de salud pública.
- 3) La conveniencia de que las adicciones sean tratadas con prevención y soluciones terapéuticas integrales, sin criminalizar a los consumidores.
- 4) La necesidad de reforzar las acciones para prevenir el consumo de drogas, incluyendo la marihuana, especialmente las campañas orientadas a niños y jóvenes.
- 5) La utilidad de facilitar el uso de las sustancias activas derivadas de la marihuana, para fines terapéuticos y de investigación científica.

El secretario de Salud concluye que el consumo de marihuana es nocivo para la salud, principalmente para los menores de 23 años; sin embargo, no se deben perder de vista los beneficios potenciales de sus derivados, por lo que se tiene que regular su uso médico considerando la evidencia científica al alcance.

El libro *Bioética y salud pública en la regularización de la marihuana* está dividido en tres partes, la primera de ellas cubre el tema de bioética y salud pública en la regulación de la marihuana (tres capítulos), la segunda parte aborda el tema de la bioética y las políticas en salud pública, respecto a la reducción del daño en el consumo de *cannabis* (tres capítulos) y la tercer parte, se refiere a la ética de la investigación y uso de médico de cannabinoides (tres capítulos). Algo fundamental del libro es que, en términos generales, todos los capítulos versan sobre las implicaciones bioéticas y de salud pública que pueden afectar las decisiones acerca de un marco normativo en México para la regularización de la marihuana.

Los autores, al iniciar el libro, retoman algunas características del consumo de drogas, lo que muestra que el problema de la marihuana tiene múltiples aristas; el consumo entre los jóvenes en la última década ha incrementado; existe una variedad de usuarios; la dependencia es una enfermedad mediada por el ambiente, y que entre la exposición al consumo y la dependencia existe una multiplicidad de categorías diagnósticas,

desde la intoxicación y el uso riesgoso hasta la dependencia, todas ellas susceptibles de políticas; la marihuana tiene menos potencial de daño que otras drogas, pero su consumo implica también riesgos que deben atenderse; finalmente, que toda política implica costos asociados que no se deben perder de vista.

Asimismo, durante el análisis de la problemática de esta sustancia se discuten los principales dilemas éticos hacia el diseño de las políticas públicas al respecto:

- a) Autonomía o autodeterminación. El respeto a la autonomía implica la no interferencia con las acciones de personas racionales. Este dilema se debe analizar desde la libertad de las personas para tomar decisiones, sin perder de vista los intereses de la colectividad o, en otras palabras, desde la libertad de la persona para tomar decisiones y como éstas se pueden contraponer con las metas de la salud pública; es importante revisar este dilema desde la diferencia entre el uso lúdico de la sustancia y cuando una persona ha desarrollado dependencia y, por tanto, no está en condiciones de tomar decisiones de manera autónoma.
- b) Beneficencia. En el diseño de las políticas públicas se debe buscar que los beneficios para la sociedad sean mayores que los riesgos.
- c) Justicia distributiva. Implica una distribución justa y equitativa de daños y beneficios; tanto para el individuo, como para la sociedad.
- d) Respeto a las personas. Cuando se diseñe una política se deben considerar los derechos de la persona que usa drogas, pero, aún más importante, se debe considerar a las personas, que sin ser consumidoras, se puedan ver afectadas por el consumo de otros.
- e) Veracidad. Es una obligación informar a las personas de manera clara, concisa y con datos derivados de la investigación científica acerca de los riesgos y beneficios de las medidas adoptadas, y no solo es importante informar, debe asegurarse de que las personas lo han entendido adecuadamente.

En el libro se analiza cómo la evidencia muestra que las concepciones extremas, la total prohibición y la legalización sin regularización, tienen los niveles más altos de costos asociados para la sociedad,

por lo que se debe privilegiar un nivel intermedio; es decir, la despenalización con regulación estricta. Establecen que es necesario un cambio, pero razonado y sustentado, no se deben hacer políticas públicas precipitadas para evitar causar daños colaterales. Por ejemplo, se debe evitar que los jóvenes consideren una innovación como indicador de que las drogas son benignas o no perjudican; se deben introducir modificaciones de forma medida, paulatina, moderando y evaluando su impacto. Además, no se debe aceptar la prohibición por la prohibición misma. Pero tampoco es aceptable la legalización por la legalización misma. Se deben examinar los efectos sobre los derechos humanos y el disfrute de estos derechos, incluido el impacto que el ejercicio de un derecho pueda ocasionar sobre otros derechos o sobre el cumplimiento por parte del estado de sus obligaciones.

Uno de los efectos más complejos y perjudiciales del debate actual sobre la marihuana es la banalización de su consumo. Este fenómeno se comprueba observando las tendencias de Estados Unidos, en donde existe un repunte importante. Todo indica que los mercados y la prevalencia en su uso van a la alza, y son siempre los jóvenes quienes más consumen. Suele argumentarse, al hablar de legalización, que solamente se venderá a los mayores de edad, pero las experiencias acumuladas con otras drogas y con la misma marihuana, parecen indicar que estas reglas son fácilmente violadas cuando los mayores de edad venden el producto afuera de las tiendas y promueven un mercado negro para los menores.

Otro tema básico es el análisis de quienes la producen y venden, ya que la industria de esta sustancia tendría riesgos al depender financieramente de la demanda de los consumidores, tendría un incentivo fuerte para desarrollar productos altamente adictivos. Las personas que la utilizan responsablemente no consumen lo suficiente para mantener a la industria. Entonces, si se permite una industria de la marihuana habrá que vigilar sus prácticas de comercialización, a fin de asegurar que su enfoque no sea

el de incrementar su uso. A medida que se avance en regularización en lugar de prohibición, así como en el desarrollo de un sistema legal para la misma, se debe considerar la promoción del uso moderado.

En voz de los autores, en nuestro país desafortunadamente no se cuenta con políticas públicas efectivas para controlar el consumo inapropiado de sustancias legales como el tabaco y el alcohol, esto toma mayor relevancia cuando se trata de poblaciones vulnerables, como los menores de edad y mujeres embarazadas; no se cuenta con los mecanismos para vigilar el cumplimiento de las obligaciones establecidas y todo parece sugerir que en el caso de la marihuana se podría estar frente a una situación similar. La legalización del tabaco y el alcohol demuestran que no se ha sido efectivo ni eficiente en su regulación, principalmente por no adaptar mecanismos claros de sanción y por no contar con la verificación en el cumplimiento de lo legalmente establecido por la política pública.

Finalmente, en los últimos capítulos del libro se aclara que la marihuana no se considera por ninguna instancia internacional como un medicamento, los que se consideran medicamentos son compuestos individuales como el dronabinol y otros cannabinoides; estos compuestos necesitan estar al alcance de los investigadores para profundizar en sus efectos y se requieren leyes que regulen el acceso de dichos compuestos por parte de la ciencia en México, sin que ello signifique que su legalización por usos medicinales sea la solución, ya que se puede perder de vista lo complejo del fenómeno.

El ejercicio de análisis encabezado por la Comisión Nacional de Bioética expuesto en este libro es un paso importante en la conformación de una ley que regule esta sustancia y no criminalice al usuario. Sin embargo, no debe perderse de vista que la aprobación de un nuevo marco normativo no implica la resolución del problema de adicción a la marihuana y otras drogas.

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.

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 los derechos autorales a través de una carta de cesión de derechos, a la revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, de manera que la misma podrá publicarlos en formato impreso y/o electrónico, incluyendo Internet.

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 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 y correo electrónico. 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) 6ta. 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* (0ª. ed.). Ciudad: Editorial.

Formato de libro con dos autores:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, X., & Apellido1 Apellido2 de Autor2, Y. (Año). *Título de libro* (0ª. 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* (0ª. 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.xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx0xxxx0xxxx00000>

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.xxxxxxxx

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.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, datos de adscripción con dirección completa de institución y correo electrónico de cada autor a pie de primer página; 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, datos de adscripción con dirección completa de institución y correo electrónico de cada autor a pie de primer página; 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, se-

ñalando 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, 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 nombre del autor y sus datos de adscripción incluyendo correo electrónico a pie de primer página, 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 dictaminación se llevará a cabo siguiendo un orden, de acuerdo con la fecha de recepción.
3. Los artículos son revisados mediante un software para detección de plagio.
4. Todos los trabajos son sometidos a un arbitraje de 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 dictamen 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.
5. 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.
6. 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.
 7. 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.
 8. 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.
 9. 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 pdf 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.
 10. 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.

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.
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 María del Carmen Martínez Serna, 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.uag.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*

Dirección General de Investigación y Posgrado

Departamento de Apoyo a la Investigación

Av. Universidad núm. 940, C.U.,

Edificio Académico-Administrativo, piso 6

C. P. 20131, Aguascalientes, Ags., México

Teléfono (449) 910 74 00 Ext. 34113

Correo electrónico: revistaiyc@correo.uag.mx

www.uag.mx/investigacion/revista