

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

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

AÑO 26
SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2018

75

EDICIÓN CUATRIMESTRAL
ISSN: 1665-4412



Registro de larvas de *Sebekia* sp. (Pentastomida: Sebekidae) en peces de la cuenca media del río Usumacinta, Tabasco, México

Gestión del conocimiento y su influencia sobre el desempeño organizacional en las empresas de Aguascalientes

Biolixiviación y su impacto en el rendimiento de aceite de semillas de *Cucurbita foetidissima* Kunth en dos métodos de extracción

Sentido de coherencia y consumo de alcohol en jóvenes universitarios

Actividad antiinflamatoria in vitro de los extractos etanólico y hexánico de tallos de *Cuscuta jalapensis* Schldl.

Investigación conceptual sobre turismo sexual

La familia Cactaceae en el Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto, Aguascalientes, México

La toma de decisiones y CRISPR: ¿Quién es dueño de mis genes?

Conocimiento y percepción acerca del cambio climático en comunidades costeras del municipio de Guasave, Sinaloa, México

René Drucker Colín. *In memoriam*

Simulación numérica del agua subterránea en el acuífero Guadalupe, Ensenada, Baja California, México: Caso de estudio, condiciones estacionarias y transitorias

Historias que brotan de las rocas. Experiencias sobre el Pedregal de San Ángel y su reserva ecológica. Reseña



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

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

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES, año 26, núm. 75, periodo septiembre-diciembre 2018, 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 30 de septiembre de 2018 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

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

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

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

ÍNDICES:

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

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

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

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:

• Fruto y semillas de calabacilla loca (*C. foetidissima* Kunth) • *C. ottonis* • Comunidad de El Huitussi • Vista típica de la agricultura en el Valle de Guadalupe • Vista panorámica del Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto • *Opuntia lasiacantha* (flor) • Vista posterior del cuerpo de la larva • *C. jalapensis* Schltld.

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 Olivares
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, MÉXICO
FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN
- Dra. Mineko Shibayama
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
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
- Dr. Marcelo de Jesús Pérez Ramos
Corrector de estilo idioma Inglés
- DEPARTAMENTO DE PROCESOS GRÁFICOS
Armado e impresión

CONTENIDO

INVESTIGACIÓN

Pág.

CIENCIAS AGROPECUARIAS

- **Registro de larvas de *Sebekia* sp. (Pentastomida: Sebekidae) en peces de la cuenca media del río Usumacinta, Tabasco, México** 5-12
*Registration of larvae of *Sebekia* sp. (Pentastomida: Sebekidae) in fish of the middle basin of the Usumacinta River, Tabasco, Mexico*

Raúl Enrique Hernández-Gómez
Serapio López-Jiménez
Martha Alicia Perera-García
Carlos Alberto Cuenca-Soria
Alfonso Castillo-Domínguez
Carlos Alfonso Álvarez-González
Carolina E. Melgar-Valdés

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

- **Biolixiviación y su impacto en el rendimiento de aceite de semillas de *Cucurbita foetidissima* Kunth en dos métodos de extracción** 13-19
*Bioleaching and its impact on the yield of *Cucurbita foetidissima* Kunth seed oil by two extraction methods*

Francisco Hernández-Centeno
Haydee Yajaira López-De la Peña
César Guigón-López
María Hernández-González

- **Actividad antiinflamatoria in vitro de los extractos etanólico y hexánico de tallos de *Cuscuta jalapensis* Schltdl.** 20-27
*In vitro anti-inflammatory activity of the ethanolic and hexanic extracts of *Cuscuta jalapensis* Schltdl.'s stems*

José Ángel Salazar-López
Mauro Antonio Villanueva-Lendecky
Erwin García-Hernández
Gabriel Arturo Soto-Ojeda

- **La familia Cactaceae en el Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto, Aguascalientes, México** 28-37
The Cactaceae family in the Cerro del Muerto, Aguascalientes, Mexico Natural Monument Protected Natural Area

Ricardo Rivera-Martínez
Gilberto Ocampo

- **Conocimiento y percepción acerca del cambio climático en comunidades costeras del municipio de Guasave, Sinaloa, México** 38-45
Knowledge and perception about climate change in coastal communities in the municipality of Guasave, Sinaloa, Mexico

Ramiro Ahumada-Cervantes
Paúl Adaid García-López

CONTENIDO

INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

- **Simulación numérica del agua subterránea en el acuífero Guadalupe, Ensenada, Baja California, México: Caso de estudio, condiciones estacionarias y transitorias** 46-54
Numerical simulation of the groundwater in the Guadalupe aquifer, Ensenada, Baja California, Mexico: Case study in steady- and transient-state conditions

Alejandro Figueroa-Núñez
José Rubén Campos-Gaytán

CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

- **Gestión del conocimiento y su influencia sobre el desempeño organizacional en las empresas de Aguascalientes** 55-65
Knowledge management and its influence on organizational performance in Aguascalientes companies

Patricia Janet Padilla-Ornelas
Ma. del Carmen Martínez-Serna

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

- **Sentido de coherencia y consumo de alcohol en jóvenes universitarios** 66-72
Sense of coherence and alcohol consumption in university students

María Magdalena Alonso-Castillo
Luisa Teresa Un-Aragón
Nora Angélica Armendáriz-García
Edna Idalia Paulina Navarro-Oliva
Manuel Antonio López-Cisneros

REVISIÓN CIENTÍFICA

- **Investigación conceptual sobre turismo sexual** 73-80
Conceptual research on sex tourism

Celeste Nava-Jiménez
Andrea Robles-Juárez
Brandon Iván Roque-Rodríguez
Bianca Marysol Vargas-Fonseca

NOTA CIENTÍFICA

- **La toma de decisiones y CRISPR: ¿Quién es dueño de mis genes?** 81-84
Decision making and CRISPR: Who owns my genes?

Marcelino Montiel-Herrera

OBITUARIO

- **René Drucker Colín. In memoriam** 85-86

Bruno Antonio Marichal-Cancino

RESEÑA

- **Historias que brotan de las rocas. Experiencias sobre el Pedregal de San Ángel y su reserva ecológica** 87-88

Nancy Merary Jiménez-Martínez

Registro de larvas de *Sebekia* sp. (Pentastomida: Sebekidae) en peces de la cuenca media del río Usumacinta, Tabasco, México

Registration of larvae of *Sebekia* sp. (Pentastomida: Sebekidae) in fish of the middle basin of the Usumacinta river, Tabasco, Mexico

Raúl Enrique Hernández-Gómez*✉, Serapio López-Jiménez**, Martha Alicia Perera-García**, Carlos Alberto Cuenca-Soria*, Alfonso Castillo-Domínguez*, Carlos Alfonso Álvarez González***, Carolina E. Melgar-Valdés*

Hernández-Gómez, R. E., López-Jiménez, S., Perera-García, M. A., Cuenca-Soria, C. A., Castillo-Domínguez, A., Álvarez-González, C. A., & Melgar-Valdés, C. E. (2018). Registro de larvas de *Sebekia* sp. (Pentastomida: Sebekidae) en peces de la cuenca media del río Usumacinta, Tabasco, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 5-12.

RESUMEN

Peces de importancia comercial en Tabasco, México, están siendo infestados de manera natural con parásitos de pentastómidos. En la presente investigación se dan a conocer la morfología, los índices ecológicos de infección de la larva en tres especies de valor comercial. Los peces bajo estudio son mojarra de interés alimenticio como *Parachromis managuensis*, *Petenia splendida* y *Gobiomorus dormitor*. Se registró un total de 30 larvas de pentastómidos. La mayor prevalencia registrada en estos fue en *G. dormitor* de 30% y 35%, durante los años 2005 y 2015, respectivamente. La prevalencia por larvas de pentastómido ha incrementado en las

Palabras clave: parásito; peces; morfología; prevalencia; intensidad, abundancia.

Keywords: parasite; fish; morphology; prevalence; intensity; abundance.

Recibido: 9 de enero de 2018, aceptado: 30 de julio de 2018

* División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Tenosique-Estapilla Km. 1, Col. Solidaridad, C. P. 86901, Tabasco, México. Correo electrónico: h_raul_e@hotmail.com; carlo.cuenca@ujat.mx; alfonsin75@gmail.com; cenv81@gmail.com

** División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa Km. 25+2, Ranchería la Huasteca 2da sección, C. P. 86298, Villahermosa Centro, Tabasco, México. Correo electrónico: tabascotrema@hotmail.com; pereragarcia@hotmail.com

*** División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya, C. P. 86150, Tabasco, México. Correo electrónico: alvarez_alfonso@hotmail.com

✉ Autor para correspondencia

especies estudiadas. Por tanto, se recomienda evitar el consumo de ejemplares crudos en diferentes platillos, y se propone al sector salud tomar las medidas precautorias ante la sociedad para evitar infección a humanos por esta larva.

ABSTRACT

Commercially important fish in Tabasco, Mexico have been naturally infested with pentastomid parasite. The present research the morphology show information about the ecological indexes of infection of the larvae in three species of fish of commercial importance. The fish under study are mojarra, which are of alimentary interest such as *Parachromis managuensis*, *Petenia splendida* and *Gobiomorus dormitor*. A total of 30 pentastomid larvae were registered. The highest prevalence in these fish was in *G. dormitor* 30% and 35%, during the year 2005 and 2015. The prevalence by pentastomid larvae has increased in the studied species, therefore, avoiding the consumption of raw fish in different dishes is recommended, and it is proposed to the health sector to establish caution measures in order to avoid infection to humans by this larvae.

INTRODUCCIÓN

Los pentastómidos que infectan a los peces causan daños relativamente menores a sus hospederos, reduciendo su crecimiento y productividad. Son parásitos obligados que se alimentan de mucosidad,

fluidos de los tejidos y sangre de su hospedero (Bunkley-Williams & Williams, 1995). Las larvas de pentastómidos son patógenas, se encuentran generalmente envueltas por una membrana fibrosa delgada y muy resistente que los aísla de los tejidos del hospedero (Bunkley-Williams & Williams, 1995). Morfológicamente, los pentastómidos poseen dos pares de ganchos desiguales localizados en la parte ventral anterior alrededor de la boca (Venard & Bangham, 1941). Los adultos viven en el tracto respiratorio de reptiles considerados hospederos definitivos, que generalmente son serpientes, cocodrilos, lagartos y mamíferos (Riley, 1986).

Las aves y peces se infectan al ingerir el huevo en el agua o al consumir alimentos contaminados con materia fecal y/o mucosidad respiratoria de un animal que alberga pentastómidos adultos (Venard & Bangham, 1941). Junker y Boomker (2002) registraron pentastómidos en cocodrilo, lagartos y tortugas infectados por vía natural, al ingerir peces parasitados, como *Oreochromis mossambicus* y *Tilapia rendalli* provenientes del Parque Nacional de Kruger, en el sur de África. Por otro lado, Bangham (1939) estudió a los parásitos de peces, en particular a la familia Centrarchidae sunfish en Florida, EE. UU., en donde registró el estado de larva de pentastómido.

En América Tropical y en especial México los pentastómidos son un grupo poco estudiado en cuanto a taxonomía y biología (Olson & Cosgrove, 1982). Los humanos son considerados hospederos paraténicos, que se infestan de manera accidental y pueden albergar a la larva pentastómida; por ejemplo el *Armillatus* sp. y el *Linguatula serrata*, que pueden encontrarse enquistados en cápsulas calcáreas, de esta forma mueren pronto y usualmente ocasionan pocas molestias (Flynn, 1973; Sellier, Garin, Frijia, Aubrey, & Soyer, 2004).

García Magaña & López Jiménez (2008) señalaron que los parásitos tienen una gran importancia desde el punto de vista sanitario, biológico y económico de las poblaciones piscícolas. En el estado de Tabasco, México, las investigaciones sobre larvas de pentastómidos infestando peces han sido escasas. En 1985 se realizó el primer registro de larvas infestando a bagres dulceacuícolas *Ictalurus meridionalis* del río San Pedro, Balancán (Pineda-López & García Magaña, 1991). Recientemente, en especies como *Centropomus undecimallis* y *Gobiomorus dormitor* en Pantanos de Centla, Tabasco

(García Magaña & López Jiménez, 2008). La presente investigación tiene como objetivo dar a conocer la morfología e índices ecológicos de infección de larvas de pentastómidos en tres especies de peces de importancia comercial: *Parachromis managuensis*, *Petenia splendida* y *G. dormitor* como hospederos intermediarios en la zona de los ríos del estado de Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y muestras

Los peces ($n= 120$) analizados fueron obtenidos de la pesca comercial proveniente de la laguna Canitzán ($17^{\circ} 20' N$ y $91^{\circ} 25' W$) de la cuenca media del río Usumacinta en Tenosique, Tabasco, México. Se tomaron muestras de 20 organismos de cada especie estudiada, tanto para el año 2005 como para 2015, respectivamente. Las mismas fueron *G. dormitor* (guabina), *P. managuensis* (mojarra pintada) y *P. splendida* (tenguayaca) como posibles hospederos intermediarios. Entre los años 2005 y 2015 no hubo investigación al respecto, por lo que se retomaron los datos de 2005 para complementar los estudios recientes y realizar un comparativo. La búsqueda de las larvas de pentastómidos se basó en la metodología propuesta por Moravec (1994) bajo previa identificación de los hospederos, basada en sus características. Posteriormente se registraron las características morfométricas de cada especie: longitud estándar, longitud patrón y anchura del cuerpo, medidas con un ictiómetro de madera de 60 cm. El peso fue obtenido con una balanza granataria OHAUS® de 2,610 g de capacidad.

Diagnóstico de larvas de *Sebekia* sp.

Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la clasificación taxonómica de la familia y del género *Sebekidae* para identificar la larva registrada en este estudio. Se realizó mediante la sistemática propuesta por Christoffersen y De Assis (2013); también se realizó la descripción morfológica de las mismas (Giesen, Takemoto, Calitz, Pérez Lizama, & Junker, 2013; Venard & Bangham, 1941). Para localizar las mismas los hospederos fueron eviscerados y fileteados con el objetivo de obtener piezas de musculatura de entre 5 y 8 cm de longitud, mismas que se colocaron en bolsas de polietileno de 20 x 30 cm, se etiquetaron con datos de colecta por hospedero para su posterior observación en menos de 24 h. Los filetes fueron comprimidos dentro de las bolsas de plástico con una prensa metálica. Se transparentaron en una

caja de madera de 40 x 40 x 15 cm con cristal opaco y una lámpara de 30 W en su interior.

Las larvas encapsuladas de pentastómidos fueron localizadas con una lupa bifocal, extraídas con pinceles y agujas de disección finas, colocadas en cajas de Petri y observadas bajo un estereoscopio Zeiss®. Posteriormente se fijaron con formaldehído al 4%, se colocaron en frascos viales y se etiquetaron con los datos de colecta. Fueron temporalmente montados en un portaobjetos de 26 x 76 mm, con espesor de $\pm 1-1.2$ mm. Se estudiaron las estructuras externas e internas de cada larva, previamente aclaradas con Lactofenol de Amman (Lamothe-Argumedo, García-Prieto, Osorio-Sarabia, & Pérez-Ponce de León, 1997). Después del aclarado las larvas fueron medidas con un ocular micrométrico ensamblado en un microscopio compuesto Lamobec®.

Las mediciones se registraron en mm y fueron: longitud del cuerpo (LC), tomada desde el margen anterior hasta el margen posterior; anchura del cuerpo (AC), registrada en la parte media del cuerpo; longitud de la boca (LB) y anchura de la boca (AB). Todas las medidas anteriores fueron basadas en los criterios propuestos por Junker & Boomker (2002). Se calcularon promedio y desviación estándar solo en larvas del año 2015, debido al número con que se contaba.

Para medir los ganchos de las larvas se siguió el esquema propuesto por Riley, Spratt y Winch (1990) y por Junker y Boomker (2002): (a-c) longitud de la hoja del gancho, (a-d) longitud total del gancho, (b-c) longitud de la base del gancho, (c-d) longitud horizontal del gancho, (c-e) longitud de espina accesoria y (F1-F2) punto de apoyo para el gancho. Algunas larvas fueron depositadas en la colección parasitológica de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco con números de clave Guavina-Tenosique musculatura 22/03/05-Pt-004-001 y Pinta-Tenosique-hígado 21/03/05-Pt-004-003. Las larvas fueron fotografiadas con una cámara Cannon® ajustada al ocular del microscopio LABOMED CXRIII®.

Los índices ecológicos se calcularon mediante la propuesta de Margolis, Esch, Holmes, Kuris y Schad (1982), fueron prevalencia (P), que indica el porcentaje de organismos parasitados por una especie de parásitos ($P = \text{núm. hospederos infectados} / \text{núm. hospederos examinados} \times 100$); intensidad media (IM),

que es el promedio de especies de parásitos en organismos infectados ($IM = \text{núm. total de parásitos} / \text{núm. hospederos infectados}$); así como la abundancia (AB), que es el número de promedio de parásitos por hospederos examinados ($AB = \text{núm. total de una especie de parásito} / \text{núm. hospederos examinados}$).

RESULTADOS

Se registraron 30 larvas de *Sebekia* sp. en 120 peces analizados, de las cuales seis se recolectaron en 2005 y 24 en el año 2015. Fueron localizadas microscópicamente en la musculatura de los peces. Generalmente presentaron un cuerpo alargado de coloración blanca, se distingue la parte anterior del mismo con cuatro ganchos y una espina accesoria en el margen superior de cada gancho. Los ganchos están ubicados a un lado de la boca, que es de forma oval. El cuerpo de estas larvas presentó anillos transversales con aspecto segmentado, en ellos se observaron pequeñas espinas finas. Debajo de cada anillo se observaron pequeñas muescas de forma circular. En la parte posterior del cuerpo presentaron una abertura que desemboca al exterior (ano). Esto se puede observar en la figura 1.

Descripción morfométrica de las larvas de pentastómidos durante el año 2005

Las larvas de pentastómidos ($n = 2$) obtenidas de la mojarra tenguayaca *P. splendida* ($n = 20$) presentaron una longitud total del cuerpo de 3.01 mm, con una anchura de 0.87 mm, la boca presentó una longitud de 0.08 mm y su anchura fue 0.05 mm. La distancia entre los anillos del cuerpo fue de 0.01 mm. Las espinas del cuerpo tuvieron una longitud promedio de 0.01 mm. En la guabina *G. dormitor* ($n = 20$), las larvas ($n = 2$) presentaron una longitud total del cuerpo de 4.5 mm, con una anchura de 0.62 mm. La boca presentó una longitud de 0.08 mm y una anchura de 0.04 mm. La distancia entre los anillos del cuerpo fue de 0.08 mm.

Las espinas del cuerpo tuvieron una longitud promedio de 0.09 mm. En la mojarra pinta *P. managuensis* ($n = 20$) la longitud promedio total del cuerpo de las larvas ($n = 2$) fue de 3.9 mm, con una anchura de 0.61 mm. La boca presentó una longitud de 0.08 mm y una anchura de 0.05 mm. La distancia entre los anillos fue de 0.07 mm. Las espinas presentaron una longitud promedio de 0.01 mm. Todas las larvas tuvieron cuatro ganchos con

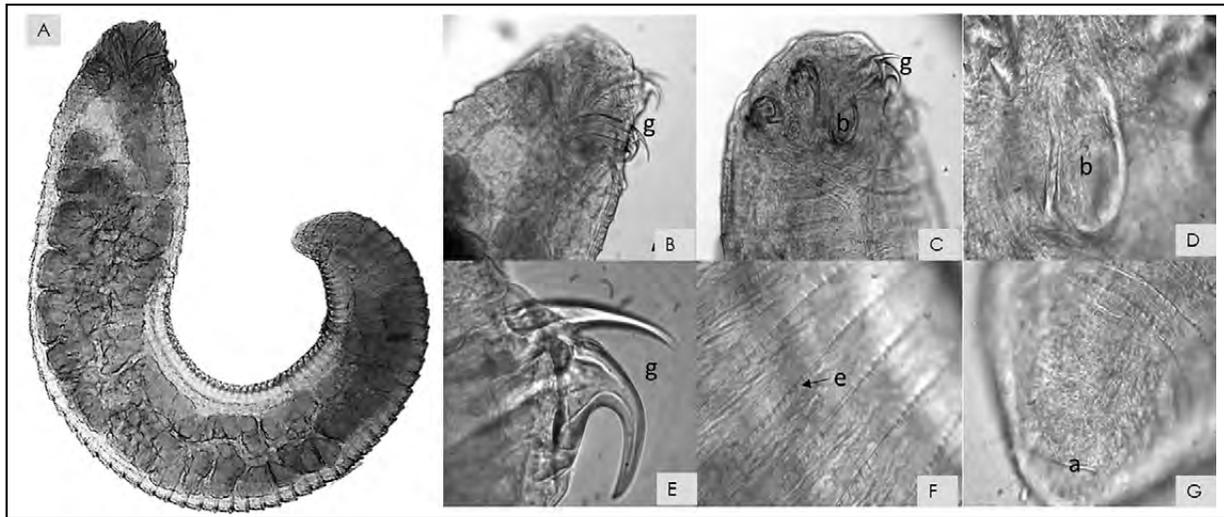


Figura 1. (A) Cuerpo de larvas; (B) vista dorsal del cuerpo, región anterior; (C) vista frontal del cuerpo, región anterior; (D) boca; (E) estructura de ganchos; (F) anillos con espinas; (G) vista posterior del cuerpo. (b): boca; (e): espinas; (g): ganchos dobles; (a): ano.

Fotografía del equipo de estudio.

una espina accesoria, además de 65-72 anillos en el cuerpo (tabla 1).

Descripción morfométrica de las larvas de pentastómidos durante el año 2015

Las larvas ($n=9$) de pentastómidos registrada en *P. splendida* ($n=20$) presentaron una longitud del

cuerpo de 3.37 a 5.75 mm (4.76 ± 0.743 mm) con un ancho de 0.42 a 0.45 (0.43 ± 0.016 mm). La boca presentó una longitud de 0.11 a 0.14 mm (0.12 ± 0.055 mm), su ancho fue de 0.062 a 0.087 mm (0.073 ± 0.033 mm). La distancia entre anillo de espinas fue de 0.01 a 0.12 mm (0.025 ± 0.037 mm). La longitud de la espina del cuerpo fue de 0.007 a 0.007 mm ($0.007 \pm$

Tabla 1
Medidas de los ganchos según Junker (2002) tomadas durante 2005

	a-c	a-d	b-c	c-e	c-d	F1-F2
Larva ($n=1$)/ <i>P. splendida</i>						
1° gancho	0.038	0.075	0.038	0.038	0.063	0.175
2° gancho	0.050	0.088	0.045	0.050	0.050	0.138
3° gancho	0.050	0.075	0.050	0.037	0.063	0.100
4° gancho	0.050	0.082	0.030	0.038	0.055	0.125
Larva ($n=1$)/ <i>G. dormitor</i>						
1° gancho	0.080	0.100	0.055	0.043	0.038	0.162
2° gancho	0.062	0.088	0.050	0.037	0.063	0.200
3° gancho	0.062	0.100	0.062	0.050	0.050	0.125
4° gancho	0.063	0.088	0.062	0.050	0.038	0.100
Larva ($n=1$)/ <i>P. managuensis</i>						
1° gancho	0.055	0.085	0.050	0.037	0.055	0.125
2° gancho	0.025	0.050	0.045	0.037	0.038	0.100
3° gancho	0.063	0.075	0.050	0.025	0.045	0.188
4° gancho	0.025	0.057	0.050	0.025	0.038	0.163

Nota: Elaboración propia.

0.000 mm). El cuerpo está formado de 59 a 78 anillos (tabla 2). En la mojarra pinta *P. managuensis* ($n=20$) se encontraron larvas ($n=3$), que tuvieron una longitud del cuerpo de 3.8 a 4.5 mm, (4.10 ± 0.360 mm), ancho de cuerpo 0.42 a 0.52 mm (0.45 ± 0.577 mm), longitud de la boca 0.10 a 0.12 mm (0.11 ± 0.013 mm), ancho de boca 0.06 a 0.07 (0.07 ± 0.007 mm), distancia entre anillo 0.01 (0.01 ± 0.0 mm), longitud de la espina del cuerpo es 0.007 mm (0.007 ± 0.007 mm), el cuerpo está formado de 62 a 70 anillos (tabla 2).

En la guabina *G. dormitor* ($n=20$) se obtuvieron las larvas ($n=12$) de pentastómidos que presentaron una longitud de cuerpo entre 3.25 a 4.62 mm (3.89 ± 0.455 mm), un ancho del cuerpo entre 1.15 y 1.37 mm (1.25 ± 0.077 mm), la longitud de la boca de 0.07 a 1.35 mm (0.32 ± 0.456 mm), y ancho de boca de 0.05 a 1.35 mm (0.19 ± 0.279 mm), longitud de la espina del cuerpo fue de 0.007 a 0.009mm (0.007 ± 0.0075 mm). El cuerpo está formado por entre 62 y 70 anillos (tabla 2).

Índices ecológicos de infección

Los índices de infección por las larvas de pentastómidos en los peces hospederos de importancia comercial registrados en 2005 fue mayor en la especie *G. dormitor* con una intensidad de 1.4;

0.35 de abundancia y 35% de prevalencia. Esto fue igual para 2015, con una intensidad de 2; 0.60 de abundancia y 30% de prevalencia. En las especies *P. splendida* y *P. managuensis* estos valores fueron bajos (tabla 3).

DISCUSIÓN

Las larvas de pentastómidos registradas en el presente estudio fueron encontradas encapsuladas en una membrana fibrosa en la musculatura de los peces estudiados durante 2005 y 2015, respectivamente. También presentaron características morfológicas y morfométricas similares. Fueron semejantes a las características anatómicas señaladas para las larvas de la familia Sebekidae (Barton & Morgan, 2016; Bunkley-Williams & Williams, 1995). Estas pueden llegar a medir hasta 7 mm de longitud, lo cual podría estar condicionado por la etapa de desarrollo de la especie (siete etapas) y/o a una variación intraespecífica (Bunkley-Williams & Williams, 1995). Estas larvas son similares a la morfometría de la especie *Sebekia oxicephala* registrada en peces poecilidos como *Phalloceros harpagos* en Cambé, Paraná, Brasil, en peces *C. undecimalis*, *I. puntatus* y *Dormitor maculatus* de Florida, EE. UU., a las larvas registradas en pe-

Tabla 2
Medidas de los ganchos según Junker (2002) tomadas durante 2015

	a-c	a-d	b-c	c-e	c-d	F1-F2
Larvas ($n=9$)/<i>P. splendida</i>						
1° gancho	0.033	0.054	0.083	0.056	0.036	0.124
2° gancho	0.037	0.062	0.188	0.062	0.041	0.158
3° gancho	0.088	0.058	0.139	0.069	0.038	0.147
4° gancho	0.037	0.058	0.138	0.062	0.040	0.156
Larvas ($n=12$)/<i>G. dormitor</i>						
1° gancho	0.06	0.087	0.048	0.085	0.048	0.145
2° gancho	0.062	0.082	0.049	0.084	0.049	0.152
3° gancho	0.058	0.076	0.047	0.073	0.044	0.145
4° gancho	0.057	0.077	0.046	0.074	0.044	0.142
Larvas ($n=3$) en <i>P. managuensis</i>						
1° gancho	0.051	0.075	0.045	0.095	0.054	0.141
2° gancho	0.05	0.079	0.044	0.075	0.054	0.133
3° gancho	0.05	0.079	0.049	0.069	0.051	0.147
4° gancho	0.06	0.066	0.075	0.077	0.05	0.113

Nota: Elaboración propia.

Tabla 3
Índices ecológicos de infección según hospedero

Índices/año	Hospedero					
	<i>P. splendida</i>		<i>G. dormitor</i>		<i>P. managuensis</i>	
	2005	2015	2005	2015	2005	2015
Intensidad	1.00	1.80	1.40	2.00	1.00	3.00
Abundancia	0.05	0.45	0.35	0.60	0.10	0.15
Prevalencia	5.00	25.00	35.00	30.00	10.00	5.00
Número de larvas	1.00	9.00	7.00	12	2	3
Peces parasitados	1	5	5	6	2	1
Peces revisados	20	20	20	20	20	20

Nota: Elaboración propia.

ces cíclidos del parque nacional Kruger, África (Almeida, Silva-Souza, & Sales, 2010; Junker, Boomker, & Booyse, 1998; Venard & Bangham, 1941), también concuerdan con los datos morfométricos de las larvas de *Sebekia* sp. registradas en el pez bobo liso *I. meridionalis*, en el robalo *C. undecimalis* y en guabina *G. dormitor* en Tabasco, México (García-Magaña & López-Jiménez, 2008; Pineda-López & García-Magaña, 1991).

Sin embargo, Salgado-Maldonado, Pineda-López, Vidal-Martínez y Kennedy (1997) registraron larvas de *S. subtriquetra* en Laguna Vapor de Campeche, México; en peces de la familia Cichlidae como *Cichlasoma synspilum* y *Cichlasoma urophthalmus*, las cuales presentan caracteres morfológicos similares a las del presente estudio, pero difieren en cuanto al número de anillos del cuerpo de las larvas. Fueron diferentes a las larvas *Sebekia wedli*, *Subtriquetra rileyi*, *L. gracile*, *Subtriquetra* sp.1 y *Subtriquetra* sp. 2, en sus caracteres morfológicos y morfométricos; principalmente en el número de anillos en el cuerpo (Junker et al., 1998; Vicentin et al., 2013).

Las larvas de este estudio fueron diferentes a las de otras especies de pentastómido, como *Subtriquetra subtriquetra*, *L. serrata*, *Almelifer* sp., *Lingutala* sp., *Reighardia stemea* y *Alofia merki*, principalmente por el tamaño del cuerpo, ganchos y espinas accesorias (Barton & Morgan, 2016; Lazo et al., 1999; Martínez et al., 2004; Vargas, 1971).

Con respecto a los índices ecológicos registrados en el presente estudio por larvas de *Sebekia* sp., el

hospedero *G. dormitor* fue quien registró los valores máximos de intensidad y prevalencia en ambos años de investigación. Asimismo, *P. splendida* mostró similares resultados, lo que indica que la abundancia y prevalencia de esta larva aumentó. En *P. managuensis*, los índices se presentaron con poca variación si se comparan con el registro de las dos especies señaladas anteriormente. Estos se asemejan a la vez a los valores obtenidos en los hospederos *C. undecimalis* y *G. dormitor* (García Magaña & López Jiménez, 2008).

Sin embargo, difieren de los índices señalados en el bagre *I. meridionalis* del río San Pedro en Balancán, Tabasco, México (Pineda López & García Magaña, 1991). También difieren de las prevalencias de 9.2% y 40.5% registradas en peces cíclidos con larvas de *S. wedli* y en peces poecílidos infestados con *S. oxycephala*. Lo mismo con peces carácidos infestados con larvas de *Sebekia* sp. en Brasil (Almeida et al., 2010; Giesen et al., 2013; Junker et al., 1998). También presentaron diferencia con las señaladas en *Protonibea diacanthus* (Sciaenidae) con prevalencias entre 0.4% y 33%, infestados con larvas de *A. merki*, y con las prevalencias de 6% con larvas de *Sebekia purdieae* en peces de Australia (Barton & Morgan, 2016).

CONCLUSIONES

Con base en los análisis realizados a los caracteres morfológicos y morfométricos de las larvas de pentastómido del presente estudio, se establece que la larva que infesta los peces en Tabasco, México, corresponde a la especie *S. oxycephala*. Sin

embargo, deben realizarse estudios más exhaustivos (moleculares) para la confirmación de la especie. Por otra parte, se propone a las autoridades sanitarias del sector acuícola y del sector salud realicen medidas precautorias para prevenir una zoonosis debida a estos parásitos por el consumo de peces

insuficientemente cocidos. Las enfermedades por pentastómidos en otros países son pentastomiasis visceral, causada por el parásito en forma de larva, y pentastomiasis respiratoria, causada por parásitos adultos (Christoffersen & De Assis, 2015).

REFERENCIAS

- Almeida, W. O., Silva-Souza, A. T., & Sales, D. L. (2010). Parasitism of *Phallogeros harpagos* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) by *Sebekia oxycephala* (Pentastomida: Sebekidae) in the headwaters of the Cambé River, Paraná State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70(2), 457-458.
- Andersson, R. C. (1995). F. Moravec: Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe. *Folia Parasitologica*, 42(3), 240.
- Bangham, R. U. (1939). Parasites of Centrarchidae from Southern Florida. *Transactions of the American Fisheries Society*, 68(1), 263-268.
- Barton, D. P., & Morgan, J. A. T. (2016). A morphological and genetic description of pentastomid infective nymphs belonging to the family Sebekidae Sambom, 1922 in fish in Australian waters. *Folia Parasitologica*, 63: 026. doi: 10.14411/fp.2016.026
- Bunkley-Williams, L., & Williams, E. H. (1995). *Parásitos de peces de valor recreativo en agua dulce de Puerto Rico*. Lajas, Puerto Rico, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- Christoffersen, M. L., & De Assis, J. E. (2013). A systematic monograph of the recent Pentastomida, with a compilation of their hosts. *Zoologische Mededelingen*, 87(1), 1-206.
- _____ (2015). Pentastomida. *Revista IDE@-SEA*, 98B, 1-10. Recuperado de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_98A.pdf
- Flynn, R. J. (1973). *Parasites of laboratory animals*. Ames, Iowa, US: State University Press.
- García Magaña, L., & López Jiménez, S. (2008). Parásitos de peces de la reserva de la biósfera "Pantanos de Centla", Tabasco: Algunas recomendaciones para su prevención y control. *Revista de Divulgación Kuxulkab*, 14(26), 13-22.
- Giesen, S. C., Takemoto, R. M., Calitz, F., Pérez Lizama, M. A., & Junker K. (2013). Infective pentastomid larvae from *Pygocentrus nattereri* Kner (Pisces, Characidae) from the Miranda River, Pantanal, Mato Grosso do Sul State, Brazil, with notes on their taxonomy and epidemiology. *Folia Parasitologica*, 60(5), 457-468.
- Junker, K., & Boomker, J. (2002). Description of *Pelonia africana* n. g., n. sp. (Pentastomida: Sebekidae) from the lungs of *Pelomedusa subrufa* and *Pelusios sinuatus* (Chelonia) in South Africa. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 69, 53-59.
- Junker, K., Boomker, J., & Booyse, D. G. (1998). Experimental studies on the life-cycle of *Sebekia wedli* (Pentastomida: Sebekidae). *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 65(4), 233-237.
- Lamothe-Argumedo, R., García-Prieto, L., Osorio-Sarabia, D., & Pérez-Ponce de León, G. (1997). *Catálogo de la Colección Nacional de Helmintos*. México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México-CONABIO.
- Lazo, R. F., Hidalgo, E., Lazo, J. E., Bermeo, A., Llaguno, M., Murillo, J., & Teixeira, V. P. (1999). Ocular linguatuliasis in Ecuador: Case report and morphometric study of the larva of *Linguatula serrata*. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 60(3), 405-409.
- Margolis, L., Esch, G. W., Holmes, J. C., Kuris, A. M., & Schad, G. M. (1982). The use of ecological terms in parasitology (Report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologists). *The Journal of Parasitology*, 68(1), 131-133.
- Martínez, J., Criado-Fornelio, A., Lanzarot, P., Fernández-García, M., Rodríguez-Cabeiro, F., & Merino, S. (2004). A new pentastomid from the black vulture. *Journal of Parasitology*, 90(5), 1103-1105.
- Moravec, F. (1994). *Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe* (473 pp.). Prague-Dordrecht-Boston-London: Academia and Kluwer Academic Publishers.
- Olson, A. C., & Cosgrove, G. E. (1982). Pentastomida. En S. Hurlbert, & A. Villalobos-Figueroa (Eds.), *Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies*. US: San Diego State University Press.
- Pineda López, R., & García Magaña, L. (1991). Hallazgo de ninfas de pentastómidos en *Ictalurus meridionalis* (Pisces: Ictaluridae) en el Río San Pedro, Balancán, Tabasco. Nota de investigación. *Universidad y Ciencia*, 8(16), 97-100.
- Riley, J. (1986). The biology of pentastomids. *Advances in Parasitology*, 25, 45-128.
- _____, Spratt, D. M., & Winch, J. M. (1990). A revision of the genus *Sebekia* Sambom, 1922 (Pentastomida) from crocodylians with descriptions of five new species. *Systematic Parasitology*, 16(1), 1-25.

- Salgado-Maldonado, G., Pineda-López, R., Vidal-Martínez, V. M., & Kennedy, C. R. (1997). A checklist of metazoan parasites of cichlid fish from Mexico. *Journal of the Helminthological Society of Washington*, 64(2), 195-207.
- Sellier, P., Garin, Y. J., Frija, J., Aubrey, A., & Soyer, P. (2004). Multiple thoracoabdominal calcifications in a healthy west african man. *Clinical Infectious Diseases. An Official Publication on the Infectious Diseases Society of America*, 39(10), 1475-1476. doi: 10.1086/425362
- Vargas, V. M. (1971). Hallazgo de *Subtriqueta subtriqueta* Sambon, 1922 (Pentastomida) en Costa Rica y su redescrpción. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 13, 137-146.
- Venard, C. E., & Bangham, R. V. (1941). *Sebekia oxycephala* (Pentastomida) from Florida Fishes and Some Notes on the Morphology of the Larvae. *Ohio Journal of Science*, 41(1), 23-28.
- Vicentin, W., Ibarrola Vieiria, K. R., Roland Tavares, L. E., Dos Santos Costa, F. E., Massato Takemoto, R., & Paiva, F. (2013). Metazoan endoparasites of *Pygocentrus nattereri* (Characiformes: Serrasalminae) in the Negro River, Pantanal, Brazil. *The Brazilian Journal of Veterinary Parasitology, Jaboticabal*, 22(3), 331-338. Valera, estado Trujillo, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 47(2), 56-59.

Biolixiviación y su impacto en el rendimiento de aceite de semillas de *Cucurbita foetidissima* Kunth en dos métodos de extracción

Bioleaching and its impact on the yield of *Cucurbita foetidissima* Kunth seed oil by two extraction methods

Francisco Hernández-Centeno*, Haydee Yajaira López-De la Peña*, César Guigón-López**, María Hernández-González*✉

Hernández-Centeno, F., López-De la Peña, H. Y., Guigón-López, C., & Hernández-González, M. (2018). Biolixiviación y su impacto en el rendimiento de aceite de semillas de *Cucurbita foetidissima* Kunth en dos métodos de extracción. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 13-19.

RESUMEN

La calabacilla loca (*Cucurbita foetidissima* Kunth) es una planta con amplio potencial de aprovechamiento. Se buscó determinar condiciones óptimas para extraer aceite de sus semillas, se les sometió a tratamiento previo de degradación de pared celular utilizando un hongo celulolítico para incrementar los rendimientos de aceite durante la extracción. El hongo *Aspergillus niger*, clasificado como GRAS, fue inducido en carboximetilcelulosa para promover producción de celulasas y después inocular un medio formulado con semilla de calabacilla loca como única fuente de carbono, más micronutrientes. Se utilizó prensado hidráulico y método Soxhlet para la extracción. Las mejores condiciones fueron: pH 7 a 25 °C por 96 h, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.01$). Con el método Soxhlet se obtuvo rendimiento de 34% para la muestra no tratada y 43.76% para la biolixiviada, y en el prensado fue de 24.44% para la

muestra no biolixiviada y 27.54% para muestra con tratamiento.

ABSTRACT

The buffalo gourd (*Cucurbita foetidissima* Kunth) is a plant with a wide potential for use. We sought to determine optimal conditions to extract oil from their seeds, exposing them to previous treatment of cell wall degradation using a cellulolytic fungus to increase oil yields during extraction. The fungus *Aspergillus niger*, classified as GRAS, was induced in carboxymethylcellulose to promote production of cellulases and then inoculated a medium formulated with crazy gourd seed as the sole source of carbon, plus micronutrients. Hydraulic pressing and Soxhlet method were used for extraction. The best conditions were: pH 7 at 25 °C for 96 h, according to the Tukey test ($p \leq 0.01$). With the Soxhlet method, a yield of 34% was obtained for the untreated sample and 43.76% for the biolix spill, and in the press was 24.44% for the non-biowashed sample and 27.54% for the sample with treatment.

Palabras clave: calabacilla loca; aceite; biolixiviación; hongo; celulasas; rendimiento.

Keywords: buffalo gourd; oil; bioleaching; fungus; cellulases; performance.

Recibido: 11 de diciembre de 2017, aceptado: 14 de agosto de 2018

* Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C. P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: francisco.hdez@gmail.com; yajaira.lp@gmail.com; maryhg12@yahoo.com

** Centro de Investigación para los Recursos Naturales. Domicilio conocido. Antigua Normal Rural, Saltaices, C. P. 33943, Villa López, Chihuahua, México. Correo electrónico: c_guigon@hotmail.com

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

El uso de aceites comestibles se ha vuelto indispensable en la vida cotidiana en la preparación de alimentos, los cuales imparten características importantes relacionadas con su degustación, como el sabor y textura, tanto en alimentos naturales como preparados (Murcia, 2010), por este motivo tienen gran demanda en el mercado. Los aceites de semillas constituyen 70% de la producción mundial de aceites (Grasso, 2013) y en México su producción

requiere de la importación cada vez mayor de oleaginosas (SAGARPA, 2015).

La calabacilla loca (*C. foetidissima* Kunth) (figura 1) representa una alternativa para la producción de aceite pues sus semillas son ricas en él, oscila entre 25 y 42.8% de su peso, se compone principalmente de ácidos grasos no saturados como el ácido linoleico (Granados Sánchez y López Ríos, 1999; Stevenson et al., 2007), similar al contenido de aceite en semillas de otras cucurbitáceas (Seymen, Uslu, Türkmen, Al Juhaimi, & Özcan, 2016). Además, es una especie silvestre y perenne que crece en forma natural en zonas áridas y semiáridas de México (Lira Saade, Eguiarte Fruns, & Montes Hernández, 2009).



Figura 1. Fruto y semillas de calabacilla loca (*C. foetidissima* Kunth).

Fotografía tomada de Kleinman (2009).

La extracción de aceites se realiza mediante métodos físicos y químicos (Da Porto, Porretto, & Decorti, 2013; Ixtaina et al., 2011); sin embargo, la sociedad actual exige alimentos con mayor calidad. Dentro de estas exigencias, una de las más importantes es la elaboración de alimentos por procesos físicos, donde no intervengan procesos químicos que puedan afectar la salud del consumidor (Monteiro, Bertazzy Levy, Moreira Claro, Ribeira de Castro, & Cannon, 2010). Uno de estos campos de investigación involucra la biotecnología aplicada en alimentos (Kuhad, Gupta, & Singh, 2011), que se ha desarrollado ampliamente en los últimos años con la finalidad de optimizar los procesos de transformación de los mismos (Latif & Anwar, 2011; Sabiha-Hanim, Noor, & Rosma, 2011).

El objetivo de este estudio fue comprobar que la tecnología de biolixiviación fúngica es una alternativa efectiva para aumentar el rendimiento final en la extracción de aceite de semillas de calabacilla loca (*C. foetidissima* Kunth) sin importar el método de extracción y con impacto ambiental menor al de los procesos de obtención convencionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el proceso de biolixiviación se utilizó un hongo aislado a partir de una muestra de agar contaminado. En la inducción del hongo se empleó caldo Czapeck Dox enriquecido con sacarosa como única fuente de carbono, además de micronutrientes y se incubó entre 7 y 9 días a 25 °C. Posteriormente se sustituyó poco a poco la sacarosa por concentraciones crecientes de carboximetilcelulosa (CMC) hasta ser la única fuente de carbono e inducir al hongo a producir celulasas, según lo referido por Tirado Gallegos (2005), con modificaciones.

Para la caracterización se realizó microcultivo del hongo con la finalidad de determinar su tipo y factibilidad de uso. Se caracterizó de acuerdo con los lineamientos de Barnett y Hunter (1998). La subespecie se determinó de acuerdo con las claves de identificación de *Aspergillus* sp. según Raper y Fennell (1965).

Se establecieron las condiciones óptimas de degradación de la pared celular, para lo cual se monitoreó el contenido de azúcares totales. Esta etapa se llevó a cabo en medio acuoso con valores de pH de 3, 5 y 7, se sustituyó la sacarosa de manera gradual por semilla de calabacilla molida a tamaño ≤ 1 mm como única fuente de carbono, además de micronutrientes. Se preparó un inóculo con 2×10^6 esporas/l, al cual se adicionó 1 ml/100 ml de medio acuoso, con el sistema en agitación constante. El conteo de esporas se realizó de acuerdo con lo reportado por Tirado Gallegos (2005). Las muestras se mantuvieron en baño María a 25 °C durante 168 h. Durante el tiempo de incubación se evaluó cada 24 h el contenido de azúcares totales (DuBois, Gilles, Hamilton, Rebers, & Smith, 1956) y reductores (Miller, 1959). Se retiró el micelio del material ya biolixiviado, se filtró en tela de lino y se secó en estufa Robertshaw durante 24 h a 55 °C.

Para la obtención de la semilla predigerida se siguió la metodología que se describió en el

punto anterior, mediante las condiciones óptimas derivadas del análisis durante este mismo estudio: pH 7 y 96 h de contacto, a fin de obtener suficiente material para las etapas posteriores del experimento. En cuanto a la evaluación del efecto del tratamiento biolixiviante en la eficiencia de extracción de aceite se utilizó muestra biolixiviada y sin biolixiviar, esta última como testigo de referencia. La primera tecnología de extracción fue el método Soxhlet (Horwitz & Latimer, 2010) con modificaciones: se utilizaron 250 ml de hexano por cada 2 g de muestra, tanto para el testigo como para el tratamiento; el proceso se llevó a 60 °C en diferentes tiempos (6, 8, 10 y 12 h). Para la segunda tecnología se utilizó una prensa hidráulica, en la cual se colocaron muestras de 2 g a una presión de 30,000 psi por 3 s en tres ocasiones consecutivas.

Se obtuvo el espectro infrarrojo del aceite obtenido utilizando un espectrofotómetro FTIR modelo Nicolet 550, a fin de descartar la presencia de componentes ajenos. El diseño experimental fue al azar, los promedios de rendimiento obtenido se analizaron de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.01$), con el software estadístico JMP 5.0.1.

RESULTADOS

La figura 2 muestra el crecimiento del hongo en medio con concentración de 100% de CMC. La caracterización macroscópica y microscópica hizo posible la identificación de la cepa como *Aspergillus niger* (figura 3).



Figura 2. Cultivo celular del hongo *Aspergillus* sp. en un medio con concentración de 100% de carboximetilcelulosa (CMC). Fotografía de los autores.

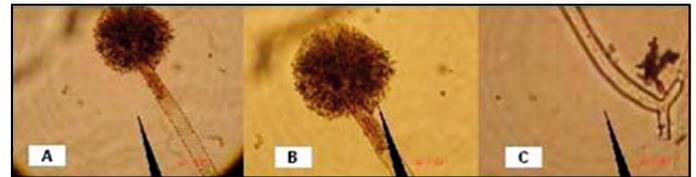


Figura 3. Morfología de *Aspergillus* sp. A y B) Cabezas conidiales globosas y esporas en cadena sobre conidióforos. C) Célula pie. Fotografías de los autores.

El proceso de inducción del microorganismo se llevó a cabo de forma exitosa: la formación de azúcares totales y su asimilación por el hongo en uso se pueden observar claramente en la figura 4, donde se aprecian los ciclos de liberación y asimilación de estos nutrientes.

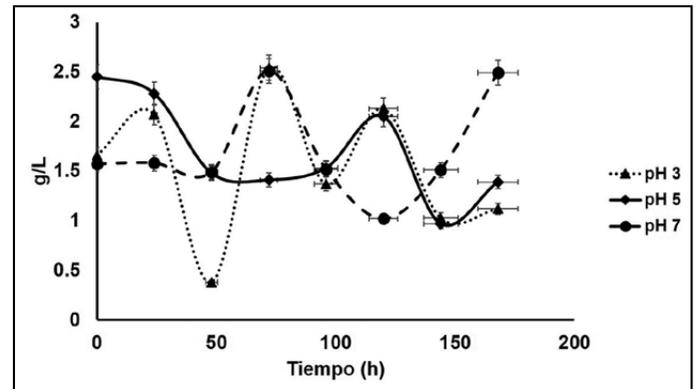


Figura 4. Concentración de azúcares totales a pH 3, 5 y 7 a 25 °C por 168 h. Elaboración propia.

En el sistema de biolixiviación fúngica, con las semillas molidas como única fuente de carbono, la actividad de *A. niger* mostró un comportamiento diferente entre formación y asimilación de azúcares reductores con los valores de pH durante el mismo tiempo de evaluación (figura 5).

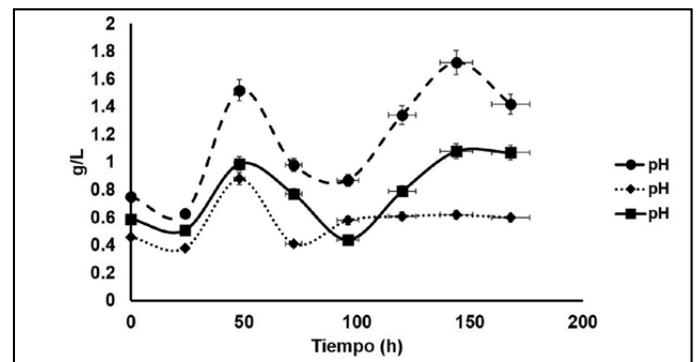


Figura 5. Concentración de azúcares reductores a pH 3, 5 y 7 a 25 °C por 168 h. Elaboración propia.

Se apreció a simple vista un cambio de tonalidad de color en el material tratado a consecuencia del tratamiento de prueba, mediante el uso para el sistema de las condiciones que demostraron ser más efectivas en cuanto a liberación de azúcares reductores. Esto también influyó en el color del aceite crudo, aunque esta característica no fue evaluada.



Figura 6. Semilla molida de *Cucurbita foetidissima* Kunth no tratada (A) y biolixiviada con *A. niger* por 48 h, 25 °C y pH 7 (B). Fotografía de los autores.

Para la extracción de aceite previa a la biolixiviación, en la figura 7 se apreció que el mejor tiempo de extracción es a las 12 h; sin embargo, la diferencia entre las 12, 4 y 6 h no fue significativa ($p \leq 0.01$) en cuanto a la cantidad de aceite obtenido, por lo que se consideró como mejor el de 4 h.

El rendimiento de aceite del material tratado obtenido a través de ambos métodos de extracción

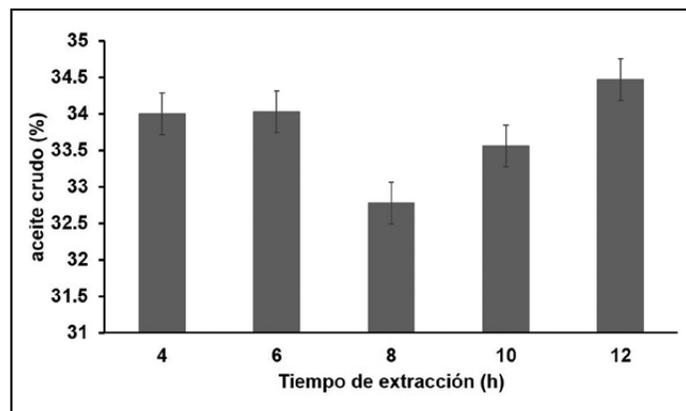


Figura 7. Porcentaje de aceite obtenido de semillas de *C. foetidissima* Kunth, molidas, sin tratamiento, utilizando el método Soxhlet. Elaboración propia.

se comparó con el testigo sin tratar y se observó una menor cantidad de aceite para el método de prensado (figura 8) con respecto al obtenido por método Soxhlet (figura 9).

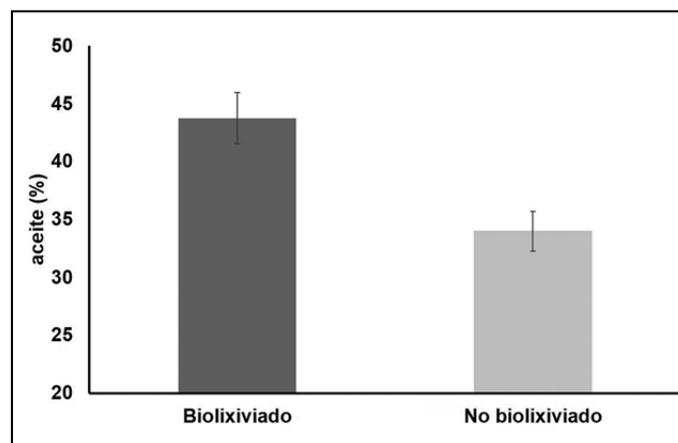


Figura 8. Porcentajes de aceite obtenido por método Soxhlet (4 h) de semillas molidas de *C. foetidissima* Kunth biolixiviadas y sin biolixiviar. Elaboración propia.

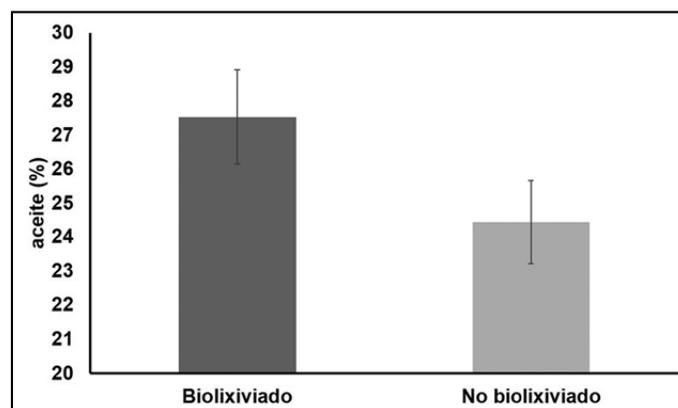


Figura 9. Porcentajes de aceite obtenido por método de prensado de semillas molidas de *C. foetidissima* Kunth biolixiviadas y sin biolixiviar. Elaboración propia.

Para el análisis FTIR, el espectro obtenido del análisis de la muestra de aceite crudo de semilla de calabacilla loca se muestra en la figura 10.

DISCUSIÓN

La cepa de hongo analizada se clasificó como *Aspergillus* sp. y se caracterizó con el acrónimo GRAS (*generally recognized as secure*). La observación microscópica permitió una tipificación más precisa. El color presentado en las colonias de *Aspergillus*

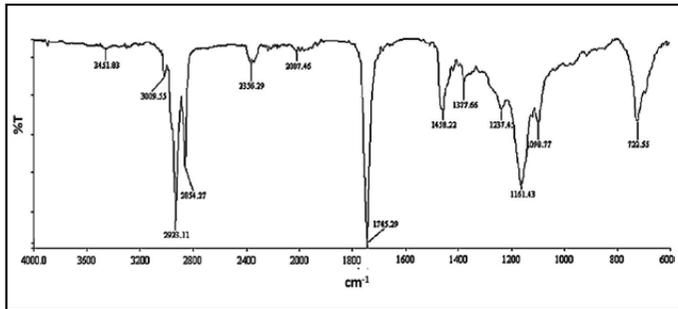


Figura 10. Espectro IR del aceite crudo extraído de semilla de calabacilla loca (*C. foetidissima* Kunth).
Elaboración propia.

fue negruzco, lo cual permitió identificar la especie como *niger*. De acuerdo con Raper y Fennell (1965), *A. niger* presenta cabezuelas color negro o café oscuro y conidióforos lisos e incoloros o pigmentados debajo de la vesícula (figura 3).

El proceso de desdoblamiento y asimilación de los azúcares se debió al metabolismo del hongo inoculado, que da lugar a la hidrólisis de los polímeros de celulosa presentes en la pared celular de las semillas en estudio. Deacon (1988) menciona que durante la actividad del hongo se absorben los nutrientes simples y solubles que se liberan al medio como resultado de la degradación de polímeros complejos con enzimas extracelulares, por lo que la síntesis del complejo celulosa es reprimida por altos niveles de glucosa u otro azúcar fácilmente metabolizable.

Tomando en cuenta los resultados mostrados en la figura 4 se determinó que a pH 7 y 25 °C el hongo tiene mejor desarrollo; su comportamiento en el medio bajo esas condiciones tiende a ser equilibrado a partir de las 72 h con un intervalo de 48 h entre la asimilación y la formación de azúcares totales; por tanto, su actividad celulolítica es más eficiente, al degradar de manera constante la pared celular y permite mayor liberación de aceite en el tratamiento de extracción.

Las condiciones que permitieron mejores resultados en la liberación de azúcares totales mostraron también los mejores resultados para los reductores, solo que a partir de las 48 h y mostraron un comportamiento constante hasta las 96 h, lo que permite sugerir que este tiempo de proceso fue el más adecuado para realizar la biolixiviación en función del costo-beneficio del tratamiento, ya que a pesar de que después se alcanzan mayores niveles de azú-

cares, no se observaron aumentos significativos en rendimiento de aceite en tiempos posteriores al indicado. El mayor rendimiento de aceite ($p \leq 0.01$) se obtuvo con el tratamiento a pH 7.

En la semilla tratada con biolixiviación la degradación de la pared celular permitió que el aceite quedara libre. Esto concuerda con los resultados obtenidos en estudios similares (Hernández, Monroy, Hernández, & De la Garza, 2008; Rosenthal, Pyle, Nirvanjan, Gilmour, & Trinca, 2001), donde los rendimientos de producto también aumentaron por un efecto similar. El mejor tiempo de extracción de aceite por el método Soxhlet fue de 4 h, si se considera que no hubo diferencia significativa ($p \leq 0.01$) con los tratamientos más prolongados, los cuales presentaron la desventaja de arrastrar otros componentes que no son aceite, principalmente pigmentos, y con el fin de aprovechar al máximo los recursos. La disminución en el rendimiento de aceite obtenido a las 8 h se debe a que la micela que se formó en el solvente durante el proceso de extracción llegó casi a la saturación, de acuerdo con Marjury Delgado et al. (2010) la concentración del aceite en función del tiempo disminuye hasta hacerse asíntota por un efecto de contracorriente en el cual el producto avanza en sentido contrario al del solvente.

En cuanto a la comparación de rendimientos entre semilla biolixiviada y sin biolixiviar, al aplicar celulosas se obtuvieron mayores rendimientos ($p \leq 0.01$) en la extracción con solvente (figura 7), lo que concuerda con resultados obtenidos por Tano-Debrah y Ohta (1994, 1995), ya que reportaron también mayor rendimiento de producto final al utilizar un sistema de predigestión enzimática.

Para el método de extracción por prensado los resultados también presentaron diferencia ($p \leq 0.01$) entre los rendimientos obtenidos de muestra biolixiviada y de muestra testigo sin biolixiviar (figura 8), ya que de la muestra tratada se pudo obtener 9.76% más de aceite con respecto a la muestra testigo, lo cual coincide con lo encontrado por Bouvier y Entressangles (1992) y Cheah, Agustin y Ooi (1990) para pretratamiento enzimático en la obtención de aceite de palma, aunque es significativamente menor al incremento en rendimiento que obtuvieron Guerra y Zúñiga (2003) para la extracción de aceite de pepita de uva tratada enzimáticamente; sin embargo, es suficiente para establecer que el uso de hongos celulolíticos es efectivo para el tratamiento de biolixiviación y obtener mejores rendimientos de producto final.

La extracción mediante solventes rindió un mayor porcentaje de aceite en comparación con el prensado, lo cual es congruente con un estudio similar sin pretratamiento llevado a cabo por Brossard-González, Ferrari, Pighinelli y Park (2010); sin embargo, el hexano utilizado en la primera metodología es un material tóxico que al exponerse por tiempos prolongados a temperaturas elevadas tiende a descomponerse generando compuestos nocivos para el medio ambiente, así como para la salud de los consumidores (Finlayson-Pitts & Pitts, 1993; Mustakas, 1980). Por lo anterior, es de esperarse que el método de prensado provoca un menor impacto ambiental al estar ausente cualquier agente químico ajeno al material en proceso, aunado a que con un proceso previo de biolixiviación de las semillas molidas se obtiene un mayor rendimiento durante la extracción.

Los resultados del FTIR demostraron una estructura correspondiente a los ácidos grasos linoleico,

oleico y palmítico, típica de la estructura de los aceites vegetales vírgenes que se ha reportado en otros estudios, como los de Che Man y Setiowaty (1999) y Hernández y Zacconi (2009).

CONCLUSIONES

La inducción del hongo para la producción de celulasas se logró utilizando carboximetilcelulosa. Las condiciones óptimas del tratamiento de biolixiviación fueron pH 7, 25 °C y 96 h de contacto. El rendimiento de aceite por el método de extracción Soxhlet para las semillas sin biolixiviar fue mayor que con el método de prensado para este mismo material. Lo mismo ocurrió con las semillas biolixiviadas, con mayor rendimiento en ambos métodos; sin embargo, la obtención por prensado fue mejor por su conveniencia ambiental y por ser menos exigente en cuanto a recursos necesarios para la obtención del aceite.

REFERENCIAS

- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated general of imperfect fungi* (4th ed.). St. Paul, MN, US: APS Press.
- Bouvier, F., & Entressangles, B. (1992). Utilisation de cellulases et pectinases dans le procédé d'extraction de l'huile de palme. *Revue Française des Corps Gras*, 39(9), 243-314. Recuperado de http://bibliotheque.bordeaux.fr/in/details.xhtml?id=mgroupp%3Ap+unimarc_bu_32860&jscheck=1
- Brossard-González, C. O., Ferrari, R. A., Pighinelli, A. L., & Park, K. J. (2010). Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatrofa (*Jatropha curcas* L.). *Grasas y aceites*, 61(3), 295-302. doi: 10.3989/gya.087209
- Che Man, Y. B., & Setiowaty, G. (1999). Multivariate calibration of Fourier transform infrared spectra in determining iodine value of palm oil products. *Food Chemistry*, 67(2), 193-198. doi: 10.1016/S0308-8146(99)00102-8
- Cheah, S. C., Augustin, M. A., & Ooi, L. C. L. (1990). Enzymic extraction of palm oil. *PORIM Bulletin*, 20, 30-36. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19920310811>
- Da Porto, C., Porretto, E., & Decorti, D. (2013). Comparison of ultrasound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (*Vitis vinifera* L.) seeds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(4), 1076-1080. doi: 10.1016/j.ultsonch.2012.12.002
- Deacon, J. W. (1988). *Introducción a la micología moderna*. México, D. F.: Limusa.
- DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356. doi: 10.1021/ac60111a017
- Finlayson-Pitts, B. J., & Pitts, J. N. (1993). Volatile organic compounds: Ozone formation, alternative fuels, and toxics. *Chemistry and Industry*, 20, 796-800. Recuperado de <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/5703621>
- Granados Sánchez, D., & López Ríos, G. F. (1999). Un recurso forestal de zonas áridas: Calabacilla loca (*Cucurbita foetidissima* H.B.K.). *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 5(1), 35-40.
- Grasso, F. V. (2013). *Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna* (Tesis doctoral). Recuperada de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26889>
- Guerra, E. G., & Zúñiga, M. E. (2003). Tratamiento enzimático en la extracción de aceite de pipa de uva, *Vitis vinifera*, por prensado en frío. *Grasas y aceites*, 54(1), 53-57. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=625793>
- Hernández, M., Monroy, A., Hernández, F., & De la Garza, H. (2008). Obtención de aceite de calabacilla loca (*Cucurbita foetidissima*) aplicando biolixiviación para mejorar su rendimiento. *Libro de resúmenes del XIII Congreso Anual en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. Madrid, España: Universidad Complutense. Recuperado de <https://es.slideshare.net/Alcyta/libro-ponencias-cytalia-xiii>

- Hernández, S. A., & Zacconi, F. C. M. (2009). Aceite de almendras dulces: Extracción, caracterización y aplicación. *Química Nova*, 32(5), 1342-1345. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000500044>
- Horwitz, W., & Latimer, G. (Eds.). (2010). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (18th. ed., 3rd. rev.). Arlington, TX, US: AOAC International.
- Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W. K., ..., Tomás, M. C. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 166-174. doi: 10.1016/j.jfca.2010.08.006
- Kleinman, R. (2009). *Cucurbita foetidissima*, gourd cut in half [Fotografía]. Recuperada de https://wnmu.edu/academic/nspages/gilaflo/cucurbita_foetidissima.html
- Kuhad, R. C., Gupta, R., & Singh, A. (2011). Microbial cellulases and their industrial applications. *Enzyme Research*, 2011, ID 280696. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4061/2011/280696>
- Latif, S., & Anwar, F. (2011). Aqueous enzymatic sesame oil and protein extraction. *Food Chemistry*, 125(2), 679-684. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.09.064
- Lira Saade, R., Eguarte Fruns, L., & Montes Hernández, S. (2009). *Proyecto recopilación y análisis de la información existente de las especies de los géneros Cucurbita y Sechium que crecen y/o se cultivan en México* (Informe final). México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias. Recuperado de http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/Cucurbita%20y%20Sechium/Informe_Final/Informe%20final%20Cucurbita%20y%20Sechium.pdf
- Marjory Delgado, R., Modroño-Alonso, M. F., Mujica F., V. C., Ramírez S., M., Rodríguez, M. C., Yamal T., E., & Velásquez N., I. (2010). Evaluación del proceso de extracción de aceite de la semilla de Merrey (*Anacardium occidentale* L.) a escala piloto en el Laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 33(1), 39-97.
- Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-428. doi: 10.1021/ac60147a030
- Monteiro, C. A., Bertazzi Levy, R., Moreira Claro, R., Ribeira de Castro, I. R., & Cannon, G. (2010). Increasing consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health: Evidence from Brazil. *Public Health Nutrition*, 14(1), 5-13. doi: 10.1017/S1368980010003241
- Murcia, J. L. (2010). Aceites de semillas: Palma, colza, soja y girasol lideran la producción y el consumo mundial. *Distribución y Consumo*, 111, 65-70. Recuperado de http://www.mercasa.es/files/multimedios/pag_065-070_Murcia.pdf
- Mustakas, G. C. (1980). Recovery of oil from soybeans. En D. R. Erikson, E. H. Pryde, O. L. Brekke, T. L. Mounts, & R. A. Falb (Eds.), *Handbook of soy oil processing and utilization*. St. Louis, US: American Soybean Association-American Oil Chemist's Society.
- Raper, K. B., & Fennell, D. I. (1965). *The genus Aspergillus*. Baltimore, US: Williams and Wilkins.
- Rosenthal, A., Pyle, D. L.; Nirvanjan, K., Gilmour, S., & Trinca, L. (2001). Combined effect of operational variables and enzyme activity on aqueous enzymatic extraction of oil and protein from soybean. *Enzyme and Microbial Technology*, 28(6), 499-509. doi: 10.1016/S0141-0229(00)00351-3
- Sabiha-Hanim, S., Noor, M. A. M., & Rosma, A. (2011). Effect of autohydrolysis and enzymatic treatment on oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) frond fibres for xylose and xylooligosaccharides production. *Bioresource Technology*, 102(2), 1234-1239. doi: 10.1016/j.biortech.2010.08.017
- Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2015). *Aumenta México 6% producción de granos y oleaginosas en 2014*. Comunicado de prensa. Culiacán, Sinaloa, México, 18 de febrero de 2015. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B120.aspx>
- Seymen, M., Uslu, N., Türkmen, Ö., Al Juhaimi, F., & Özcan, M. M. (2016). Chemical compositions and mineral contents of some hull-less pumpkin seed and oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93(8), 1095-1099. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11746-016-2850-5>
- Stevenson, D. G., Eller, F. J., Wang, L., Jane, J. L., Wang, T., & Inglett, G. E. (2007). Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(10), 4005-4013. doi: 10.1021/jf0706979
- Tano-Debrah, K., & Ohta, Y. (1994). Enzyme-assisted aqueous extraction of fat from kernels of shea tree, *Butyrospermum parkii*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71(9), 979-983. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02542265>
- _____ (1995). Enzyme-assisted aqueous extraction of shea fat: A rural approach. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72(2), 251-256. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02638908>
- Tirado Gallegos, J.M. (2005). *Obtención del colorante de la semilla de achiote (Bixa orellana) utilizando microorganismos celulolíticos* (Tesis de licenciatura). Recuperada de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/343/T15084%20TIRADO%20GALLEGOS%2C%20JUAN%20MANUEL%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

Actividad antiinflamatoria in vitro de los extractos etanólico y hexánico de tallos de *Cuscuta jalapensis* Schltdl.

In vitro anti-inflammatory activity of the ethanolic and hexanic extracts of *Cuscuta jalapensis* Schltdl.'s stems

José Ángel Salazar-López*, Mauro Antonio Villanueva-Lendecky**, Erwin García-Hernández***, Gabriel Arturo Soto-Ojeda**✉

Salazar-López, J. A., Villanueva-Lendecky, M. A., García-Hernández, E., & Soto-Ojeda, G. A. (2018). Actividad antiinflamatoria in vitro de los extractos etanólico y hexánico de tallos de *Cuscuta jalapensis* Schltdl. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 20-27.

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la actividad antiinflamatoria in vitro del extracto etanólico y hexánico de *Cuscuta jalapensis* Schltdl. mediante el modelo de estabilidad de la membrana del eritrocito frente a dos agentes inductores de hemólisis, que fueron solución salina hipotónica y calor. Se realizó un tamiz fitoquímico para determinar las familias de metabolitos secundarios presentes en ambos extractos, se encontraron principalmente alcaloides y flavonoides. Posteriormente se realizó una curva concentración-respuesta de la actividad antiinflamatoria, partiendo de 50, 100, 200 y 400 µg/ml de ambos extractos, empleando como control farmacológico indometacina 100 µg/ml. Los resultados indicaron que todas las concentraciones ensayadas de los diferentes extractos disminuyeron la hemólisis y,

por tanto, produjeron un efecto estabilizador de la membrana. Para la evaluación con solución salina hipotónica el extracto etanólico tuvo un efecto igual a indometacina 100 µg/ml, las concentraciones del extracto hexánico mostraron una menor actividad antiinflamatoria en esta prueba; por otra parte, en la hemólisis con calor ambos extractos tuvieron efectos antiinflamatorios iguales y fueron mayores a los de indometacina. Estos resultados indican que los extractos de *C. jalapensis* presentan actividad antiinflamatoria in vitro siendo mejor el extracto etanólico, por lo que es factible seguir investigándola en modelos animales para profundizar en relación con sus efectos antiinflamatorios.

ABSTRACT

In this work, the in vitro anti-inflammatory activity of ethanolic and hexanic extracts of *Cuscuta jalapensis* Schltdl. was evaluated by using the erythrocyte membrane stability model against two agents inducing hemolysis, the hypotonic saline solution and heat. A phytochemical sieve was used to determine the families of secondary metabolites present in both extracts being alkaloids and flavonoid principally. A concentration response curve of the anti-inflammatory activity was drawn, starting from 50, 100, 200 and 400 µg/ml, of both extracts, using 100 µg/ml indomethacin as the pharmacological control. The results indicated that all tested concentrations of the different extracts decreased hemolysis and therefore produced a membrane stabilizing effect. For evaluation with hypotonic saline the ethanolic extract had an effect equal to indimethacin 100 µg/

Palabras clave: antiinflamatorio; estabilidad de la membrana; eritrocito; lisosoma; extracto.

Keywords: anti-inflammatory; membrane stability; erythrocyte; lysosome; extract.

Recibido: 22 de octubre de 2017, aceptado: 13 de junio de 2018

* División de Biología, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. Carretera Acuaco-Zacapoaxtla km 8, Col. Totoltepec, C. P. 73680, Zacapoaxtla, Puebla, México. Correo electrónico: marelyz_tc97@hotmail.com

** Facultad de Química Farmacéutica Biológica, Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C. P. 91000, Xalapa, Veracruz, México. Correo electrónico: mvillanueva@uv.mx; gsoto@uv.mx

*** Departamento de Posgrado e Investigación, División de Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. Carretera Acuaco-Zacapoaxtla km 8, Col. Totoltepec, C. P. 73680, Zacapoaxtla, Puebla, México. Correo electrónico: erwin.garcia@live.itsz.edu.mx

✉ Autor para correspondencia

ml, the concentrations of the hexane extract showed a lower anti-inflammatory activity in this test; on the other hand, in hemolysis with heat, both extracts had similar anti-inflammatory effects and were greater than those of indomethacin. These results indicate that the extracts of *C. jalapensis* present anti-inflammatory activity in vitro being better the ethanolic extract, reason why it is feasible to continue investigating it in animal models to deepen in relation to its anti-inflammatory effects.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades inflamatorias son un problema de salud a nivel mundial (Gómez Velásquez & Posada Tabares, 2013). Estas se originan por un proceso bioquímico debido a diversos factores endógenos y exógenos. De hecho, cualquier fenómeno inmunológico capaz de afectar la estabilidad del sistema puede ser considerado como estresante y el proceso que genera es denominado estrés inflamatorio (Sánchez, Sirera, Peiró, & Palmero, 2008). Existen diversos medicamentos para la inflamación; sin embargo, algunos pueden tener reacciones indeseadas como irritabilidad gástrica, lo que puede limitar su uso (Velásquez Gómez & Posada Tabares, 2013). Por ello algunas investigaciones buscan encontrar nuevos tratamientos para la inflamación (Kumar, Bajwa, Kuldeep, & Kalia, 2013), en donde se emplean modelos in vivo e in vitro que permiten validar nuevas moléculas o plantas con potencial antiinflamatorio.

Un modelo in vitro utilizado para la investigación de compuestos antiinflamatorios es el de estabilidad de la membrana del eritrocito, que induce la hemólisis con solución salina hipotónica o calor y evalúa la capacidad que tienen los agentes antiinflamatorios de evitar dicha hemólisis, mediante la estabilización de la membrana eritrocitaria, y se les correlaciona con un efecto similar a nivel de la membrana lisosomal (Gaona Fernández, 2011; Mercy Margaret et al., 2013). Este modelo se ha utilizado en la mayoría de los procedimientos preliminares de evaluación antiinflamatoria (Anilkumar & Johny, 2015; Mohamed Saleem et al., 2011) y es empleado para evaluar diversas sustancias con posible actividad antiinflamatoria (Kardile, Mahajan, Shaikh, Goyal, & Patil, 2016).

Un ejemplo de ello es *Cuscuta jalapensis* Schtdl., planta perteneciente a la familia Convolvulaceae, cuya distribución es cosmopolita. Algunas de estas

plantas son arbóreas y otras arbustivas, con flores que descuelgan por su aspecto infundibuliforme. La mayoría de las convolvuláceas se encuentran en hábitats soleados y abiertos, mientras que muy pocas sobreviven en bosques muy sombreados. El género *Cuscuta* se caracteriza porque posee tallos anaranjados y/o amarillos, además de que son plantas parásitas (Oxelman, Kornhall, Olmstead, & Bremer, 2005; Rzedowski Rotter & Calderón de Rzedowski, 2005). Se ha determinado que las cuscutas tienen cualidades diuréticas y laxantes; también se han empleado para controlar la tos, afecciones bronquiales y problemas de vías respiratorias; la decocción se utiliza como cicatrizante y en el tratamiento de afecciones hepáticas (Buck, 1969; Múlgura, 1969).

En un trabajo se evaluó la actividad antiinflamatoria de semillas de *C. chinensis* Lam en ratas y se determinó que ejercen un efecto antiinflamatorio (Liao et al., 2014). Por lo anterior y considerando que es factible que plantas de la misma familia pueden tener propiedades farmacológicas similares, se abre la posibilidad de investigar a *C. jalapensis* y validar su propiedad antiinflamatoria. En este sentido, reportes verbales refieren que *C. jalapensis* (figura 1) es empleada con fines medicinales para tratar el dolor e inflamación.



Figura 1. *C. jalapensis* Schtdl.
Fotografía de los autores.

Dado que existen pocos estudios científicos sobre *C. jalapensis* que avalen o refuten sus propiedades curativas y considerando que empíricamente es utilizada por pobladores de la Sierra Nororiental del estado de Puebla, es importante realizar investigaciones que validen sus propiedades medicinales y/o toxicológicas; el presente artículo muestra un estudio in vitro de la capacidad antiinflamatoria de los extractos etanólico y hexánico de *C. jalapensis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención del material vegetal

El material vegetal que se utilizó fue recolectado en la localidad de Tezhuatpec, en el municipio de Atempan, Puebla, cuyas coordenadas geográficas son las siguientes: 19° 50' 48" Norte 97° 26' 42" Occidental (INEGI, 2016). Los ejemplares recolectados fueron utilizados en fresco.

Preparación de los extractos

El material vegetal (300 g) se maceró durante 7 días con hexano a temperatura ambiente, se separó por filtración y al mismo material se le adicionó etanol y se dejó macerar por un periodo similar. Ambos extractos fueron concentrados con un rotaevaporador a presión reducida y temperatura baja (40-45 °C) hasta obtener los extractos secos, que fueron disueltos en solución salina hipotónica a concentraciones de 50, 100, 200 y 400 µg/ml para su evaluación antiinflamatoria.

Tamizaje fitoquímico

Para cada uno de los extractos de *C. jalapensis* se disolvió 1 g en 100 ml de su disolvente madre (etanol o hexano), para detectar la presencia de diversas familias de metabolitos secundarios como saponinas, taninos, esteroides, quinonas, chalconas, auronas, cumarinas, flavonoides, alcaloides y triterpenoides, los cuales fueron identificados por pruebas coloridas (Cseke et al., 2006).

Actividad antiinflamatoria in vitro

La actividad de estabilización de la membrana del eritrocito fue evaluada mediante el uso de una solución hipotónica y calor como agentes hemolíticos de acuerdo con el método propuesto por Shinde et al. (1999) y modificado por Sikder et al. (2011). Se emplearon 5 ml de sangre humana, la cual fue centrifugada a 3000 r.p.m. durante 10 min; posteriormente se obtuvo el paquete globular RBC (*red blood cells*), con el cual se preparó una solución a 10% v/v de la suspensión de RBC.

Hemólisis inducida con solución salina hipotónica

Para el experimento se empleó una mezcla de reacción que consistió en colocar 0.5 ml de la solución a 10% de RBC, 1 ml de *buffer* de fosfato pH 7.4 y 1 ml de solución salina hipotónica (0.3% p/v). A dicha mezcla se le agregó 1 ml de los extractos a las concentraciones 50, 100, 200, 400 µg/ml. Como control negativo se empleó un tubo con la mezcla de reacción al que se le adicionó 1 ml de solución salina isotónica en lugar de los extractos. Para el control farmacológico se empleó la mezcla de reacción y 1 ml de indometacina preparada con solución salina isotónica a una concentración de 100 µg/ml.

Todos los tubos fueron incubados a 37 °C por 30 min, posteriormente se centrifugaron a 3000 r.p.m. durante 20 min. Los ensayos se realizaron por triplicado y fueron leídos en un espectrofotómetro UV-VIS a 560 nm para calcular el contenido de hemoglobina, el cual fue usado como un indicativo del grado de hemólisis (a mayor hemoglobina mayor hemólisis).

Hemólisis inducida con calor

Para esta prueba se empleó la misma mezcla de reacción descrita anteriormente (1 ml de cada una de las siguientes soluciones; RBC a 10%, *buffer* de fosfato pH 7.4) a la cual se le adicionó 1 ml de cada una de las diferentes concentraciones ensayadas de ambos extractos (grupos experimentales). Como control negativo se empleó solamente la mezcla de reacción con 1 ml de solución salina isotónica en lugar de los extractos. De manera similar al experimento anterior, el control farmacológico fue indometacina en concentración de 100 µg/ml con la mezcla de reacción. Todas las muestras fueron realizadas por triplicado e incubadas a 57 °C por un periodo de 30 min y centrifugadas a 2500 r.p.m. durante 5 min. Se obtuvieron las absorbancias en un espectrofotómetro UV-VIS a 560 nm. Para ambas pruebas (hemólisis inducidas por solución salina hipotónica y calor) se determinó el porcentaje de hemólisis sobre RBC (Ec. 1) y se calculó el porcentaje de estabilización de la membrana (Ec. 2) de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

Análisis estadístico

$$\% \text{ de hemólisis} = \left(\frac{\text{Absorbancia de la muestra}}{\text{Absorbancia del control}} \right) \times 100 \quad \text{Ec.1}$$

$$\% \text{ de estabilidad} = 100 - \left(\frac{\text{Absorbancia de la muestra} \times 100}{\text{Absorbancia del control}} \right) \quad \text{Ec.2}$$

Tabla 1
Tamizaje fitoquímico de los extractos de *C. jalapensis* Schlttdl.

Familia de metabolitos	Etanólico	Hexánico
Alcaloides	(+)	(+)
Saponinas	(+)	(-)
Taninos	(+)	(-)
Quinonas	(-)	(-)
Triterpenos	(-)	(-)
Flavonoides/Flavononas	(+)	(-)
Chalconas y auronas	(-)	(-)
Cumarinas	(+)	(-)
Esteroides	(-)	(-)

Nota: Resultado positivo (+), resultado negativo (-).
Elaboración propia.

Los datos fueron evaluados mediante análisis de varianza (ANOVA) de una vía para grupos independientes teniendo como factor los tratamientos y cuando $p \leq 0.05$ se empleó la prueba de Tukey como post-hoc. Los resultados se presentan como el promedio \pm el error estándar.

RESULTADOS

Análisis fitoquímico

De acuerdo con el tamizaje fitoquímico, se determinó la presencia de las siguientes familias de metabolitos secundarios, en el extracto etanólico: alcaloides, saponinas, taninos, flavonoides/flavononas y cumarinas. En el extracto hexánico sólo fueron encontrados alcaloides. Los resultados para cada extracto se muestran en la tabla 1.

Efecto antiinflamatorio in vitro

Porcentaje de hemólisis inducida con solución hipotónica

Al analizar los resultados obtenidos, en relación con el porcentaje de hemólisis inducida con solución salina hipotónica, el ANOVA mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos [$F_{(9,20)} = 379.986$; $p < 0.001$]. La prueba post-hoc indicó que las distintas concentraciones de los extractos y la indometacina disminuyeron ($*p < 0.001$) el porcentaje de hemólisis con respecto al grupo control (CTRL), el cual fue considerado como 100% de hemólisis. Se determinó que la menor hemólisis se presentó en el extracto etanólico (ET) y la indometacina (IND) con valores por debajo de 5%; por otra parte, en el extracto hexánico (HX) la hemólisis fue mayor a 5% a concentraciones de 50, 100, 200 $\mu\text{g/ml}$ y de 32% en

la concentración de 400 $\mu\text{g/ml}$. Todos los valores del porcentaje de hemólisis obtenidos con el extracto hexánico fueron mayores al control farmacológico indometacina ($**p < 0.001$). Esto se encuentra en la figura 2.

Porcentaje de estabilidad

Al analizar el porcentaje de estabilidad de la membrana se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos [$F_{(9,20)} = 379.975$; $p < 0.001$], la post-hoc indicó que en ambos extractos las concentraciones probadas aumentaron el porcentaje de estabilidad en comparación con el grupo control, en el que se obtuvo 0% de estabilidad ($*p < 0.001$).

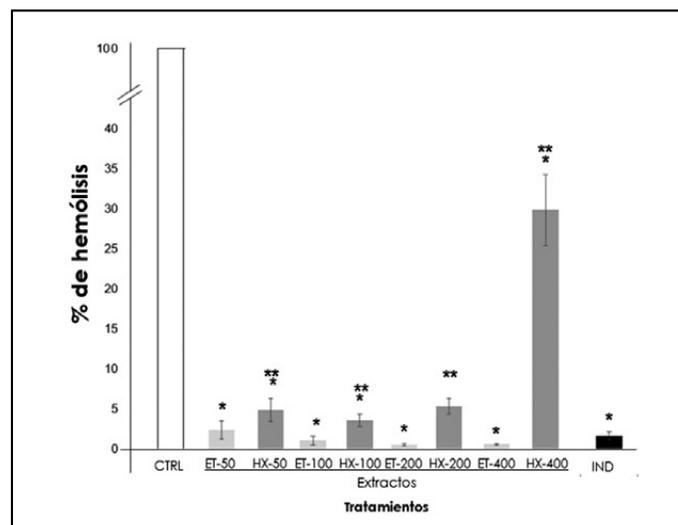


Figura 2. Porcentaje de hemólisis, la cual disminuyó por efecto de los extractos etanólico y hexánico. El extracto etanólico y la indometacina tuvieron valores similares y menores al resto de los grupos ensayados [$F_{(9,20)} = 379.986$; $p < 0.001$].
Elaboración propia.

El extracto etanólico mostró porcentajes similares a los del control farmacológico, con valores superiores a 90%. En contraste, las diferentes concentraciones del extracto hexánico tuvieron una estabilidad menor comparado con la indometacina (** $p < 0.001$). Finalmente, el menor porcentaje de la variable se obtuvo con la concentración de 400 $\mu\text{g/ml}$ del extracto hexánico, cuyo valor fue aproximadamente de 70%. Esto puede observarse en la figura 3.

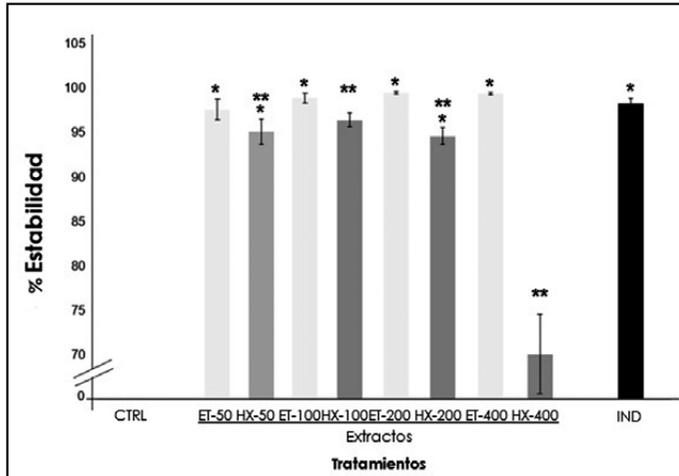


Figura 3. Porcentaje de estabilidad de la membrana por efecto de la administración de los extractos etanólico y hexánico. La mayor estabilidad se obtuvo con el extracto etanólico y fue similar a la indometacina [$F_{(9,20)} = 379.975$; $p < 0.001$]. Elaboración propia.

Porcentaje de hemólisis inducida con calor

Al analizar los resultados obtenidos de esta variable, el ANOVA indicó diferencias significativas [$F_{(9,20)} = 37.645$; $p < 0.001$], la prueba de Tukey mostró que los extractos (etanólico y hexánico) y la indometacina tuvieron valores significativamente más bajos comparados con el control, donde se obtuvo 100% de hemólisis ($*p < 0.001$). Las diferentes concentraciones de ambos extractos tuvieron valores de hemólisis menores a 90%. La indometacina mostró 95% de hemólisis y fue mayor a lo obtenido con las diferentes concentraciones evaluadas de ambos extractos (** $p < 0.001$). Esto puede consultarse en la figura 4.

Porcentaje de estabilidad

Finalmente, al analizar el porcentaje de estabilidad para la hemólisis inducida con calor, el ANOVA indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas [$F_{(9,20)} = 37.645$; $p < 0.001$]. La prueba post-hoc mostró que al evaluar el porcentaje de esta variable se determinó que las concentraciones ensayadas de ambos extractos (etanólico y hexánico)

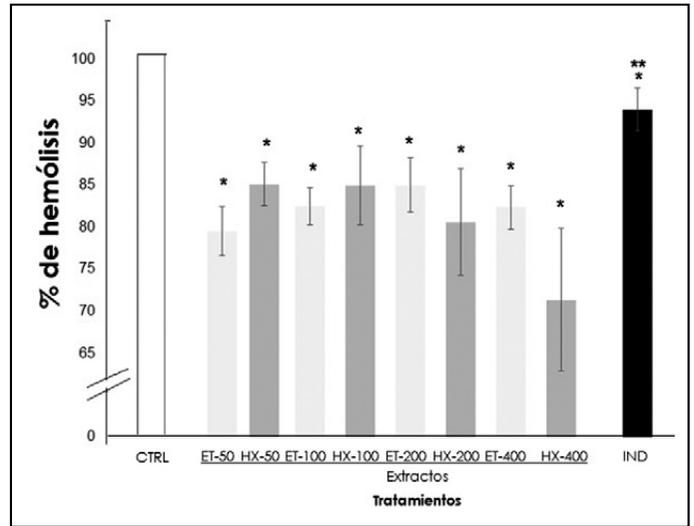


Figura 4. Porcentaje de hemólisis, la cual disminuyó por efecto de los extractos etanólico y hexánico en comparación con la indometacina, cuya hemólisis fue mayor a la obtenida con los extractos [$F_{(9,20)} = 37.645$; $p < 0.001$]. Elaboración propia.

y la indometacina aumentaron el porcentaje de estabilidad de la membrana del eritrocito en relación con el control, cuya estabilidad fue de 0% ($*p < 0.001$). Ambos extractos mostraron porcentajes de estabilidad estadísticamente similares, mientras que la indometacina tuvo un porcentaje de estabilidad (5%) más bajo en relación con ellos (** $p < 0.001$), como puede verse en la figura 5.

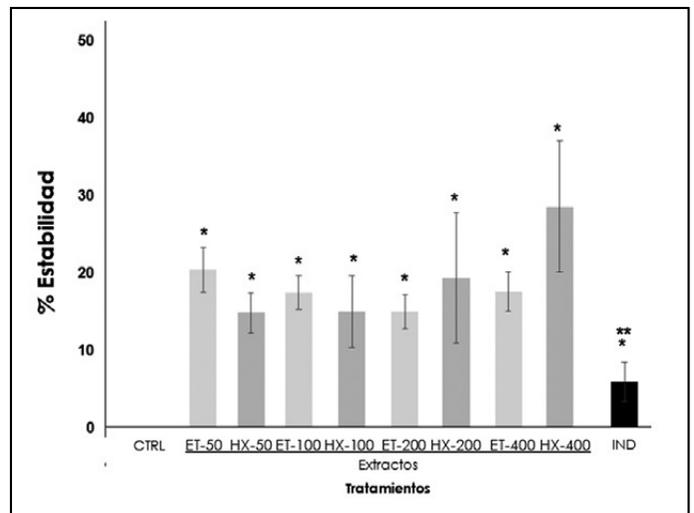


Figura 5. El porcentaje de estabilidad aumentó de manera similar por efecto de la administración de los extractos etanólico y hexánico y su efecto fue mayor al de la indometacina [$F_{(9,20)} = 37.645$; $p < 0.001$]. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Uno de los modelos empleados para evaluar efectos antiinflamatorios *in vitro* se realiza partiendo de que las enzimas lisosomales son liberadas durante procesos inflamatorios, por lo que algunos mecanismos de respuesta conllevan la estabilización de la membrana lisosomal, lo que evita la liberación de dichas enzimas que pueden ocasionar activación de factores y procesos inflamatorios (Kardile et al., 2016; Mercy Margaret et al., 2013). La membrana de los eritrocitos es análoga a la membrana lisosomal; por tanto, evitar la ruptura de la membrana del eritrocito se considera como efecto antiinflamatorio *in vitro*, de esta manera aquellas sustancias que inhiben la hemólisis también evitan y/o protegen a la membrana lisosomal y en este modelo de estabilidad de la membrana del eritrocito es considerado como efecto tipo antiinflamatorio (Kardile et al., 2016). En este modelo los agentes antiinflamatorios disminuyen el porcentaje de hemólisis y aumentan el porcentaje de estabilidad de la membrana, esto quiere decir que a mayor hemólisis menor estabilidad de la membrana y, por consiguiente, un menor efecto antiinflamatorio y viceversa.

Por otra parte, se han realizado evaluaciones para encontrar compuestos útiles en el tratamiento de enfermedades inflamatorias; para ello son empleados diferentes modelos *in vivo* e *in vitro* en donde se trata de simular la inflamación, uno de ellos se basa en la inflamación producida por la liberación de histaminas generada por el rompimiento de la membrana lisosomal, lo cual da lugar a una inflamación en el área lesionada (Mercy Margaret et al., 2013; Susunaga-Notario et al., 2014).

Los resultados de nuestro trabajo indicaron que ambos extractos de *C. jalapensis* modificaron las variables evaluadas de manera similar a agentes antiinflamatorios, tal es el caso de la indometacina, fármaco antiinflamatorio que se empleó para este estudio. Por consiguiente, en la hemólisis inducida con solución salina el extracto etanólico tuvo un efecto similar al antiinflamatorio control, ya que redujo el porcentaje de hemólisis y aumentó el porcentaje de estabilidad de la membrana. Lo anterior se traduce como un potencial efecto antiinflamatorio igual al que produjo la indometacina.

Por el contrario, en el extracto hexánico se encontró un efecto antiinflamatorio menor, puesto que hubo mayor hemólisis, lo que tuvo como consecuencia una baja estabilidad de la membrana en relación con el extracto etanólico y con la indometacina. En contraste, en la hemólisis inducida con calor los resultados mostraron que ambos extractos disminuyeron de manera similar la hemólisis, con una mayor estabilización de la membrana eritrocitaria con un efecto antiinflamatorio mejor al de la indometacina para esta prueba.

El efecto antiinflamatorio *in vitro* en el extracto etanólico de *C. jalapensis* se atribuye a la presencia de flavonoides, si se considera que en otras plantas, como la *Ipomoea batatas*, los compuestos fenólicos son los responsables del efecto estabilizador de la membrana (efectos antiinflamatorios *in vitro*) (Mercy Margaret et al., 2013). También los alcaloides podrían estar implicados en dicho efecto, lo que explicaría la estabilidad mostrada por el extracto etanólico y hexánico, ya que en diversas plantas estos son los compuestos activos responsables de la actividad antiinflamatoria (Barbosa-Filho et al., 2006; Souto et al., 2011), cuyo mecanismo está asociado a su capacidad antioxidante (Torres Cruz, Soto Ojeda, Palomino Asencio, & García Hernández, 2017).

Los resultados obtenidos en la evaluación de la hemólisis producida con solución salina hipotónica y calor, así como la estabilidad de la membrana obtenida con los extractos ensayados, indicaron que *C. jalapensis* ejerció un efecto protector de la membrana del eritrocito y que únicamente en el caso de la hemólisis con solución hipotónica fue mayor el extracto etanólico comparado con el hexánico. Estos resultados indican que el efecto de los extractos puede ser similar en la membrana lisosomal, lo que evita su ruptura y la liberación de mediadores de inflamación (Mercy Margaret et al., 2013; Susunaga-Notario et al., 2014). Dichos resultados abren las perspectivas para el estudio de extractos de *C. jalapensis* en modelos animales y es posible correlacionar los resultados encontrados en este trabajo con resultados de modelos *in vivo*. Además, abre la posibilidad de encontrar un uso terapéutico a esta planta que está considerada como parásita y de la que hay pocos estudios sobre sus propiedades farmacológicas.

CONCLUSIONES

En este trabajo fueron estudiados los extractos etanólico y hexánico de *C. jalapensis* para determinar su efecto antiinflamatorio. Se determinó mediante el tamiz fitoquímico que los extractos mostraron la presencia de familias de metabolitos relacionadas con efectos antiinflamatorios, como los flavonoides y alcaloides, compuestos bioactivos responsables de dicho efecto en otras plantas evaluadas de

manera similar. Ambos extractos mostraron efecto estabilizador de la membrana del eritrocito y sólo en una prueba fue mayor el etanólico con respecto al hexánico; no obstante, el efecto de ambos extractos puede ser interpretado como antiinflamatorio en este modelo in vitro. El presente trabajo abre las perspectivas para realizar estudios de evaluación de *C. jalapensis* en modelos animales e in silico para poder determinar su potencial farmacológico en el tratamiento de la inflamación.

REFERENCIAS

- Anilkumar, M., & Johny, J. (2015). Evaluation of in vitro anti-inflammatory activity of the methanolic extract of *Litsea quinqueflora* (Dennst.) Suresh. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 10(2), 32-36.
- Barbosa-Filho, J. M., Piuvezam, M. R., Moura, M. D., Silva, M. S., Batista Lima, K. V., Leitão da-Cunha, E. V., ..., & Takemura, O. S. (2006). Anti-inflammatory activity of alkaloids: A twenty-century review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16(1), 109-139.
- Buck, H. T. (1969). Convolvulaceae. En A. Burkart (Dir.), *Flora Ilustrada de Entre Ríos (Argentina)* (Vol. 6, pp. 148-194). Argentina: Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Cseke, L. J., Kirakosyan, A., Kaufman, P. B., Warber, S. L., Duke, J. A., & Briemann, H. L. (2006). *Natural Products from Plants* (2^a ed.). Boca Raton, FL, US: CRC Press.
- Gaona Fernández, L. A. (2011). *Efecto de árnica en un modelo in vitro con citoquinas proinflamatorias y antiinflamatorias. Fase II* (Tesis doctoral no publicada). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). *Sociodemográfico de México*. México: Autor.
- Kardile, M. V., Mahajan, U. B., Shaikh, H. M., Goyal, S. N., & Patil, C. R. (2016). Membrane stabilization assay for anti-inflammatory activity yields false positive results for samples containing traces of ethanol and methanol. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(3), 493-497.
- Kumar, S., Bajwa, B. S., Kuldeep, S., & Kalia, A. N. (2013). Anti-inflammatory activity of herbal plants: A review. *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 2(2), 272-281.
- Liao, J. C., Chang, W. T., Lee, M. S., Chiu, Y. J., Chao, W. K., Lin, Y. C., ..., Peng, W. H. (2014). Antinociceptive and anti-inflammatory activities of *Cuscuta chinensis* seeds in mice. *The American Journal of Chinese Medicine*, 42(1), 223-242.
- Mercy Margaret, T., Krishna, P., Revathi, B., Eswar Tony, D., Sathish Kumar, M., & Narendra Babu, A. (2013). Assessment of in vitro anti inflammatory activity of aqueous extract of *Ipomoea batatas* tubers. *Asian Journal of Research in Biological and Pharmaceutical Sciences*, 1(1), 47-53.
- Mohamed Saleem, T. K., Azeem, A. K., Dilip, C., Sankar, C., Prasanth, N. V., & Duraisami, R. (2011). Anti-inflammatory activity of the leaf extracts of *Gendarussa vulgaris* Nees. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(2), 147-149.
- Múlgura, M. E. (1969). Cuscutaceae. En A. Burkart (Dir.), *Flora Ilustrada de Entre Ríos (Argentina)* (Vol. 6 5a, pp. 195-203). Argentina: Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Oxelmann, B., Kornhall, P., Olmstead, R. G., & Bremer, B. (2005). Further disintegration of Scrophulariaceae. *Taxon*, 54, 411-425.
- Rzedowski Rotter, J., & Calderón de Rzedowski, G. (Eds.). (2005). *Flora del bajo y de regiones adyacentes* (serie de fascículos). Pátzcuaro, Michoacán, México: INECOL.
- Sánchez, P. T., Sirera, R., Peiró, G., & Palmero, F. (2008). Estrés, depresión, inflamación y dolor. *R.E.M.E. (Revista Electrónica de Motivación y Emoción)*, 11(28). Recuperado de <http://reme.uji.es/articulos/numero28/article1/article1.pdf>
- Shinde, U. A., Phadke, A. S., Nair, A. M., Mungantiwar, A. A., Dikshit, V. J., & Saraf, M. N. (1999). Membrane stabilizing activity—a possible mechanism of action for the anti-inflammatory activity of *Cedrus deodara* wood oil. *Fitoterapia*, 70(3), 251-257.
- Sikder, M. A., Rahman, M. A., Kaisar, M. A., Rahman, M. S., Hasan, C. M., & Rashid, M. A. (2011). In vitro antioxidant, reducing power, free radical scavenging and membrane stabilizing activities of seeds of *Syzygium cumini* L. *Latin American Journal of Pharmacy*, 30(4), 781-785.

- Souto, A. L., Tavares, J. F., Da Silva, M. S., Diniz, M. D. F., De Athayde-Filho, P. F., & Barbosa Filho, J. M. (2011). Anti-inflammatory activity of alkaloids: An update from 2000 to 2010. *Molecules*, 16(10), 8515-8534.
- Susunaga-Notario, A. C., Pérez-Gutiérrez, S., Zavala-Sánchez, M. A., Almanza-Pérez, J. C., Gutiérrez-Carrillo, A., Arrieta-Báez, D., ..., Alarcón-Aguilar, F. J. (2014). Bioassay-guided chemical study of the anti-inflammatory effect of *Senna villosa* (Miller) H. S. Irwin & Barneby (Leguminosae) in TPA-induced ear edema. *Molecules*, 19(7), 10261-10278.
- Torres Cruz, E., Soto Ojeda, G. A., Palomino Asencio, L., & García Hernández, E. (2017). Estudio ab initio de la capacidad antioxidante de una familia de alcaloides imidazólicos versus flavonoides. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 30-35.
- Velásquez Gómez, S. V., & Posada Tabares, V. (2013). *Actividad anti-inflamatoria in vitro de los extractos y fracciones obtenidas de la corteza interna de Tabebuia chrysantha (JACQ.) G. Nicholson* (Tesis doctoral, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia). Recuperada de https://books.google.com.mx/books/about/Actividad_anti_inflamatoria_in_vitro_de.html?id=XF1-swEACAAJ&redir_esc=y

La familia Cactaceae en el Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto, Aguascalientes, México

The Cactaceae family in the Cerro del Muerto, Aguascalientes, Mexico Natural Monument Protected Natural Area

Ricardo Rivera-Martínez*✉, Gilberto-Ocampo*

Rivera-Martínez, R., & Ocampo, G. (2018). La familia Cactaceae en el Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto, Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 28-37.

RESUMEN

El Área Natural Protegida (ANP) Monumento Natural Cerro del Muerto se encuentra ubicado en los municipios de Aguascalientes y Jesús María, Aguascalientes, México. El plan de manejo oficial de esta ANP reporta que 8% de la flora corresponde a la familia Cactaceae; no obstante, tal documento no proporciona un listado florístico. En el borrador del plan de manejo están registrados 14 taxones de cactáceas. Ambos documentos mencionan la presencia de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; sin embargo, no existe evidencia física que avale esta información. En este trabajo se presenta un listado florístico conformado por 17 taxones que se encuentran en el Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto, de los cuales tres están incluidos dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como la referencia de los ejemplares de herbario. Además, se ofrece una clave de identificación electrónica al público en

Palabras clave: área natural protegida; Cactaceae; clave de identificación electrónica; especies sujetas a protección especial; listado florístico; plan de manejo.

Keywords: protected natural area; Cactaceae; electronic identification key; floristic list; management plan; species subject to special protection.

Recibido: 10 de enero de 2018, aceptado: 11 de junio de 2018

* Herbario, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Cd. Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, México. Correo electrónico: rrm.bio.a@gmail.com; gilberto.ocampo@edu.uaa.mx
✉ Autor para correspondencia

general, la cual permite determinar de manera sencilla la identidad de las cactáceas de esta ANP.

ABSTRACT

The Cerro del Muerto Natural Monument Protected Natural Area (PNA) is located in the municipalities of Aguascalientes and Jesus Maria within the Mexican state of Aguascalientes. The official PNA management plan reports that 8% of its flora belongs to the family Cactaceae; however, such document does not include a species list. The draft of the management plan registers 14 Cactaceae taxa. Both documents mention the presence of species registered under the NOM-059-SEMARNAT-2010; however, there is no physical evidence that supports this information. This work presents a floristic list of 17 taxa found at the Cerro del Muerto Natural Monument and Protected Natural Area, of which three are included in the NOM-059-SEMARNAT-2010, as well as the appropriate reference to the herbarium specimens as evidence that supports the provided information. In addition, and to reach a wider audience, an electronic identification key that allows an easy determination of the cacti found at this PNA is presented.

INTRODUCCIÓN

La familia Cactaceae es originaria del continente americano, se distribuye principalmente en zonas áridas y semiáridas y es una de las familias más representativas de México (Durán García & Méndez Gonzalez, 2010). A lo largo del territorio nacional se encuentran estas plantas y se sabe que México ha sido un lugar importante de diversificación para esta familia, debido principalmente a características

ecológicas como clima, topografía y tipo de suelos (Alanís Flores & Velazco Macías, 2008). La familia Cactaceae cuenta con aproximadamente 1,900 especies comprendidas en 125 géneros. México tiene ca. 850 especies y es el país con mayor riqueza a nivel genérico y específico (Durán García & Méndez González, 2010). Otros autores reconocen 913 taxones entre especies (669) y subespecies (244) agrupadas en 63 géneros. De estos, 25 géneros, 518 especies y 206 subespecies son endémicas de México (Guzmán, Arias, & Dávila, 2007).

Los seres humanos han encontrado en esta familia un importante recurso que ha sido explotado para cubrir necesidades que van desde alimento, uso ornamental o creencias de culto religioso, hasta material para construcción (Alanís Flores & Velazco Macías, 2008). Las especies de esta familia se han extraído de su hábitat indiscriminadamente, al grado de explotarlas tanto que hoy día es una familia amenazada (Alanís Flores & Velazco Macías, 2008) y tiene 276 taxones protegidos dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). Por lo anterior, es muy importante tomar medidas de protección (Jiménez Sierra, 2011). Hacer un listado florístico es uno de muchos pasos que se deben seguir para lograr la conservación de especies en peligro de extinción.

El Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto (MNCM) se ubica en los municipios de Jesús María y Aguascalientes, en el estado de Aguascalientes, México, y fue decretada como tal el 26 de mayo de 2008 en el *Periódico Oficial del estado de Aguascalientes* (Gobierno del estado de Aguascalientes, 2008).

El borrador del plan de manejo de esta área natural protegida describe a grandes rasgos el tipo de vegetación del lugar y enumera 14 especies de la familia Cactaceae (Gobierno del estado de Aguascalientes, inédito). Por otra parte, el plan de manejo oficial solo menciona que 8% de la flora total del ANP pertenece a la familia Cactaceae; sin embargo, en este documento se omiten cuáles son las especies que componen ese porcentaje (Secretaría de Medio Ambiente del estado de Aguascalientes, 2015). Ambos documentos, el borrador del plan de manejo y el plan de manejo oficial del Gobierno del estado de Aguascalientes (inédito, 2008) reportan dos especies de plantas que están en la categoría *sujeta a protección especial* dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT,

2010), una de ellas es *Ferocactus histrix* (DC.) G.E. Linds., miembro de la familia Cactaceae. Hasta donde se sabe, no se encuentran disponibles en ningún herbario ejemplares que avalen el listado florístico de esta familia que se incluyen en el borrador del plan de manejo y que se mencionan como cactáceas en el plan de manejo mismo. Las especies que se enlistan en el borrador del plan de manejo son las siguientes:

Ferocactus histrix (DC.) G.E. Linds.
Mammillaria uncinata Zucc. ex Pfeiff.
Myrtillocactus geometrizans (Mart. ex Pfeiff.) Console.
Neolloydia conoidea (DC.) Britton & Rose.
Opuntia cantabrigensis Lynch.
Opuntia chavena Griffiths.
Opuntia durangensis Britton & Rose.
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.
Opuntia grahamii Engelm.
Opuntia imbricata (Haw.) DC.
Opuntia rastrera F.A.C. Weber.
Opuntia robusta J. C. Wendl.
Opuntia stenopetala Engelm.
Opuntia streptacantha Lem.

De acuerdo con el borrador del plan de manejo, se tienen registrados cinco géneros en el MNCM y *Opuntia* es el que muestra mayor riqueza de especies, seguido en menor proporción por *Ferocactus*, *Mammillaria*, *Myrtillocactus* y *Neolloydia*, en donde hay registro de una especie para cada uno de esos géneros, como se puede observar en la figura 1.

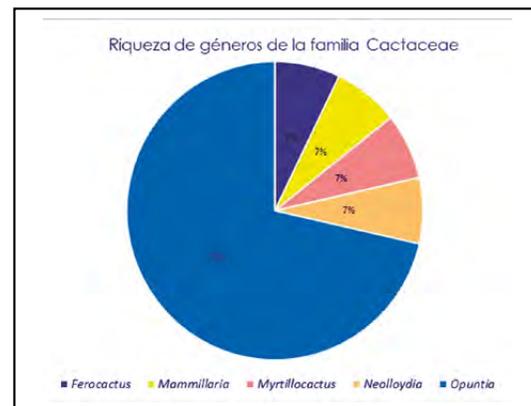


Figura 1. Riqueza de especies por género de la familia Cactaceae presentes en el Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto.

Elaboración propia con información recabada del borrador del plan de manejo del Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto (Gobierno del estado de Aguascalientes, inédito).

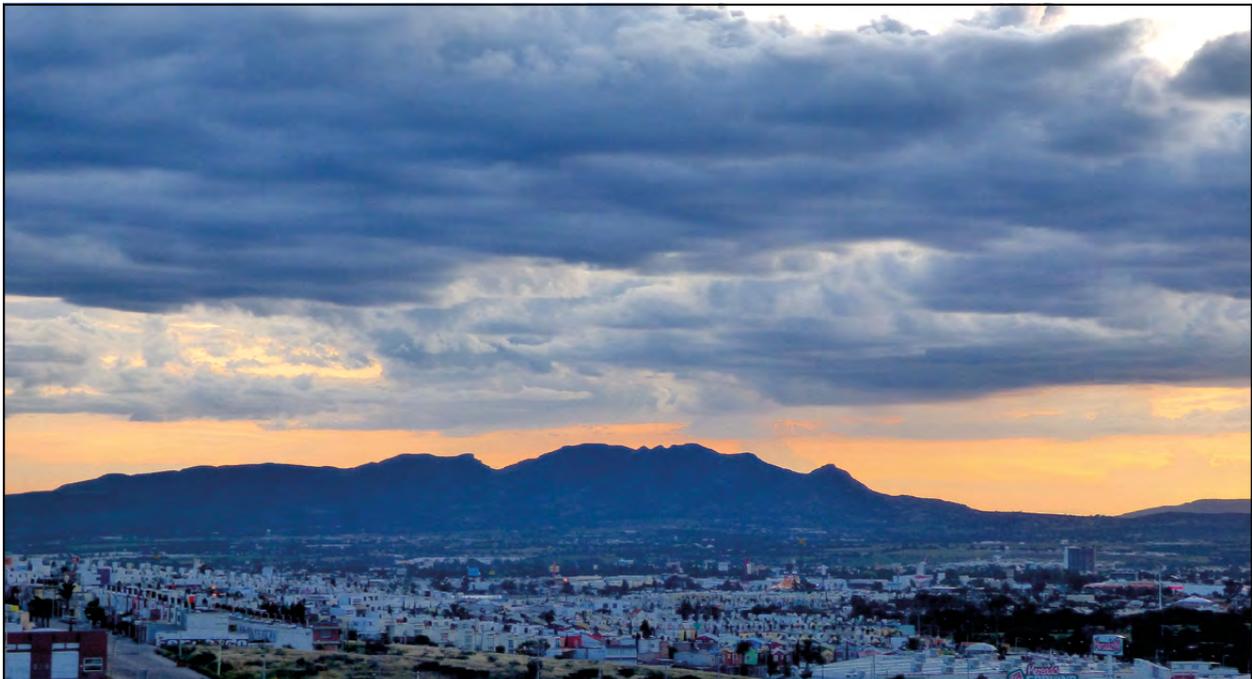


Figura 2. Vista panorámica del Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto. Fotografía tomada por Luisalvaz (2014).

Debido a la falta de documentación sobre la presencia de especies de Cactaceae en esta ANP, el presente estudio buscó corroborar la información ofrecida en los documentos oficiales (borrador y plan de manejo). La hipótesis de trabajo fue que se deberían de encontrar en el MNM las especies reportadas en los documentos mencionados. El estudio se efectuó a través de salidas a campo y de la obtención de ejemplares de herbario, los cuales representan una evidencia clara sobre la presencia de la familia Cactaceae en el MNM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Según información recabada del plan de manejo oficial del MNM (Secretaría de Medio Ambiente del estado de Aguascalientes, 2015), esta ANP se encuentra ubicada en los municipios de Jesús María y Aguascalientes, entre los paralelos $21^{\circ} 47' 47.6''$ y $21^{\circ} 53' 26.4''$ norte y los meridianos $102^{\circ} 22' 49.9''$ y $102^{\circ} 28' 52.3''$ oeste. El MNM se compone de un macizo montañoso cuyo eje corre de suroeste a noreste, así como de una región de planicie, que tiene un área total de 5,862.03 ha (figura 2). La elevación se encuentra entre los 1,842 y los 2,440 m.s.n.m. La geología del lugar está compuesta primordialmente por rocas ígneas extrusivas del Cenozoico, mientras que los suelos más predominantes son del tipo

Feozem. El clima de esta ANP es mayoritariamente semiseco templado con lluvias en verano y escasas a lo largo del año (BS1kw), así como templado con verano cálido y lluvias en verano (C(w0)).

En las partes más bajas y en laderas se encuentran zonas con pastizales, matorral xerófilo y matorral subtropical, mientras que en las partes más altas se observa el bosque de encino. Para el MNM se encuentran reportadas la presencia de 182 especies de plantas pertenecientes a 122 géneros y 43 familias. De estas últimas las más abundantes son Asteraceae (24%), Poaceae (21%), Cactaceae (8%) y Fabaceae (7%). La riqueza de especies vegetales representa el 8.5% del total de plantas reportadas para el estado de Aguascalientes, la cual se estima en 2128 (Martínez-Ramírez, Siqueiros-Delgado, De la Cerda Lemus, & García Regalado, inédito). Cabe destacar que en el MNM se realizan actividades recreativas y turismo de bajo impacto (Secretaría de Medio Ambiente del estado de Aguascalientes, 2015).

Para muestrear el MNM se llevaron a cabo 11 visitas en el periodo comprendido desde enero hasta octubre de 2016, mediante transectos desde puntos estratégicos ubicados en diversas partes del MNM, dirigidos hacia el eje del macizo montañoso (figura 3).



Figura 3. Transectos realizados en el Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto. La dirección de la flecha indica su orientación. Imagen satelital tomada de Google Earth (2016).

Las recolecciones se efectuaron a medida que se hacía el recorrido siguiendo la dirección del transecto planeado. Se siguió el método propuesto por Sánchez-González & González Ledesma (2007), que sugiere seleccionar ejemplares saludables y procurar que cuenten con material reproductivo (flor y/o fruto). También se recopilaban ejemplares sin estructuras reproductivas, ya que algunas especies pueden identificarse utilizando caracteres vegetativos, como forma y color de tallo, tamaño y número de espinas, tamaño de la planta, entre otros.

Para la recolección y herborización de los ejemplares de cactáceas se siguieron algunas de las recomendaciones propuestas por De Groot (2011) y Sánchez Mejorada (1986). Entre ellas destacan la realización de cortes estratégicos en la planta para conservar el ejemplar de la manera más natural. Es importante considerar la conservación de espinas y areolas (lunares de donde surgen las espinas), llevar a cabo la eliminación parcial del tejido del tallo que es rico en agua (parénquima) y el uso de sal para facilitar la deshidratación del ejemplar para prevenir infecciones fúngicas, entre otras.

Una vez deshidratados los ejemplares se procedió a efectuar la identificación de cada organismo recolectado. Para ello se utilizaron las claves de Bravo-Hollis (1978), De la Cerda-Lemus (1999), González-Durán, Riojas-López, & Arreola-Nava (2001) y Scheinvar (2004), así como artículos y documentos adicionales (Sánchez Macías, 2016).

La clave de identificación electrónica se realizó a través del software Xper² (Ung, Dubus, Zaragüeta-Bagils, & Vignes-Lebbe, 2010), sistema de gestión para el almacenamiento, edición y análisis de datos descriptivos (cualitativos y cuantitativos). Una vez obtenidos los datos y fotografías se eligieron los caracteres y estados de carácter para identificar las especies que se encuentran en el MNM. La base de datos creada en Xper² se exportó en formato SDD y se incorporó al sistema en línea Xper³ (LIS, s. f. b; Vignes-Lebbe, Chesselet, & Diep Thi, 2016). Cabe mencionar que este recurso está dirigido a la población en general, por lo que se evitó el uso de tecnicismos y se procuró manejar un vocabulario más coloquial.

RESULTADOS

Los taxones encontrados en la zona de estudio son los siguientes y pueden observarse en las figuras 4 a 6:

Coryphantha ottonis (Pfeiff.) Lem.
Echinocereus sp.
Ferocactus histrix (DC.) G.E. Linds.
Mammillaria bombycina Quehl subsp. *bombycina*
Mammillaria bombycina subsp. *perezdelarosae*
Bravo & Scheinvar.
Mammillaria uncinata Zucc. ex Pfeiff.
Opuntia durangensis Britton & Rose
Opuntia hyptiacantha F.A.C. Weber
Opuntia imbricata (Haw.) DC.

Opuntia jaliscana Bravo
Opuntia joconostle F.A.C. Weber ex Diguét
Opuntia lasiacantha Pfeiff.
Opuntia rastrera F.A.C. Weber
Opuntia robusta J. C. Wendl.
Opuntia streptacantha Lem.
Opuntia tomentosa Salm-Dyck
Stenocactus heteracanthus (Muehlenpf.) A. Berger
ex A.W. Hill



Figura 4. Cactáceas del Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto. A) *C. ottonis*, B) *E. sp.*, C) *F. histrix*, D) *M. bombycina* subsp. *bombycina*, E) *M. bombycina* subsp. *perezdelarosae*, F) *M. uncinata*.
Fotografías del equipo de investigación.



Figura 5. Cactáceas del Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto. A) *O. durangensis*, B) *O. hypnoides*, C) *O. imbricata*, D) *O. jaliscana*, E) *O. lasiacantha* (flor), F) *O. rastrera*.
Fotografías del equipo de investigación.



Figura 6. Cactáceas del Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto. A) *O. robusta*, B) *O. streptacantha*, C) *O. tomentosa*, D) *S. heteracanthus*.
Fotografías del equipo de investigación.

La figura 7 muestra la riqueza genérica reportada en este estudio. El género *Opuntia* es el que presenta más especies, seguido por *Mammillaria* en menor proporción. Por último, los géneros *Coryphantha*, *Echinocereus*, *Ferocactus* y *Stenocactus* presentan solo una especie por género.

En la tabla 1 se muestra la comparación entre el listado resultante del presente trabajo y el listado del borrador del plan de manejo con énfasis en sus diferencias.

Los ejemplares de herbario que resultaron de este estudio fueron depositados en el herbario de la



Figura 7. Porcentaje que representa la riqueza de cada uno de los géneros de la familia Cactaceae presentes en el Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto. Elaboración propia.

Tabla 1

Comparación del listado florístico de este estudio con el del borrador del plan de manejo del Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto

Especies documentadas en este estudio	Especies enlistadas en el borrador del plan de manejo del MNCM
<i>Coryphantha ottonis</i> (Pfeiff.) Lem.	
<i>Echinocereus</i> sp.	
<i>Ferocactus histrix</i> (DC.) G.E. Linds.	<i>Ferocactus histrix</i> (DC.) G.E. Linds.
<i>Mammillaria bombycina</i> Quehl subsp. <i>bombycina</i>	
<i>Mammillaria bombycina</i> subsp. <i>perezdelarosae</i> (Bravo & Scheinvar) D.R. Hunt	
<i>Mammillaria uncinata</i> Zucc. ex Pfeiff.	<i>Mammillaria uncinata</i> Zucc. ex Pfeiff.
	<i>Myrtillocactus geometrizzans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console
	<i>Neolloydia conoidea</i> (DC.) Britton & Rose
	<i>Opuntia cantabrigensis</i> Lynch (= <i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm.)
<i>Opuntia durangensis</i> Britton & Rose	<i>Opuntia durangensis</i> Britton & Rose
	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.
	<i>Opuntia grahamii</i> Engelm. (= <i>Grusonia grahamii</i> (Engelm.) H. Rob.)
<i>Opuntia hyptiacantha</i> F.A.C. Weber	<i>Opuntia chavena</i> Griffiths (= <i>Opuntia hyptiacantha</i> F.A.C. Weber)
<i>Opuntia jaliscana</i> Bravo	
<i>Opuntia joconostle</i> F.A.C. Weber ex Diguet	
<i>Opuntia imbricata</i> (Haw.) DC.	<i>Opuntia imbricata</i> (Haw.) DC.
<i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiff.	
<i>Opuntia rastrea</i> F.A.C. Weber	<i>Opuntia rastrea</i> F.A.C. Weber
<i>Opuntia robusta</i> J.C. Wendl.	<i>Opuntia robusta</i> J.C. Wendl.
	<i>Opuntia stenopetala</i> Engelm
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm.Dyck	
<i>Stenocactus heteracanthus</i> (Muehlenpf.) A. Berger ex A.W. Hill	

Nota: Las celdas en azul muestran las especies en común. Los nombres entre paréntesis y precedidos por un signo "=" indican el nombre aceptado. Elaboración propia.

Tabla 2
Caracteres y estados de carácter utilizados para la elaboración de la clave electrónica de identificación en Xper²

Carácter	Estados de carácter
Tallo articulado	Ausente-Presente
Tallo aplanado	Ausente-Presente
Forma del tallo	Globoso-Cilíndrico-Aplanado
Tallo con costillas	Ausente-Presente
Forma de las costillas	Onduladas-No onduladas-No aplica
Tallo formado por tubérculos en forma de chichones (mamilas)	Ausente-Presente
Surco en los tubérculos	Ausente-Presente-No aplica

Nota: Elaboración propia.

Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA). En algunos casos se obtuvieron ejemplares duplicados, por lo que serán enviados como intercambio a otros herbarios nacionales.

Los caracteres y estados de carácter que se utilizaron para la creación de la clave de identificación electrónica se muestran en la tabla 2. La clave electrónica de identificación se puede consultar en el sitio de Laboratoire Informatique & Systematique (LIS, s. f. a).

DISCUSIÓN

El listado florístico que resultó de este estudio concuerda parcialmente con el reportado en el borrador del plan de manejo del MNCM, mismo que enlista 14 especies de cactáceas, de las cuales ocho están presentes en este estudio, mientras que las otras seis no fueron encontradas en los recorridos efectuados. Es posible que las especies reportadas en el borrador del plan se encuentren en sitios que no fueron visitados en este estudio; sin embargo, el borrador mencionado no proporciona datos acerca de ejemplares de herbario de respaldo, ni información acerca de su georreferenciación, por lo que los registros ofrecidos en ese documento son dudosos.

Los resultados de este estudio muestran la presencia de seis géneros de cactáceas, mientras que el borrador del plan de manejo reporta cinco (figuras 1 y 7). De ellos únicamente *Ferocactus*, *Mammillaria* y *Opuntia* coinciden en ambos estudios y concuerdan en que el género *Opuntia* es el que tiene mayor número de especies en el área.

El plan de manejo oficial del MNCM menciona que dentro del área hay dos plantas protegidas en

la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). Una de estas plantas es *Ferocactus histrix*, la cual se encuentra en la categoría *sujeta a protección especial*. Como resultado del presente trabajo se cuenta con un ejemplar de herbario que avala la presencia de esta especie dentro del área. Por otra parte, en este estudio se encontraron dos taxones más que están presentes en esta norma y que están bajo la categoría *sujeta a protección especial*: *Mammillaria bombycina* subsp. *bombycina* y *M. bombycina* subsp. *perezdelarosae*. Cabe destacar que en tal lista ambas subespecies están registradas a nivel especie, aunque otros trabajos consideran a *M. perezdelarosae* como una subespecie de *M. bombycina* (CONABIO, 2009), criterio que se sigue en este trabajo.

Se observó que los lugares más alejados a terracerías o senderos donde la gente acude a realizar actividades recreativas tienen una riqueza mayor de especies de la familia Cactaceae. A su vez, los lugares más cercanos a áreas recreativas tienen poca representatividad de especies de cactáceas, con excepción del género *Opuntia* (mejor conocido como nopal) que se encuentra prácticamente en toda el área. Por ejemplo, el lugar conocido localmente como Cerro El Picacho, ubicado al norte del polígono que delimita el MNCM, presenta una perturbación mayor, en donde las únicas especies de Cactaceae que se pudieron observar fueron las del género *Opuntia*.

Una de las amenazas que tiene la familia Cactaceae dentro del MNCM es la extracción ilegal de estas plantas de su hábitat. Se observó directamente en campo que la gente que acude a esta zona extrae cactáceas sin ninguna restricción. Esto

constituye un riesgo grande ya que las poblaciones se ven mermadas y disminuyen el número de individuos y capacidad de reproducción y persistencia de las especies en esta ANP.

Las claves de identificación electrónicas son una herramienta relativamente nueva, en donde la información sobre biodiversidad puede compartirse de una manera más práctica, tanto con los sectores académicos y científicos, como con la sociedad en general (Ung et al., 2010). Actualmente esta clave se encuentra disponible a través del sistema Xper³ en el sitio de LIS (s. f. a). El objetivo de ofrecer este recurso es que la población de la entidad que acude a esta área conozca y se relacione con la familia Cactaceae para generar conciencia en cuanto al cuidado y conservación de estas plantas.

CONCLUSIONES

La familia Cactaceae está presente en el MNCM y ahora cuenta con la documentación pertinente (ejemplares de herbario) que avala esta información. De los taxones registrados, tres están protegidos bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), lo que le brinda mayor valor biológico y de conservación a esta área.

El listado florístico que resulta de este estudio concuerda parcialmente con el presente en el borrador del plan de manejo, lo que lleva a rechazar la hipótesis establecida para este trabajo. Sin embargo, la información aquí obtenida pretende contribuir al plan de manejo y a la conservación de la biodiversidad del MNCM. Se espera que la información generada en este estudio sea considerada y retomada por las dependencias gubernamentales competentes (e.g., Secretaría

de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Agua del gobierno del estado de Aguascalientes) para ser incluida en el plan de manejo oficial del MNCM.

Se recomienda continuar y alentar el desarrollo de estudios relacionados con la familia Cactaceae en el MNCM. En particular, será importante contar con información sobre aspectos ecológicos y poblacionales de las especies, para comprender de manera integral los factores que puedan impactar las cactáceas de la zona de estudio.

La clave de identificación electrónica es una herramienta que promoverá la difusión de la información generada en este estudio hacia la sociedad en general. Se tiene como plan a corto plazo gestionar el apoyo de las dependencias encargadas del ANP para ofrecer medios informativos en forma de gacetas o folletos, divulgar esta información y contribuir con la preservación de las cactáceas dentro del MNCM.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Departamento de Biología y al herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA) por brindar las facilidades necesarias para desarrollar este trabajo.

Desean, asimismo, externar un agradecimiento al Biól. Julio Martínez, encargado del HUAA, por apoyar este estudio con sus conocimientos y disposición para resolver dudas.

También agradecen a la SEMARNAT por haber otorgado el permiso con número de oficio SGPA/DGVS/01149/16 para efectuar las recolecciones de plantas de la familia Cactaceae dentro del marco legal.

REFERENCIAS

- Alanís Flores, G. J., & Velazco Macías, C. G. (2008). Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noreste de México. *CIENCIA-UANL*, 11(1), 5-11.
- Bravo-Hollis, H. (1978). *Las cactáceas de México. Volumen 1* (2a. ed.). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2009). *Catálogo taxonómico de especies de México*. México: Autor.
- De Groot, S. J. (2011). Collecting and Processing cacti into herbarium specimens, using ethanol and other methods. *Systematic Botany*, 36(4), 981-989.
- De la Cerda-Lemus, M. (1999). *Cactáceas de Aguascalientes* (2a. ed.). Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Durán García, R., & Méndez González, M. E. (2010). Biodiversidad: Cactaceas. En *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (pp. 191-192). Mérida, Yucatan: CICY/PPD-FMAM/CONABIO/SEDUMA.
- Gobierno del estado de Aguascalientes. (inédito). *Borrador del programa de manejo*. Recuperado de http://www.aguascalientes.gob.mx/lmae/Pdf/PROGRAMA_MANEJO_CERRO_MUERTO.pdf
- Gobierno del estado de Aguascalientes. (26 de mayo de 2008). Decreto por el que se declara área natural protegida en la categoría de Monumento Natural al Cerro del Muerto. *Periodico Oficial del estado de Aguascalientes*, 5-11.
- González-Durán, A., Riojas-López, M. E., & Arreola-Nava, H. J. (2001). *El género Opuntia en Jalisco. Guía de campo*. Jalisco, México: Universidad de Guadalajara-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Google Earth. (2016). Imagen satelital del Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto [Fotografía]. Recuperada el 11 de noviembre de 2017, de <https://earth.google.com>
- Guzmán, U., Arias, S., & Dávila, P. (2007). *Catálogo de cactáceas mexicanas*. D. F., México: UNAM-CONABIO.
- Jiménez Sierra, C. L. (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria*, 12(1), 1-23.
- Laboratoire Informatique & Systematique (s. f. a). Cactáceas del Cerro del Muerto (Ags., México) [Claves electrónicas de identificación]. Recuperadas de <http://www.xper3.fr/xper3GeneratedFiles/publish/identification/343692455781091785/mkey.html>
- Laboratoire Informatique & Systématique (s. f. b). Xper3. *The biodiversity collaborative management platform* [Portal electrónico]. París: Autor. Recuperada de www.xper3.fr
- Luisalvaz. (2014). *Atardecer en el Cerro del Muerto* [Fotografía]. Recuperada de <https://es.wikipedia.org>
- Martínez-Ramírez, J., Siqueiros Delgado, M. E., De la Cerda Lemus, M., & García Regalado, G. (inédito). *2º Listado florístico del estado de Aguascalientes*.
- Sánchez-González, A., & González Ledesma, M. (2007). Técnicas de recolecta de plantas y herborización. En A. Contreras-Ramos, C. Cuevas Cardona, I. Goyenechea, & U. Iturbe (Eds.), *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad* (pp. 123-133). Pachuca, Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Sánchez Macías, I. G. (2016). *Actualización taxonómica de la familia Cactaceae en el estado de Aguascalientes*. Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Sánchez Mejorada, H. (1986). Suculentas. En A. Lot & F. Chiang (Comps.), *Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos* (pp. 103-111). D. F., México: Consejo Nacional de la Flora de México, A. C.
- Scheinvar, L. (2004). *Flora cactológica del estado de Querétaro: Diversidad y riqueza*. Querétaro, México: Fondo de Cultura Económica.
- Secretaría de Medio Ambiente del estado de Aguascalientes. (2015). Programa de Manejo del Área Natural Protegida Monumento Natural Cerro del Muerto. *Periodico Oficial Del Estado de Aguascalientes*. Aguascalientes, México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (30 de diciembre de 2010). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, Segunda sección, 1-78.
- Ung, V., Dubus, G., Zaragüeta-Bagils, R., & Vignes-Lebbe, R. (2010). Xper2: Introducing e-taxonomy. *Bioinformatics*, 26(5), 703-704.
- Vignes-Lebbe, R., Chesselet, P., & Diep Thi, M. H. (2016). Xper3: new tools for collaborating, training and transmitting knowledge on botanical phenotypes. En N. R. Rakotoarisoa, S. Blackmore, & Riera, B. (Eds.), *Proceedings of the UNESCO International Conference, Botanists of the twenty-first century: roles, challenges and opportunities* (pp. 228-239). París: UNESCO.

Conocimiento y percepción acerca del cambio climático en comunidades costeras del municipio de Guasave, Sinaloa, México

Knowledge and perception about climate change in coastal communities in the municipality of Guasave, Sinaloa, Mexico

Ramiro Ahumada-Cervantes*✉, Paúl Adaid García-López*

Ahumada-Cervantes, R., & García-López, P. A. (2018). Conocimiento y percepción acerca del cambio climático en comunidades costeras del municipio de Guasave, Sinaloa, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 38-45.

RESUMEN

El cambio climático es un problema de actualidad que requiere acción urgente, se presenta un estudio con el objetivo de analizar el nivel de conocimiento y percepción acerca del fenómeno estudiado en tres comunidades costeras del municipio de Guasave, Sinaloa, México. La técnica utilizada para obtener la información fue la aplicación de encuestas, en total 193 cuestionarios que se enfocaron en temas como la conceptualización del cambio climático, su impacto en los medios de vida, entre otros. Los resultados revelan que un elevado porcentaje de personas percibe un cambio en el clima, principalmente en la temperatura y que aproximadamente en un cuarto de la población encuestada se percibe un nivel de conocimiento aceptable del tema. Los ciudadanos se muestran receptivos para recibir información relacionada con el mismo y para implementar estrategias de mitigación y adaptación.

Palabras clave: cambio climático; comunidades costeras; conocimiento; contaminación; pesca; percepción.

Keywords: climate change; coastal communities; fishing; knowledge; perception; pollution.

Recibido: 19 de octubre de 2017, aceptado: 11 de junio de 2018

* Departamento Académico de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Guasave. Avenida Universidad s/n, Fraccionamiento Villa Universidad, C. P. 81048, Guasave, Sinaloa, México. Correo electrónico: ramiroac2002@yahoo.com.mx; pauladaid@hotmail.com

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

As has been stated previously that climate change is a topical problem that requires urgent action, a study is presented with the objective of analyzing the level of knowledge and perception about climate change in three coastal communities in the municipality of Guasave, Sinaloa, Mexico. The technique used was the conducting surveys, a total of 193 questionnaires were applied. The questions focused on topics such as the conceptualization of climate change, the impact of climate change on livelihoods, among others. The results show that a high percentage of people perceive a change in climate, mainly in temperature and that approximately, in a quarter of the population surveyed a level of acceptable knowledge about climate change is perceived. Citizens are receptive to receive training and to implement mitigation and adaptation strategies.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático (CC) es una transformación del clima por influencia de la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (SEMARNAT, 2012).

El calentamiento global es innegable y se observa tanto en la atmósfera, como en el océano. Está provocando que los volúmenes de nieve y hielo disminuyan y que el nivel del mar se eleve (Panel Intergubernamental de Cambio Climático [IPCC, por sus siglas en inglés], 2014). Estos cambios biofísicos,

en correspondencia con los socioeconómicos en distintas escalas y velocidades, interactúan para producir diferentes resultados para las comunidades en las distintas regiones (Bennett, Blythe, Tyler, & Ban, 2016; Tuler, Agyeman, Da Silva, LoRusso, & Kay, 2008).

Es posible que las comunidades costeras sean afectadas por el CC en aspectos como aumento del nivel del mar, aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos, así como cambios en la disponibilidad de los recursos pesqueros (Bennett et al., 2016; Colburn et al., 2016; Nanlohy, Bambang, Ambariyanto, & Hutabarat, 2015).

En este sentido, el CC pone de manifiesto la vulnerabilidad de las comunidades expuestas a sus impactos; sin embargo, no se debe únicamente a las presiones naturales, sino que es agravada por los procesos sociales, económicos y políticos reinantes en cada región (Soares & García, 2014). Para analizar la vulnerabilidad de la población ante el suceso en estudio es necesario comprender su interacción con los medios de sustento, las características sociodemográficas de la población, así como la percepción que la misma tiene con respecto al problema (Haq & Ahmed, 2017; Sandoval, Soares, & Munguía, 2015).

El IPCC (2014) señala que existen diversos métodos de estudio para la generación de información que conduzca a la toma de decisiones encaminadas a limitar el CC y sus efectos, entre ellos, la percepción y respuesta de la población ante el riesgo y la incertidumbre. La percepción juega un papel fundamental para que la sociedad demande estrategias enfocadas en la mitigación y adaptación, a la vez que se involucra en el proceso (Arbuckle, Morton, & Hobbs, 2013; Meira-Carrea, 2008). La investigación en CC requiere del estudio de la percepción que tiene la población involucrada acerca del fenómeno, ya que la implementación de cualquier estrategia o política exige conocer su nivel de conocimiento y comprensión del problema, así como su disposición para favorecer la implementación de dicha política (Carlton & Jacobson, 2013; Hagen, Middel, & Pijawka, 2016; Retamal, Rojas, & Parra, 2011).

El enfoque de la percepción acerca del CC en comunidades costeras ha sido abordado en diversos estudios (Nanlohy et al., 2015; Olmos Martínez, González Ávila, & Contreras Loera,

2013; Shameem, Momtaz, & Kiem, 2015; Soares & Gutiérrez, 2011; Soares & Murillo-Licea, 2013) y ha evidenciado el poco conocimiento de la población sobre los aspectos relacionados con el fenómeno. Esta falta de conocimiento es más acentuada en lo concerniente a comunidades rurales.

Al ser consideradas de las más vulnerables ante los embates del CC, es una necesidad imperante abordar su impacto en comunidades costeras, en especial su percepción acerca del problema. Lamentablemente un gran porcentaje de la población residente no comprende lo que es el CC, la manera como podría ser impactada por este fenómeno, así como las estrategias que podrían implementar para minimizar sus impactos.

A partir de lograr que las personas sean conscientes de la existencia, el impacto y las causas del CC, será posible integrarlo en la planificación e implementación de políticas, proyectos y actividades diarias, participando en el proceso de mitigación y adaptación. Por tal razón, el objetivo del presente estudio fue analizar el nivel de conocimiento y percepción acerca del CC en tres comunidades costeras del municipio de Guasave, Sinaloa, México. Las comunidades involucradas son de tipo rural y su principal actividad productiva es la pesca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La región de estudio comprende las localidades El Coloradito, El Caracol y El Huitussi (figura 1). Corresponde a comunidades rurales localizadas en la zona costera del municipio de Guasave, Sinaloa. Dicho municipio está localizado en el norte del estado, entre los paralelos 25° 11' y 25° 50' norte y los meridianos 108° 10' y 109° 02' oeste (INEGI, 2009).

El Huitussi tiene la mayor población, cuenta con 2,286 hab; El Caracol con 999 y El Coloradito con 307. La población económicamente activa asciende a 39.5% en El Coloradito, a 38.2% en El Caracol y a 38% en El Huitussi; desempeñan principalmente actividades relacionadas con pesca, agricultura y ganadería (respectivamente). Las tres comunidades cuentan con una tasa de alfabetización arriba de 93% y una asistencia escolar por población de 6 a 14 años arriba de 95%. Existen algunos rezagos en relación con la disponibilidad de servicios en



Figura 1. Comunidad de El Huitussi.
Imagen de Ramiro Ahumada Cervantes.

las viviendas, principalmente en agua potable y drenaje, El Coloradito es la de mayor rezago (INEGI, 2010).

El tipo de clima es muy seco, cálido y cálido -BW(h)- con lluvias en verano y un porcentaje de lluvias en invierno entre 5% y 10.2% del total anual, con temperatura media anual mayor a 22 °C. El tipo de suelo dominante es Solonchak, inundable en algunas épocas del año y la vegetación es de matorral, principalmente manglar (INEGI, 2009).

Aplicación de encuestas

La información se obtuvo mediante la aplicación de encuestas personales (figura 2). Se utilizó un cuestionario combinado, el cual consistió en cuatro preguntas cerradas y seis abiertas.

Para explorar la percepción de los pobladores relativa a cambios en el clima en los últimos años, se utilizaron dos preguntas: 1. ¿Percibe algún cambio en el clima en los últimos años? 2. ¿En qué aspectos del clima percibe estos cambios? Únicamente a quienes respondieron positivamente la primera pregunta se les cuestionó la segunda.

En cuanto al nivel de conocimiento que los pobladores tienen acerca del CC, se utilizaron seis preguntas. La primera se enfoca en la sensibilización o información que los encuestados han recibido en materia de CC.

La segunda se refiere a la configuración de los habitantes con respecto al tema estudiado, lo



Figura 2. Entrevistas personales.
Imagen de Ramiro Ahumada Cervantes.

primero que viene a su mente cuando les mencionan este término. En el tercer aspecto, la pregunta es ¿Usted entiende lo que es el cambio climático? A los pobladores que contestaron positivamente esta interrogante, posteriormente se les cuestionó lo que entendían por CC, con el propósito de medir su nivel de comprensión del tema (cuarta pregunta). Las causas que lo generan se tocan en la quinta pregunta y las acciones individuales que los habitantes encuentran necesarias para disminuir las emisiones de GEI se abordan en la sexta.

Para identificar la idea que tiene la población sobre los impactos del CC a nivel local, el cuestionamiento fue ¿Cómo repercute el cambio climático en su comunidad (medios de vida locales)? Finalmente, la última pregunta se desarrolló con el propósito de conocer la predisposición de la población para implementar pequeños cambios (acciones) en su forma de vida, enfocados a la mitigación y adaptación al CC. Es importante mencionar que antes de realizar esta pregunta se les explicaron brevemente los términos mitigación y adaptación.

Para el tamaño de muestra se consideró como universo de estudio los 3,592 pobladores que reporta el INEGI (2010) para las localidades de El Coloradito, El Caracol y El Huitussi. El número de encuestas a aplicar se determinó utilizando la fórmula 1, y se obtuvo un tamaño de muestra de 193 encuestas.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q} \quad (1)$$

donde:

- n = Tamaño de muestra.
- N = Tamaño de la población (3592)
- Z = Nivel de confianza (95%, $\alpha = 0.05$)
- p = Probabilidad de éxito, o proporción esperada (0.843)
- q = Probabilidad de fracaso ($q = 1 - p$)
- d = Precisión o error admitido (5%)

La distribución de cuestionarios por localidad se definió tomando en cuenta la proporción de habitantes de cada una de ellas. Correspondieron 117 encuestas para El Huitussi (62 mujeres y 55 hombres), 56 para El Caracol (29 mujeres y 27 hombres) y 20 para El Coloradito (10 mujeres y 10 hombres). Es importante mencionar que se eligieron 193 viviendas al azar en dichas comunidades y la encuesta se aplicó a quien estuviera disponible para contestarla, siempre y cuando fuera mayor de 14 años.

RESULTADOS

Percepción sobre cambios del clima en los últimos años

De los encuestados 84% percibe cambios en el clima. Quienes más los perciben son los habitantes de El Caracol con 96%, seguido de los de El Huitussi con 82% y los de El Coloradito con 65%. Los hombres son quienes en mayor medida perciben cambios con 88% de la muestra, en comparación con las mujeres que en 81% dicen percibirlos; los resultados coinciden en las tres comunidades.

Los pobladores han observado cambios en cuatro aspectos relacionados con el clima: temperatura, precipitación, variación climática y vientos. Sin embargo, la temperatura es la variable más observada en las tres comunidades y representa 79% de la muestra total (figura 3).

Conceptualización del cambio climático

Solamente 10.4% de los encuestados ha recibido algún tipo de información o sensibilización referente al CC. En su mayoría corresponde a pláticas y talleres impartidos por la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA) o por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Dichos eventos son dirigidos a pobladores que tienen acceso a programas de apoyo pesquero o a programas sociales. La localidad que más sensibilización reporta es El Caracol con 22% y la que menos es El Coloradito (0%). Se ha sensibilizado 14% de los hombres y 8% de las mujeres.

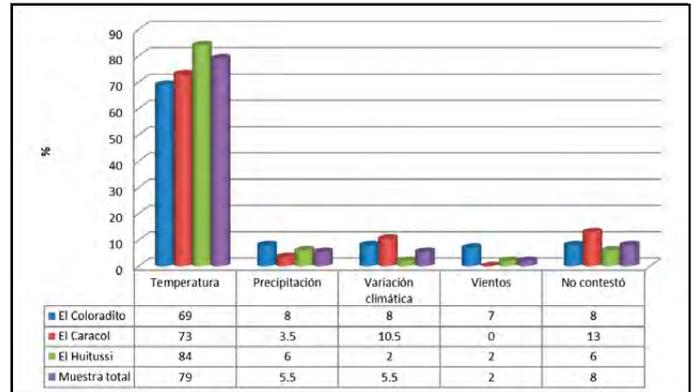


Figura 3. Aspectos del clima con cambios en los últimos años según la percepción de los pobladores (%). Elaboración propia.

Los pobladores asocian el CC con siete aspectos generales. Sin embargo, mucho calor y variación climática son los principales aspectos asociados al CC en la muestra total y coincide en las tres comunidades involucradas (figura 4).

Se consideró con un nivel de conocimiento aceptable a las personas encuestadas que han escuchado el término cambio climático y lo relacionan correctamente con sus causas y consecuencias. En este sentido, 31.6% de la población mostró un nivel de conocimiento aceptable acerca del tema. Las comunidades El Coloradito y El Huitussi son las que mayor conocimiento tuvieron, ya que en ambas 35% de los participantes arrojaron niveles aceptables. Con respecto a El Caracol, solamente 23% de la muestra exhibió un buen nivel de conocimiento. Asimismo, 35% de las mujeres y 28% de los hombres registraron niveles aceptables.

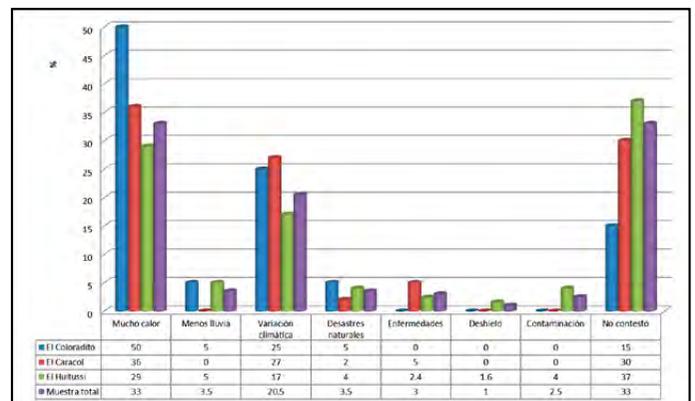


Figura 4. Aspectos con los que la población asocia al cambio climático (%). Elaboración propia.

Las causas que generan el CC se agruparon en cinco aspectos: contaminación, incendios y deforestación, sobrepoblación, destrucción de la capa de ozono y causas naturales. Solamente 2.5% sitúa el origen del problema en causas naturales, mientras que la mayoría señaló causas antropogénicas. La mayoría sitúa el origen del CC en la contaminación (figura 5), esta apreciación coincide en las tres comunidades.

Las acciones individuales que los pobladores identifican para minimizar su contribución con emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se agruparon en tres aspectos: contaminar menos, reforestar y hacer conciencia. Aproximadamente la mitad coincide en que contaminar menos es la acción individual a implementar y lo enfocan en aspectos locales como el no quemar basura o no depositarla en lugares inadecuados para ello, así como el utilizar menos el automóvil. Los habitantes de las tres comunidades coinciden en sus respuestas para esta acción. En este sentido, 96% de los encuestados mencionaron estar dispuestos a implementar acciones encaminadas a la mitigación y adaptación al CC.

Impacto del cambio climático en los medios de vida locales

Los pobladores identificaron cuatro aspectos generales por medio de los cuales el CC tiene algún impacto negativo en sus medios de vida: enfermedades, menor producción, mal tiempo en el mar y mayor uso de aire acondicionado. Las respuestas más señaladas se muestran en la figura 6.

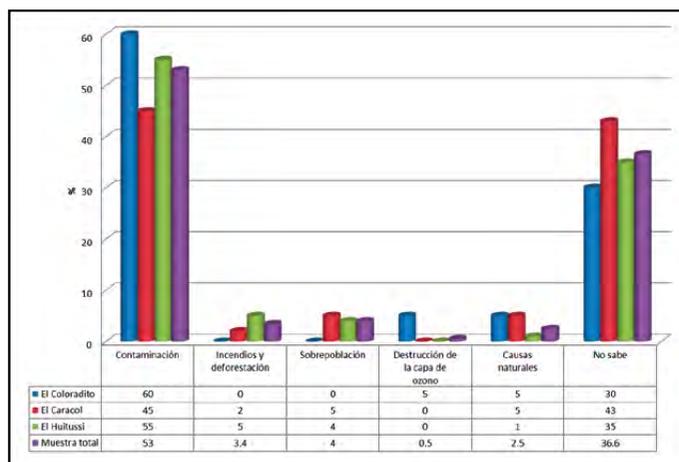


Figura 5. Causas del cambio climático según la percepción de los pobladores (%). Elaboración propia.

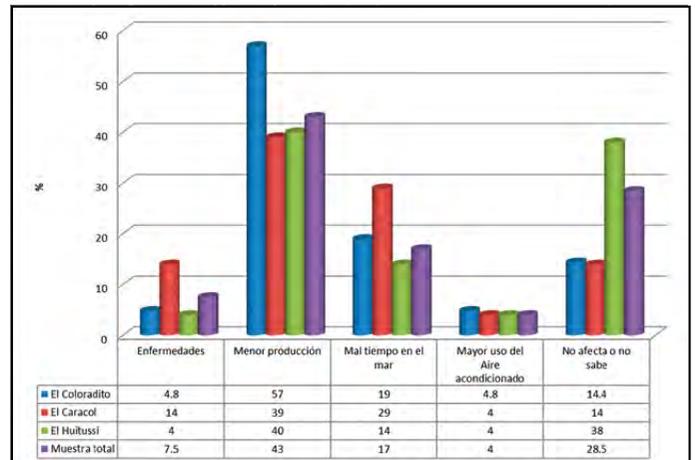


Figura 6. Impactos del cambio climático en los medios de vida según la percepción de los pobladores (%). Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Aun cuando el conocimiento de los cambios pasados en el clima y las proyecciones a futuro han avanzado en las últimas décadas, este tipo de información solamente es conocida por una parte reducida de la población. Los pequeños cambios en las variables climáticas regularmente son percibidos por los pobladores locales, ya que en el desarrollo de sus actividades están expuestos a los elementos climáticos. En este sentido, 84% percibieron cambios en los últimos años. Los resultados son similares a lo reportado por Oltra, Solá, Sala, Prades, & Gamero (2009) mediante grupos de discusión integrados por personas no expertas en el tema; Soares & Murillo-Licea (2013) y Shameem et al. (2015) con muestras que incluyen comunidades costeras, y para estudios realizados en comunidades rurales que desarrollan actividades primarias, principalmente (Haq & Ahmed, 2017; Hitayezu, Wale, & Ortmann, 2017; Monirul Alam, Alam, & Mushtaq, 2017; Panda, 2016).

Los hombres son quienes en mayor medida perciben estos cambios, lo cual es entendible, ya que al ser pescadores están más expuestos a los elementos y pueden percibir más el cambio en el clima. Estos resultados coinciden con los de Soares & Murillo-Licea (2013).

La temperatura es la principal variable que observa cambios por los pobladores. Esto coincide con los informes científicos del IPCC (2014) en que la temperatura ha ido en aumento en las últimas décadas. Los resultados son similares a lo reportado

por Haq & Ahmed (2017), Monirul Alam et al. (2017), Panda (2016) y Soares & Murillo-Licea (2013).

Solamente 10.4% ha recibido alguna sensibilización relacionada con el CC. Este porcentaje se observa demasiado bajo, en relación con Soares & Gutiérrez (2011), que reportan 52% de sensibilización para un municipio costero de Yucatán. Esto probablemente incide en el conocimiento que la población pueda tener sobre el tema. Básicamente, la sensibilización en la materia ha sido proporcionada por instituciones de gobierno y los hombres, al ser quienes mayormente reciben apoyos gubernamentales, son los más sensibilizados al momento. Esto coincide con los resultados de Soares & Gutiérrez (2011) para un municipio de Yucatán.

Los pobladores asocian el CC con mucho calor, menos lluvia, variación climática, desastres naturales, enfermedades, deshielo y contaminación. Estos son aspectos recurrentemente mencionados en los diferentes estudios sobre percepción al CC (Haq & Ahmed, 2017; Meira-Carteá & Arto-Blanco, 2014; Monirul Alam et al., 2017; Oltra et al., 2009; Soares & Gutiérrez, 2011). Mucho calor y variación climática son los principales aspectos que la población asocia con el CC, lo cual coincide con los hallazgos del IPCC (2014).

De la población encuestada, 65% argumentó entender el término CC. Sin embargo, cuando se le cuestionó sobre ese conocimiento, solamente 31.6% mostró un nivel aceptable. Este es un porcentaje ligeramente arriba (26.7) de lo reportado por Nanlohy et al. (2015) para un conjunto de comunidades costeras en la Bahía de Kotania. En este aspecto la mayoría de los estudios reportan porcentajes mayores a 50%.

Es importante señalar que la idea principal que se tiene acerca del CC es el aumento en la temperatura, lo cual coincide con las observaciones de Soares & Gutiérrez (2011). El bajo nivel de conocimiento del tema es coherente con la poca sensibilización recibida. Probablemente sus conocimientos se concretan a lo aportado por medios de comunicación. Al respecto, Vignola, Klinsky, Tam, & McDaniels (2013) reportan que la mayoría de la población recibe información sobre el CC por la televisión, seguida por la radio y el diario.

Una parte de la muestra señaló el origen del CC en causas antropogénicas, lo cual coincide con Meira-Carteá & Arto-Blanco (2014), Vignola et al. (2013) y Yu, Wang, Zhang, Wang, & Wei (2013) y es coherente

con los hallazgos del IPCC (2013, 2014). De acuerdo con los estudios de Oltra et al. (2009), el CC aparece vinculado principalmente a la contaminación, ya que es más fácil de entender para los individuos. En este sentido, la mayor causa generadora del CC es la polución y la principal acción individual a implementar es contaminar menos. A la contaminación generadora del CC la asocian principalmente con un problema local, a nivel micro, como la quema de basura, sin analizar la situación a nivel global con la gran diversidad de fuentes emisoras de GEI que existen en el planeta.

El CC repercute en los medios de vida locales (según la percepción de la población) provocando enfermedades ocasionadas por las condiciones inclementes del tiempo o por fauna nociva atraída por las nuevas condiciones establecidas por el CC; menor producción pesquera, agrícola o ganadera, dependiendo de la actividad desempeñada; mal tiempo en el mar, lo que dificulta desempeñar la actividad pesquera; mayor uso del aire acondicionado, ocasionado por el aumento de la temperatura. Las respuestas más señaladas por los pobladores fueron menor producción y mal tiempo en el mar. Los resultados son consistentes con los de Olmos Martínez et al. (2013) y con los de Sandoval et al. (2015). En el mismo sentido, la literatura menciona como aspectos críticos relacionados con el CC en comunidades costeras el aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos y cambios en la disponibilidad de recursos pesqueros (Bennett et al., 2016; Colburn et al., 2016; Nanlohy et al., 2015).

El desconocimiento sobre los principales aspectos relacionados con el CC se hace evidente al observar las figuras 4, 5 y 6. Se aprecia que un tercio de la población no contestó. En este sentido, no reconocen los aspectos relacionados al CC, no conocen las causas que los originan ni cómo impacta en su medio de vida. Sin embargo, se muestran receptivos para recibir información relacionada con el tema y para contribuir con acciones enfocadas en la mitigación y adaptación.

Los resultados obtenidos son interesantes y útiles como base para diseñar estrategias de sensibilización e involucramiento de la población enfocadas en la mitigación y adaptación al CC a nivel local. Lo anterior como complemento a los estudios de vulnerabilidad y adaptación que también se están desarrollando en la región de estudio.

CONCLUSIONES

De la población encuestada, 84% percibe cambios en el clima en los últimos años, principalmente en la temperatura. Los resultados coinciden en las tres comunidades y generalmente los hombres perciben más estos cambios.

Los pobladores asocian el CC con el calor y la variación climática, principalmente. Sin embargo, se nota un desconocimiento del problema, ya que más de 30% no respondió las preguntas y solamente 31.6% mostró un nivel de conocimiento aceptable acerca del CC. Esto puede estar asociado a que únicamente 10.4% ha recibido pláticas, talleres o clases referentes al CC.

Según la apreciación encontrada, la principal causa generadora del CC es la contaminación. Desde su punto de vista, este fenómeno afecta los medios de vida locales de dos maneras principalmente: 1) genera mal tiempo en el mar, lo que dificulta las pesquerías y 2) disminuye la

producción pesquera, agrícola y ganadera. Para contrarrestar el problema, 96% está dispuesta a implementar medidas de mitigación y adaptación al CC. Por lo pronto, la principal acción que identifican y pueden implementar a corto plazo para disminuir el CC es contaminar menos.

Los resultados obtenidos son útiles como base para diseñar estrategias de sensibilización e involucramiento de la población enfocadas en la mitigación y adaptación al CC a nivel local.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Secretaría de Educación Pública (SEP), quien a través del Programa para el Desarrollo Profesional Docente para el tipo Superior (PRODEP) aportó el financiamiento del proyecto "Exploración de la vulnerabilidad y la percepción ante el cambio climático de la población rural del municipio de Guasave, Sinaloa" en el rubro de apoyo de fomento a la generación y aplicación innovadora del conocimiento.

REFERENCIAS

- Arbuckle, J. G., Morton, L. W., & Hobbs, J. (2013). Farmer beliefs and concerns about climate change and attitudes toward adaptation and mitigation: Evidence from Iowa. *Climatic Change*, 118(3-4), 551-563.
- Bennett, N. J., Blythe, J., Tyler, S., & Ban, N. C. (2016). Communities and change in the anthropocene: Understanding social-ecological vulnerability and planning adaptations to multiple interacting exposures. *Regional Environmental Change*, 16(4), 907-926.
- Carlton, S. J., & Jacobson, S. K. (2013). Climate change and coastal environmental risk perception in Florida. *Journal of Environmental Management*, 130, 32-39.
- Colburn, L. L., Jepson, M., Weng, C., Seara, T., Weiss, J., & Hare, J. A. (2016). Indicators of climate change and social vulnerability in fishing dependent communities along the Eastern and Gulf Coasts of the United States. *Marine Policy*, 74, 323-333.
- Hagen, B., Middel, A., & Pijawka, D. (2016). European climate change perceptions: Public support for mitigation and adaptation policies. *Environmental Policy and Governance*, 26(3), 170-183.
- Haq, S. A., & Ahmed, K. J. (2017). Does the perception of climate change vary with the socio-demographic dimensions? A study on vulnerable populations in Bangladesh. *Natural Hazards*, 85(3), 1759-1785.
- Hitayezu, P., Wale, E., & Ortmann, G. (2017). Assessing farmers' perceptions about climate change: A double-hurdle approach. *Climate Risk Management*, 17, 123-138. doi: 10.1016/j.crm.2017.07.001
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado de <http://www.inegi.gob.mx>
- _____ (2010). *Censo General de Población y Vivienda 2010*. México: Autor.
- Meira-Carteá, P. A. (2008). *Comunicar el cambio climático. Escenario social y líneas de acción*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino-Organismo Autónomo de Parques Nacionales.
- _____, & Arto-Blanco, M. (2014). Representaciones del cambio climático en estudiantes universitarios en España: Aportes para la educación y la comunicación. *Educación en Revista*, 3, 15-33.
- Monirul Alam, G. M., Alam, K., & Mushtaq, S. (2017). Climate change perceptions and local adaptation strategies of hazard-prone rural households in Bangladesh. *Climate Risk Management*, 17, 52-63. doi: 10.1016/j.crm.2017.06.006

- Nanlohy, H., Bambang, A. N., Ambariyanto, & Hutabarat, S. (2015). Coastal communities knowledge level on climate change as a consideration in Mangrove Ecosystems Management in the Kotania Bay, West Seram regency. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 157-163.
- Olmos Martínez, E., González Ávila, M. E., & Contreras Loera, M. R. (2013). Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México. *Polis. Revista Latinoamericana*, 35, 1-17.
- Oltra, C., Solá, R., Sala, R., Prades, A., & Gamero, N. (2009). Cambio climático: Percepciones y discursos públicos. *Prisma Social*, 2, 1-23.
- Panda, A. (2016). Exploring climate change perceptions, rainfall trends and perceived barriers to adaptation in a drought affected region in India. *Natural Hazards*, 84(2), 777-796.
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático. (2013). Summary for Policymakers. En T. F. Stocker, D. Qin, K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3-29). New York, NY: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004
- _____ (2014). Summary for Policymakers. En B. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental on Climate Change* (pp. 1-1131). New York, NY: Cambridge University Press.
- Retamal, M. R., Rojas, J., & Parra, O. (2011). Percepción al cambio climático y a la gestión del agua: Aportes de las estrategias metodológicas cualitativas para su comprensión. *Ambiente & Sociedade Campinas*, 14(1), 175-194.
- Sandoval, C., Soares, D., & Munguía, M. T. (2015). Vulnerabilidad social y percepciones asociadas al cambio climático: Una aproximación desde la localidad de Ixil, Yucatán. *Sociedad y Ambiente*, 1(5), 7-24.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). 6 de junio de *Diario Oficial de la Federación*, segunda sección, 1-29.
- Shameem, M. I., Momtaz, S., & Kiem, A. S. (2015). Local perceptions of and adaptation to climate variability and change: The case of shrimp farming communities in the coastal region of Bangladesh. *Climatic Change*, 133(2), 253-266.
- Soares, D., & García, A. (2014). Percepciones campesinas indígenas acerca del cambio climático en la cuenca de Jovel, Chiapas-México. *Cuadernos de Antropología Social*, 39, 63-89.
- Soares, D., & Gutiérrez, I. (2011). Vulnerabilidad social, institucionalidad y percepciones sobre el cambio climático: Un acercamiento al municipio de San Felipe, Costa de Yucatán. *Ciencia Ergo Sum*, 18(3), 249-263.
- Soares, D., & Murillo-Licea, D. (2013). Gestión de riesgo de desastres, género y cambio climático. Percepciones sociales en Yucatán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10(72), 181-199.
- Tuler, S., Agyeman, J., Da Silva, P. P., LoRusso, K. R., & Kay, R. (2008). Assessing vulnerabilities: Integrating information about driving forces that affect risks and resilience in fishing communities. *Human Ecology Review*, 15(2), 171-184.
- Vignola, R., Klinsky, S., Tam, J., & McDaniels, T. (2013). Public perception, knowledge and policy support for mitigation and adaptation to Climate Change in Costa Rica: Comparisons with North American and European studies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(3), 303-323.
- Yu, H., Wang, B., Zhang, Y. J., Wang, S., & Wei, Y. M. (2013). Public perception of climate change in China: Results from the questionnaire survey. *Natural Hazards*, 69(1), 459-472.

Simulación numérica del agua subterránea en el acuífero Guadalupe, Ensenada, Baja California, México: Caso de estudio, condiciones estacionarias y transitorias

Numerical simulation of the groundwater in the Guadalupe aquifer, Ensenada, Baja California, Mexico: Case study in steady- and transient-state conditions

Alejandro Figueroa-Núñez*, José Rubén Campos-Gaytán*✉

Figueroa-Núñez, A., & Campos-Gaytán, J. R. (2018). Simulación numérica del agua subterránea en el acuífero Guadalupe, Ensenada, Baja California, México: Caso de estudio, condiciones estacionarias y transitorias. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 46-54.

RESUMEN

La ciudad de Ensenada en Baja California, México, presenta una problemática de agua potable, cuyo suministro es en su mayoría de fuentes subterráneas. El acuífero Guadalupe es una de las principales fuentes de abastecimiento para la ciudad y la región productora de vino más importante del país, el Valle de Guadalupe. Se presenta un modelo de simulación de agua subterránea en condiciones estacionarias y transitorias utilizando MODFLOW-2005 y tomando como base un modelo previo. Con base en los resultados de la simulación, la comparación entre los niveles freáticos simulados y observados en la fecha definida como condición estacionaria (febrero de 1984) y transitoria (1984-2008), la conclusión es que el ajuste presentado es aceptable y que el comportamiento del flujo hidráulico se reproduce satisfactoriamente; con un RMSE de 3.25 m para el estado estacionario y de 8.36 m para el transitorio.

Palabras clave: acuíferos; modelo de simulación; agua subterránea; MODFLOW; Valle de Guadalupe; Baja California.

Keywords: aquifer; groundwater; simulation model; MODFLOW; Guadalupe Valley; Baja California.

Recibido: 17 de enero de 2018, aceptado: 30 de julio de 2018

* Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Transpeninsular Ensenada-Tijuana # 3917, Colonia Playitas, C. P. 22860, Ensenada, Baja California, México. Correo electrónico: alejandro.figueroa@uabc.edu.mx; rcampos@uabc.edu.mx

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

The city of Ensenada, Baja California, Mexico, presents a problem with the water supply, which is mostly from underground sources. The Guadalupe aquifer is one of the main sources of water supply for the city and for the most important wine-producing region in the country, the Guadalupe Valley. This article presents a groundwater simulation model in steady- and transient-state conditions, which used MODFLOW-2005 and taking as base a previous model. Based on the simulation results, the comparison between the simulated and observed hydraulic heads for the date defined as a steady-state- (February 1984) and transient-state conditions (1984-2008), this model has an acceptable vertical match, and the behavior of the hydraulic flow is achieved satisfactorily. In addition, a RMSE of 3.25 m for steady state and 8.36 m for transient conditions were obtained.

INTRODUCCIÓN

Conocer el comportamiento del agua subterránea y las características físicas de un acuífero permite un mejor manejo para cualquier comunidad. La toma de decisiones con respecto a tasas de extracción se puede facilitar y optimizar si se conoce la manera en que las mismas afectarán los niveles freáticos en las fuentes de abastecimiento subterráneas. Para lograr lo anterior, los modelos de simulación pueden ser utilizados para entender el comportamiento de los acuíferos y con esto evaluar distintas estrategias de manejo para los mismos (Dentoni, Deidda, Paniconi, Qahman, & Lecca, 2015).

Los modelos de simulación del flujo de agua subterránea se han desarrollado ampliamente por diversos autores alrededor del mundo, quienes han utilizado técnicas y herramientas computacionales como MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005) y SPRING (König et al., 2017) para representar el comportamiento de un acuífero, bajo condiciones y características específicas de cada zona.

En este artículo se presenta un modelo de simulación del flujo de agua subterránea en los estados estacionario y transitorio del acuífero Guadalupe (AG) ubicado en Baja California, México, mediante MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005). La finalidad es contar con un modelo actualizado del AG, que al mismo tiempo permita la compatibilidad con otros programas de computadora que solucionen problemáticas de optimización de acuíferos o utilidades agrícolas, por mencionar algunas. Un ejemplo podría ser el uso conjunto con el software Groundwater Management Process (GWM) (Ahlfeld, Baker, & Barlow, 2009), una aplicación para el desarrollo de modelos de optimización de agua subterránea para establecer las tasas de extracción o recarga de pozos, límites máximos o mínimos a los que puede descender el nivel freático, entre otras variables, con la intención de establecer un programa de manejo del acuífero.

El AG es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Ensenada y al mismo tiempo de la región productora de vino más importante del país, el Valle de Guadalupe (figura 1). En el estado de Baja California se produce 90% del vino elaborado en México y el Valle de Guadalupe representa la zona más emblemática del estado (Camacho Garza, 2016). El AG ha manifestado problemas de sobreexplotación (SEMARNAT, 2013), por lo que el presente trabajo representa una alternativa de solución de dicha problemática.

La ciudad de Ensenada, Baja California, México, presenta una problemática con el abasto de agua potable y, en el último año, 79% se suministró de fuentes subterráneas (Comisión Estatal del Agua [CEA], s. f.). Entre las principales causas se encuentran falta de lluvia, intrusión salina, falta de reutilización del agua residual tratada y sobreexplotación de los acuíferos. Esta última es una de las más importantes para el AG, ya que se tiene in situ una sobreexplotación de 12.04 Mm³/año (SEMARNAT, 2013) que ha reducido el volumen de agua disponible en el acuífero.

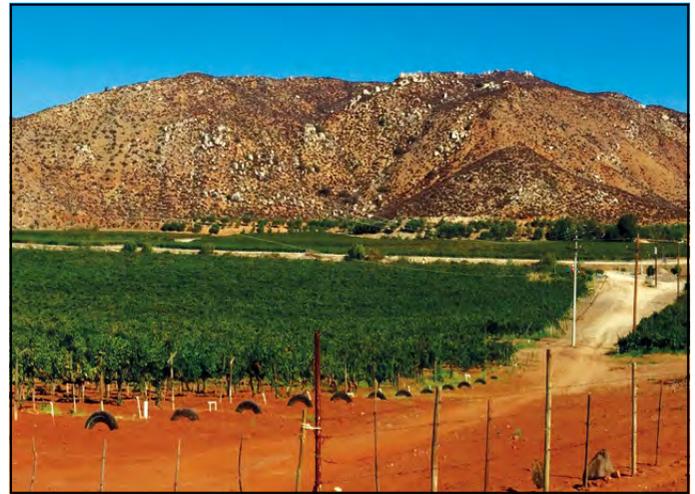


Figura 1. Vista típica de la agricultura en el Valle de Guadalupe. Elaboración propia.

Últimamente la reducción del volumen de agua en el AG para satisfacer la demanda se ha hecho obvia para la ciudad de Ensenada como consecuencia de la disminución de extracciones que la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE) realiza de los pozos que se ubican en el acuífero, las cuales representaban 25% del total de la demanda en 2011 (CEA, s. f.), mientras que en 2017 ya no se extrae agua del acuífero para suministro de la ciudad (CEA, s. f.). Los acuíferos que abastecen a la ciudad son Guadalupe, La Misión, Ensenada y Maneadero, este último presenta también intrusión salina.

En el AG se han realizado estudios similares al presente, como el de Campos-Gaytán y Kretzschmar (2006), quienes desarrollaron un modelo numérico para la simulación del agua subterránea en el AG en estado estacionario. Campos-Gaytán, Kretzschmar y Herrera-Oliva (2014), con base en lo publicado por Campos-Gaytán y Kretzschmar (2006), publicaron un modelo modificado con respecto a la descarga de agua del acuífero, principalmente cambiando pérdidas a través de fallas y fracturas por evapotranspiración y drenes, con el objetivo de mejorar el ajuste entre los niveles freáticos observado en campo y simulado. Realizaron simulaciones numéricas considerando tres escenarios de manejo del AG. En el primero consideraron una precipitación promedio reducida y una extracción promedio; en el segundo condiciones climáticas de recarga y descarga promedio; mientras que en el tercero una precipitación promedio reducida y extracciones que generarían una condición sustentable del acuífero.

El modelo presentado en este artículo se basa en el de Campos-Gaytán et al. (2014) e incluye modificaciones destacables: el software utilizado es MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005); la topografía superficial se introduce mediante un modelo digital de elevaciones (MDE) del estado de Baja California, publicado por el INEGI (s.f.); la discretización es en celdas de mejor resolución (i.e., menor tamaño); se encuentra georreferenciado; la manera en que se recarga el acuífero, entre otras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

Localizada en el noroeste de México, la cuenca Guadalupe tiene una superficie de aproximadamente 2,400 km², se ubica entre los paralelos 31° 51' y 32° 15' norte y los meridianos 115° 52' y 116° 51' oeste; se puede subdividir para su estudio en las subcuencas Ojos Negros, Guadalupe y La Misión (Campos-Gaytán, 2008; CONAGUA, 2015) (figuras 2 y 3). La zona de estudio es el acuífero que subyace la subcuenca del Valle de Guadalupe, misma que presenta clima mediterráneo semiárido con temperatura promedio anual de 15.7 °C (Villarreal Rodríguez, 2012) y precipitaciones en invierno (diciembre-marzo). Con base en la información de Campos-Gaytán (2008), Herrera-Oliva, Campos-Gaytán y Carrillo-González (2017) y de la Secretaría de Fomento Agropecuario del Estado de Baja California (SEFOA, s. f.), la precipitación media anual de la zona de estudio es de 342 mm/año (1977-2016) (figura 4).

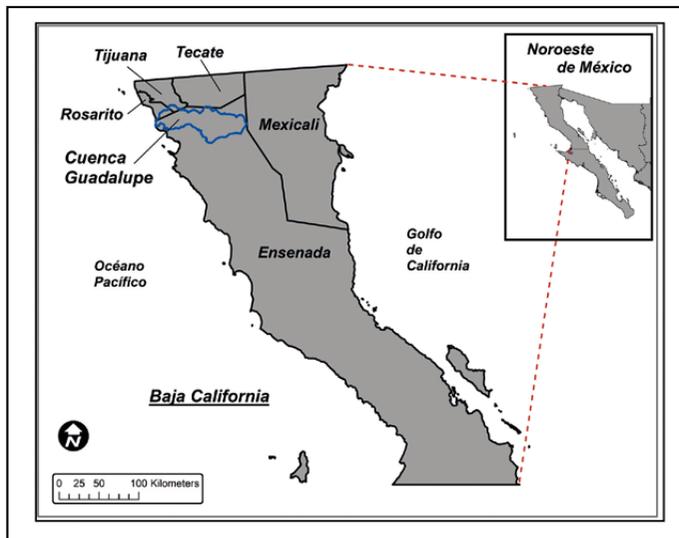


Figura 2. Localización de la zona de estudio. Límites del estado de Baja California y sus municipios (CONABIO, 2004). Elaboración propia.

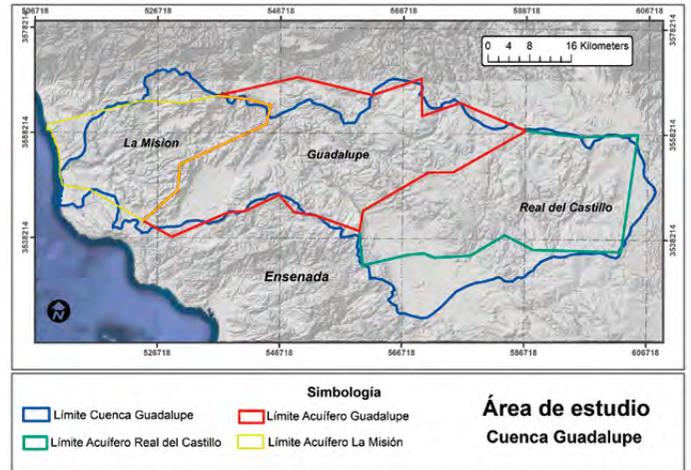


Figura 3. Distribución administrativa de la cuenca Guadalupe y los acuíferos que la componen. Elaboración propia.

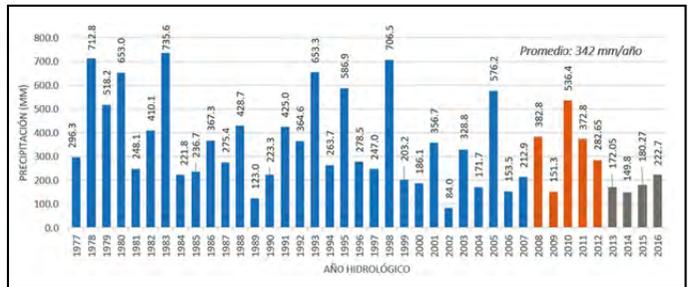


Figura 4. Precipitación media anual en mm durante el periodo 1977-2016. Información para 1977-2007 de Campos-Gaytán (2008), 2008-2012 de Herrera-Oliva et al. (2017) y 2013-2016 de la SEFOA (s. f.). Elaboración propia.

Hidrogeología

En el Valle de Guadalupe se pueden encontrar rocas ígneas intrusivas y extrusivas, rocas metamórficas y depósitos aluviales (figura 5). Las rocas ígneas intrusivas del Cretácico son las que más afloran en la zona de estudio, están constituidas en orden de abundancia por granodioritas, granitos, dioritas y gabros. Las ígneas extrusivas del Mioceno afloran principalmente hacia el oeste de la fosa El Porvenir. Estas rocas están constituidas por basaltos y andesitas, principalmente. Las metamórficas del Paleozoico, con menor abundancia de afloramiento, están expuestas hacia el este de la fosa El Porvenir, y se encuentran representadas por esquistos y pizarras.

Hacia la parte suroeste de la fosa El Porvenir y hacia el este de la fosa Calafia algunos cerros y lomeríos muestran la existencia de conglomerados acomodados como abanicos aluviales. Los depósitos aluviales integran el AG en todo lo largo del

Arroyo Guadalupe y están formados por materiales granulares no consolidados medianamente clasificados. Al menos tres sistemas de fallamiento pueden distinguirse en la zona de estudio; el primero está compuesto por varias fallas normales localizadas al oeste de la zona de estudio, como ejemplo las fallas El Porvenir y Guadalupe. Dentro del segundo sistema se puede señalar la falla Calafia, que también es una falla normal, localizada al este de la fosa Calafia. En el tercer sistema de fallamiento se encuentra la falla El Barbón, localizada en la porción noreste del valle y corresponde al tipo normal (Campos-Gaytán, 2008).

Con base en la información geológica, Campos-Gaytán (2008) y Campos-Gaytán et al. (2014) delimitaron la zona activa de su modelo diferenciando al área permeable de la impermeable. La reducción del tamaño de las celdas utilizadas en el modelo aquí presentado (de 500 m x 500 m a 100 m x 100 m) permitió realizar un modelo más apegado a la geología, ampliando la zona permeable (dominio de flujo del modelo) (figura 5).

El AG se puede dividir en dos zonas para su estudio: la fosa Calafia situada al noreste del valle y la fosa El Porvenir al sureste. El acuífero está compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas poco consolidadas, permite el flujo de agua a través de ellas y la recarga del AG en grandes cantidades (Campos-Gaytán, 2008), cuyas conductividades hidráulicas varían desde 41.09 hasta 109.59 m/día (figura 6); mientras que las rocas ígnea y metamórfica que integran el área inactiva del modelo y establecen el límite del acuífero se consideran con una conductividad hidráulica de 0.0×10^0 m/día.

Descripción del modelo de simulación del AG

Para simular el flujo de agua subterránea en el AG se empleó el MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005) mediante la interfaz ModelMuse (Winston, 2009) y se utilizó como base el modelo de flujo de agua subterránea reportado por Campos-Gaytán et al. (2014). Ellos describen el modelo conceptual del AG como un acuífero libre de medio heterogéneo sobre un fondo impermeable de topografía irregular, con flujo horizontal en régimen transitorio; cuyas fronteras que limitan el dominio de flujo en todas direcciones se consideran como fronteras de flujo nulo, con excepción de una sección de la frontera sur, la cual se consideró con un nivel freático constante. El AG se alimenta por los escurrimientos del frente de montaña y por la recarga que generan las

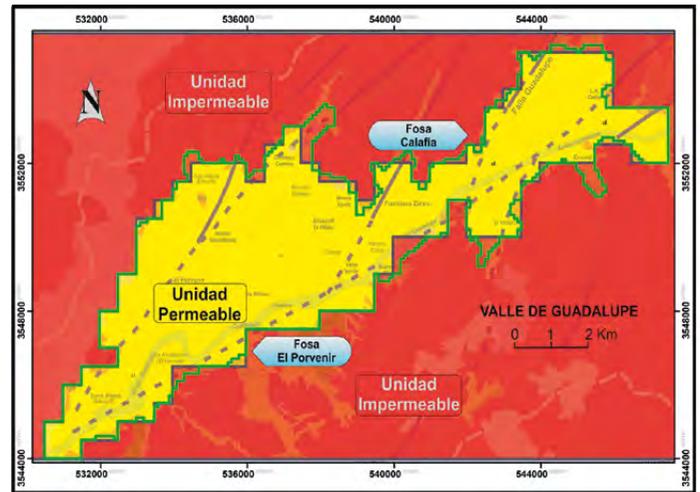


Figura 5. Geología del Valle de Guadalupe y dominio del flujo de agua subterránea (línea en azul oscuro). La línea verde representa la zona activa del modelo considerado en esta simulación. Imagen realizada con información de Campos-Gaytán et al. (2014).

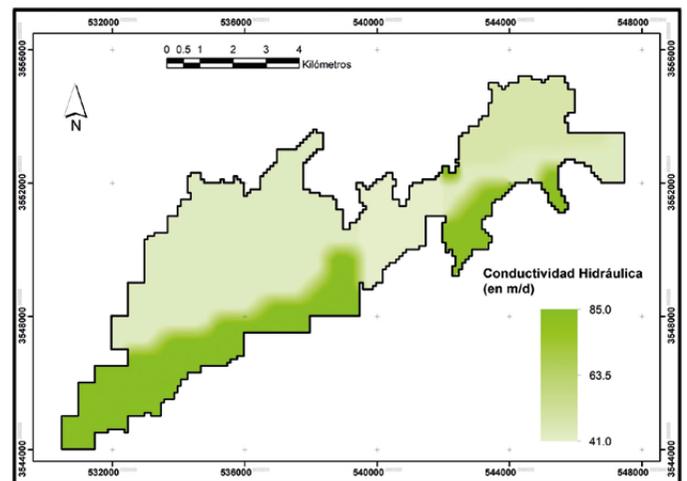


Figura 6. Conductividades hidráulicas (m/día) utilizadas en la simulación del flujo de agua subterránea en el AG. Elaboración propia.

precipitaciones. Las descargas se componen del escurrimiento natural y las extracciones de los pozos que se ubican en la zona.

Dominio de flujo. La zona de estudio se discretizó en celdas cuadradas con longitudes de 100 m por cada lado, lo que generó una rejilla de 115 renglones, 180 columnas y una capa; se produjeron en total 20,700 celdas, de las cuales 5,600 se consideran activas (figura 7). En la misma figura se incluye la zona de drenes considerada durante el periodo completo de simulación, coincidente con el trazo del arroyo Guadalupe que cruza el acuífero.

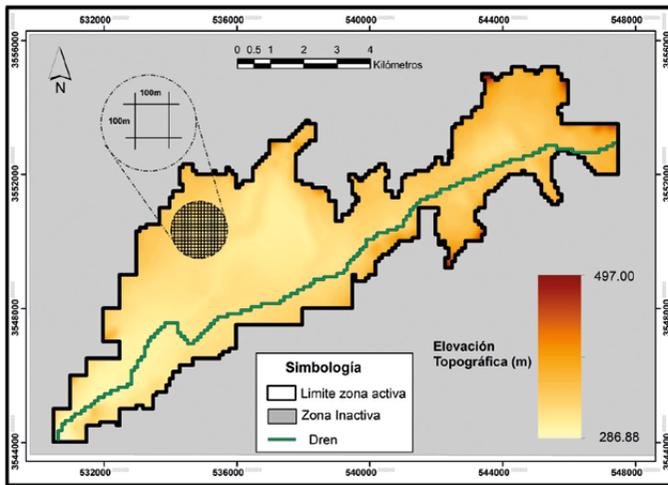


Figura 7. Topografía superficial utilizada durante la simulación del agua subterránea en el AG, elaborada con información del MDE y publicada por el INEGI (s. f.). Trazo del dren incluido en el modelo.

Elaboración propia.

Elevación del terreno natural. Para definir la topografía superficial (figura 7) se utilizó la información publicada por el INEGI (s. f.) a través del MDE extraído del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0), específicamente del área del estado de Baja California. Los espesores del acuífero en la fosa El Porvenir varían entre 15 y 100 m, mientras que en la fosa Calafía entre 50 y 255 m. Estas profundidades están delimitadas por el contacto de la capa acuífera con la roca ígnea situada en el fondo, la cual se considera impermeable (3.7×10^{-7} a 3.7×10^{-3} m/año) (Campos-Gaytán, 2008). La anterior condición también es la que delimita las fronteras de flujo nulo laterales en todas las direcciones.

Recarga y descarga. La recarga de agua subterránea del AG se compone por las precipitaciones presentadas en toda la subcuenca Guadalupe y por los escurrimientos superficiales de la subcuenca Ojos Negros. Durante la simulación se han considerado: 1) La recarga por infiltración en la zona activa del modelo como un porcentaje de la precipitación directa en el acuífero (10%), y otro porcentaje para la recarga por el frente de montaña (7%). Este último se refiere a la precipitación presentada en el resto de la subcuenca Guadalupe y se considera como recarga en celdas perimetrales del modelo. 2) El volumen de agua registrado como escurrimiento superficial en la estación Agua Caliente, proveniente de la subcuenca Ojos Negros, se incluyó de manera directa como recarga del AG en las celdas ubicadas en el margen noreste. La

distribución de la recarga se muestra en la figura 8, y en ella se indica el porcentaje de recarga por el frente de montaña que corresponde a cada zona. Por la zona (h) se recarga 100% del escurrimiento superficial proveniente de la Ojos Negros.

El primer factor considerado como descarga de agua subterránea durante los estados estacionario y transitorio es la evapotranspiración ocurrida en el AG; para eso se han tomado en cuenta los valores de 60 mm/año, para las zonas donde predomina la vegetación que alcanza en promedio los 3 m de altura (árboles de olivo en su mayoría) y 240 mm/año para zonas donde la vegetación predominante es de mucha menor altura (vid, forrajes, hortalizas y alfalfa), determinados por Campos-Gaytán (2008) (figura 8).

El segundo de los factores considerados para la descarga del modelo son los pozos de extracción y norias ubicadas dentro de la zona acuífera. Estas obras representan un volumen de extracción promedio de 28 Mm³/año, utilizado principalmente para uso agrícola (~20 Mm³/año) y el resto para suministro a la ciudad de Ensenada.

Mediciones del nivel freático en el AG. Durante el periodo comprendido desde 1978 hasta 1983 se registraron lluvias superiores al promedio anual en esta región. La recarga del AG por la infiltración

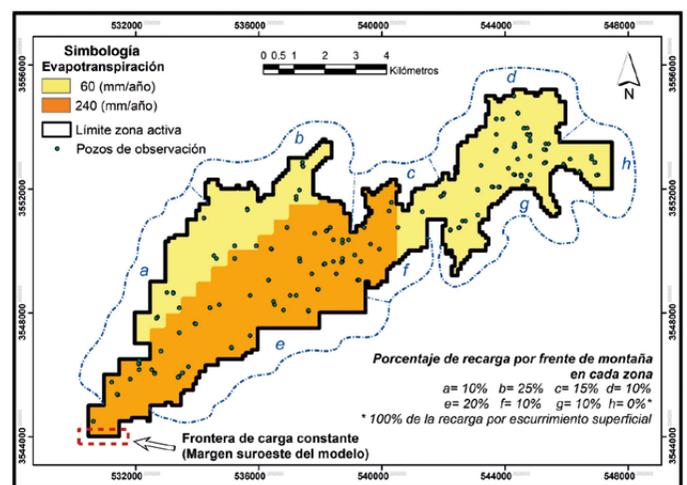


Figura 8. Distribución de la recarga por el frente de montaña considerada durante la simulación del agua subterránea en el AG. Tasa de pérdidas por evapotranspiración y ubicación de pozos de observación considerados para calibrar el modelo de agua subterránea en el AG. Localización de la frontera de nivel freático constante en el margen suroeste del modelo. Elaboración propia.

producto de dicho periodo continuó hasta febrero de 1984, fecha en que se registraron los niveles más altos en pozos monitoreados por la CONAGUA (Campos-Gaytán, 2008). Los niveles freáticos observados en el AG en febrero de 1984 se tomaron como referencia para evaluar la condición estacionaria. Para esto se consideró el registro de 35 pozos ubicados dentro del acuífero (figura 8).

Debido a que a lo largo de 30 años (1977-1998) se observó que en las celdas ubicadas en la salida del AG el nivel freático se ha mantenido constante con una variación de menos de 2 m (Campos-Gaytán, 2008), el margen suroeste se ha considerado como una frontera de carga constante (figura 8). Para la calibración de la condición transitoria se utilizaron los registros de 105 pozos de observación (figura 8).

RESULTADOS

Se realizó la simulación del flujo de agua subterránea en el AG en los estados estacionario y transitorio. Los niveles freáticos simulados para la condición estacionaria se compararon con las elevaciones observadas en febrero de 1984, que varían entre los 285 m.s.n.m. al suroeste del dominio de flujo y los 362 m.s.n.m. al noreste. De la comparación de niveles freáticos calculados contra los observados se concluye que el ajuste vertical presentado es aceptable, y que el comportamiento del flujo de agua subterránea se logra reproducir satisfactoriamente con este modelo propuesto (figura 9). En cuanto a la condición transitoria los resultados del modelo de simulación para noviembre de 2008 se muestran en la figura 10 y se considera que, al igual que en la condición estacionaria, se logra reproducir de manera satisfactoria el comportamiento hidráulico observado en el acuífero.

En la figura 11(a) se muestra la relación entre los niveles freáticos observado y simulado por el modelo, donde la mayoría coinciden con o se encuentran muy próximos a la línea de 45°. En la figura 11(b) se muestran los volúmenes resultantes de la simulación del flujo de agua subterránea en

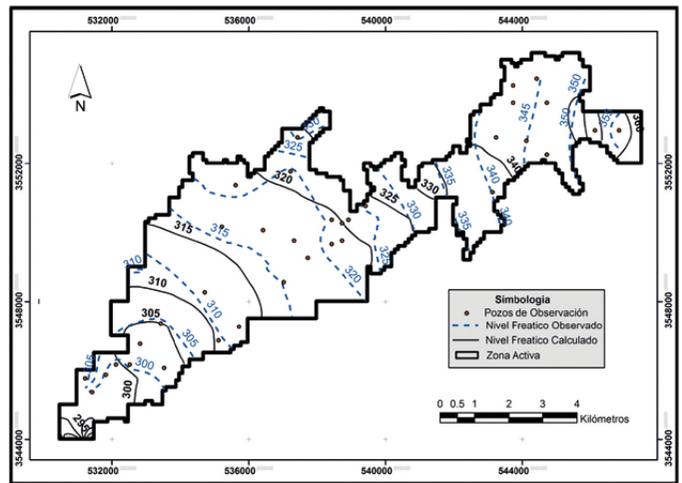


Figura 9. Niveles freáticos observado y simulado correspondientes a la fecha fijada como estado estacionario (febrero de 1984). Elaboración propia.

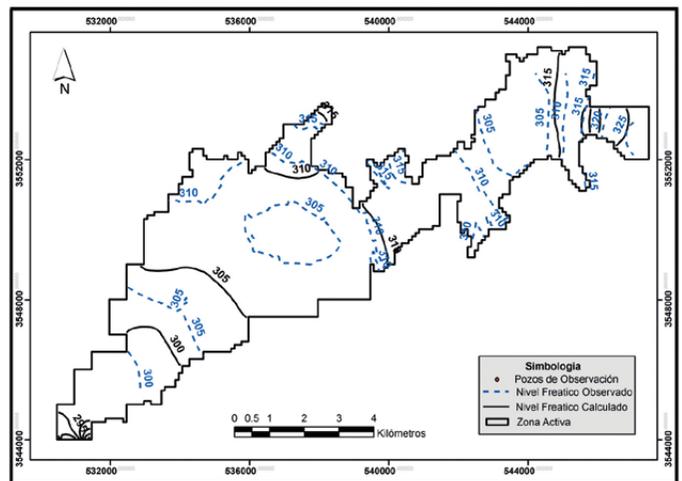


Figura 10. Niveles freáticos calculado y observado correspondientes a noviembre de 2008 en condiciones transitorias. Elaboración propia.

el AG en los estados estacionario y transitorio. Se puede observar que un volumen considerable de agua sale del acuífero por los pozos incluidos en el modelo, de una magnitud similar al que ingresa (recarga) al acuífero.

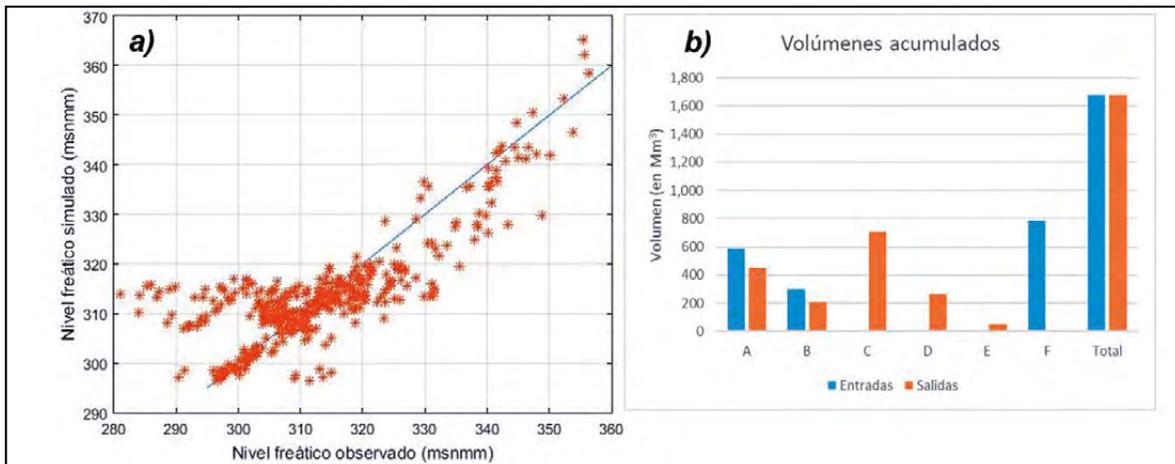


Figura 11. a) Diagrama de dispersión de la elevación de los niveles freáticos observado vs. simulado para la condición transitoria. b) Volúmenes totales para las variables que integran la ecuación de balance durante la simulación del agua subterránea en el AG en estado transitorio a diciembre de 2008 (A= Almacenamiento, B= Carga constante, C= Pozos, D= Drenes, E= Evapotranspiración, F= Recarga).

Elaboración propia.

Tabla 1
Estadísticos de resultados, observado vs. simulado

Condición de simulación	RMSE (m)	Residual Máximo (m)	Residual Mínimo (m)
Estado estacionario	3.25	+14.40	-0.190
Estado transitorio	8.36	-32.94	-0.003

Nota: Elaboración propia.

Para el análisis de los resultados se utilizó el error cuadrático medio (RMSE, por sus siglas en inglés) como estadístico para comparar el ajuste que presenta el modelo. En la tabla 1 se muestra el RMSE y los residuales máximo y mínimo obtenidos (diferencia entre los niveles freáticos observado y simulado).

DISCUSIÓN

En los resultados se observa que la magnitud de agua que sale del acuífero por los drenes en condiciones estacionarias es cuantiosa (74% de las salidas del modelo), lo cual podría obedecer a que el acuífero en febrero de 1984 se encontraba en su capacidad máxima, debido a las lluvias extraordinarias presentadas en años inmediatos anteriores, por lo que el agua alcanza la elevación a la que los mismos entran en operación.

Por otra parte, el volumen de recarga generado por los escurrimientos superficiales provenientes de la subcuenca Ojos Negros representa 40% de la recarga total del AG, por lo que resultaría conve-

niente la construcción de obras que permitan la retención de tales escurrimientos en la zona del acuífero para la recarga del mismo, lo que evita que este volumen se desaproveche si continúa su recorrido libre hasta su desembocadura en el océano.

Un modelo generado mediante MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005), software tan popular entre los investigadores en la actualidad, permite contar con una herramienta que puede ser compatible con programas de computadora especializados en otro tipo de problemática, por ejemplo, SUTRA (Voss & Provost, 2010), utilizado para transporte de solutos y energía, o GWM (Ahlfeld et al., 2009), empleado para la optimización del recurso hídrico en acuíferos. Además, el MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005), mediante la interfaz ModelMuse (Winston, 2009), permite la inclusión de información de tipo *ShapeFile*, formato mediante el cual se incluyó el MDE.

En comparación con lo publicado por Campos-Gaytán et al. (2014), la condición estacionaria en cuanto al RMSE mejoró de 5.70 m a 3.25 m (>2.0 m de diferencia), como consecuencia de las modificacio-

nes realizadas con respecto al porcentaje de agua que se infiltra por el frente de montaña, tamaño de las zonas de recarga, mayor resolución en el número de celdas y reubicación del trazo de las celdas con dren (georreferenciado sobre el arroyo Guadalupe). En cuanto a la recarga por frente de montaña se modificó no solamente el porcentaje de 5% utilizado en el modelo de Campos-Gaytán (2008) a 7% para el actual modelo, además se consideró que este porcentaje se refiere a la precipitación que se presenta únicamente en el resto de la subcuenca Guadalupe, no al resto de la cuenca Guadalupe (subcuencas Ojos Negros-Real del Castillo). La georreferenciación del modelo también representa una ventaja, tanto para el manejo de la información como para su futura inclusión; es decir, si se requiere incluir pozos de observación, extracción o de otro tipo, se puede realizar con las coordenadas tomadas directamente en campo. Por otra parte, en la condición transitoria se alcanzó un valor para el RMSE de 8.36 m (evaluando el periodo 1984-2008) en comparación con los 7.1 m establecidos previamente por Campos-Gaytán et al. (2014) al evaluar el periodo 1984-2005.

En el diagrama de dispersión algunos puntos muestran un desfase con respecto a la línea de 45°, lo que podría obedecer a una situación muy específica referente a diferencias en las cotas de nivel topográfico de pozos de observación que presentan dos fuentes de información utilizadas para el diseño de este modelo. Por ejemplo, consideremos el caso del pozo de observación denominado VG2052, ubicado al noreste del modelo, cuya cota publicada por Campos-Gaytán (2008) indica que el brocal se encuentra a 355 m.s.n.m. y georreferenciándolo en el modelo aquí presentado se encuentra a 327 m.s.n.m. (INEGI, s. f.). Lo anterior podría generar errores en el ajuste del modelo, ya que esta información se toma en cuenta para establecer el nivel freático observado para determinada fecha.

Otro motivo que podría generar diferencia entre lo simulado por el modelo y lo observado en campo es un error en la medición al momento de capturar o procesar la información, no solo en relación con el ajuste del modelo. Debido a lo anterior sería recomendable realizar una revisión exhaustiva a las zonas que presenten mayor diferencia de nivel topográfico entre lo publicado por el INEGI y lo realizado físicamente por las dependencias locales.

Algo más a destacar en comparación con lo publicado por Campos-Gaytán et al. (2014) acer-

ca de la obtención de un nivel freático subestimado para la fosa Calafia es que dicha situación se ha revertido en esta simulación. Esto puede obedecer a modificaciones hechas al modelo, como la nueva distribución de la recarga y el incremento en el volumen anual de recarga promedio (el cual pasó de 29 a 31 Mm³ en este trabajo).

El modelo representa de manera precisa y satisfactoria el comportamiento del AG en los estados estacionario y transitorio, lo cual permite estimar parámetros como conductividad hidráulica, evapotranspiración y características de los drenes, apegadas a lo que sucede en campo y útiles para otros estudios en la región. Sin embargo, existen factores que limitan los alcances del modelo, entre ellos la falta de un registro constante del nivel freático. A pesar de que en fechas recientes se ha llevado a cabo un registro anual del nivel freático por parte de comités locales (COTAS del Valle de Guadalupe), la información histórica carece de constancia en cuanto a pozos monitoreados; es decir, en ocasiones las mediciones no se realizan en los mismos pozos y algunas lecturas tienen tres años de diferencia entre sí.

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo la simulación numérica del flujo de agua subterránea en el AG, tanto en estado estacionario como transitorio, mediante el software MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005) y su interfaz ModelMuse (Winston, 2009), misma que reproduce satisfactoriamente la configuración del nivel freático observado desde febrero de 1984 hasta diciembre de 2008. Con respecto al comportamiento del modelo se concluye que: 1) la recarga que ingresa por las celdas al noreste de la rejilla, debido a los escurrimientos superficiales proveniente de las subcuencas Ojos Negros-Real del Castillo, representa la recarga de mayor magnitud para el modelo; 2) la descarga principal del modelo se realiza por drenes; 3) la modificación del criterio para establecer la recarga por el frente de montaña y la discretización del modelo a un número mayor de celdas (con tamaño de 100 m x 100 m) mejoraron el ajuste vertical entre los niveles freáticos simulado y observado en los pozos utilizados para la calibración del modelo en condición estacionaria. El ajuste obtenido en condición transitoria es similar al obtenido por Campos-Gaytán (2008), quien utilizó criterios de modelado (tamaño de la discretización y recarga) diferentes a los empleados en este trabajo.

Contar con modelos de este tipo permite a las instituciones encargadas de gestionar los recursos hídricos conocer el comportamiento del flujo de agua subterránea en el acuífero, lo cual podría implementarse como criterio al momento de tomar

decisiones que beneficien la disponibilidad de agua para las distintas actividades que del mismo dependen. Hoy día se cuenta con un modelo del AG que puede servir como base para estudiar e implementar una estrategia óptima de manejo del acuífero.

REFERENCIAS

- Ahlfeld, D. P., Baker, K. M., & Barlow, P. M. (2009). *GWM-2005—A Groundwater-Management Process for MODFLOW-2005 with Local Grid Refinement (LGR) capability*, U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6—A33. Reston, Virginia, US: US Department of the Interior-US Geological Survey.
- Camacho Garza, A. (2016). *Análisis de las estrategias de adaptación a la escasez hídrica de las empresas vitivinícolas del Valle de Guadalupe*, B. C. (Tesis de maestría). Recuperada de <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2016/12/TESIS-Camacho-Garza-Abraham.pdf>
- Campos-Gaytán, J. R. (2008). *Simulación del flujo de agua subterránea en el acuífero del Valle de Guadalupe, Baja California, México* (Tesis doctoral). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Ensenada, B. C., México.
- _____ & Kretzschmar, T. (2006). Numerical understanding of regional scale water table behavior in the Guadalupe Valley aquifer, Baja California, Mexico. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 3(3), 707-730.
- Campos-Gaytán, J. R., 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.
- Comisión Estatal del Agua de Baja California. (s. f.). *Informes mensuales de diciembre de 2011 y de diciembre de 2016*. Recuperados de <http://www.cea.gob.mx/indicadores.html>
- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Ubicación de aprovechamientos subterráneos y cuencas hidrográficas* [Base de datos]. Recuperado de <http://siga.conagua.gob.mx/REPDA/Menu/MenuKMZ.html>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2004). *Mapa base a nivel estatal. Formato vectorial* [Mapa con ficha informativa]. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/mbaprgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- Dentoni, M., Deidda, R., Paniconi, C., Qahman, K., & Lecca, G. (2015). A simulation/optimization study to assess seawater intrusion management strategies for the Gaza Strip coastal aquifer (Palestine). *Hydrogeology Journal*, 23(2), 249-264.
- Harbaugh, A. W. (2005). *MODFLOW-2005, The US Geological Survey modular ground-water model: The ground-water flow process*. Techniques and Methods 6-A19. Reston, VA, US: USGS.
- 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.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s. f.). *Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0* [Base de mapas descargables]. Recuperada de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/descarga.aspx>
- König, C. M., Becker, M., Diehl, A., Seidel, T., Rosen, B., Rüber, O., & Zimmermann, C. (2017). *SPRING Simulation of Processes in Groundwater. User Manual*. Witten, Alemania: delta-h Ingenieurgesellschaft mbH.
- Secretaría de Fomento Agropecuario de Baja California. (s. f.). *Sistema de información para el manejo de agua de riego en Baja California* [Base de datos interactiva]. Recuperado de <http://www.simarbc.gob.mx/#home>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican. *Diario Oficial de la Federación*, 20 de diciembre de 2013.
- Villarreal Rodríguez, S. (2012). *Variabilidad interanual de la evapotranspiración en dos ecosistemas semiáridos con patrones de precipitación distintos* (Tesis de maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Ensenada, B. C., México.
- Voss, C. I., & Provost, A. M. (2010). *SUTRA: A model for saturated-unsaturated variable-density ground-water flow with solute or energy transport*. Reston, VA, US: US Geological Survey.
- Winston, R. B. (2009). *ModelMuse—A graphical user interface for MODFLOW—2005 and PHAST*. Reston, VA, US: US Geological Survey.

Gestión del conocimiento y su influencia sobre el desempeño organizacional en las empresas de Aguascalientes

Knowledge management and its influence on organizational performance in Aguascalientes companies

Patricia Janet Padilla-Ornelas*, Ma. del Carmen Martínez-Serna**✉

Padilla-Ornelas, P. J., & Martínez-Serna, M. C. (2018). Gestión del conocimiento y su influencia sobre el desempeño organizacional en las empresas de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 55-65.

RESUMEN

Este estudio tiene como propósito analizar la influencia de la gestión del conocimiento sobre el desempeño de pequeñas, medianas y grandes organizaciones establecidas en el estado de Aguascalientes. Se realizó una investigación cuantitativa, exploratoria, no experimental a 206 empresas del sector industrial, comercio y servicios. Se aplicaron cuestionarios personales a directivos, gerentes o propietarios de las unidades económicas. El análisis de los datos se realizó mediante la técnica estadística de ecuaciones estructurales (SEM). Los resultados obtenidos permiten concluir que, si se tiene una cultura que permita políticas y estrategias para gestionar adecuadamente el conocimiento, se entrena a los empleados, mejora en consecuencia el desempeño de las organizaciones. Sin embargo, a los empleados no les gusta compartir sus conocimientos por temor a perder su trabajo.

Palabras clave: gestión del conocimiento; desempeño organizacional; recursos y capacidades.

Keywords: knowledge management; organizational performance; resources and capabilities.

Recibido: 23 de febrero de 2018, aceptado: 6 de agosto de 2018

* Departamento de Comunicación, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: pjpadi@correo.uaa.mx

** Departamento de Mercadotecnia, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: mcmartin@correo.uaa.mx

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the influence of knowledge management on the performance of small, medium and large organizations established in the state of Aguascalientes. Quantitative research was carried out on 206 companies from the industrial, commerce and services sector. The methodology consisted of applying personal questionnaires to chairman, managers or owners of the economic units. The data were analyzed using the statistical technique of modeling structural equations (SEM). The results obtained allow us to conclude that, we have a culture that allows policies and strategies to manage knowledge appropriately, and that if we train employees, therefore the performance of organizations improves. However, employees do not like to share their knowledge because of the fear of losing their jobs.

INTRODUCCIÓN

Una preocupación actual de los empresarios es lograr estrategias efectivas que permitan enfrentar los cambios tecnológicos, económicos y sociales que repercuten en el ámbito competitivo. Buscan desarrollar alternativas que les dejen manejar de forma más efectiva su negocio para obtener mejores resultados; saben que el recurso más valioso del que disponen para lograrlo son sus empleados, por lo que es necesario contar con personas preparadas, competitivas, dispuestas a compartir sus conocimientos en favor de la organización. El Foro Económico Mundial, en inglés World Economic Forum (WEF, 2015), en su reporte de competitividad global, establece que las organizaciones deben hacer frente a los nuevos desafíos recurriendo a

sus recursos intangibles que se convertirán en los elementos diferenciadores.

El objetivo de esta investigación fue analizar la influencia de la gestión del conocimiento sobre el desempeño de pequeñas, medianas y grandes organizaciones establecidas en el estado de Aguascalientes. La cuestión es cómo mejorar las capacidades organizacionales para hacer que el desempeño de los empleados sea constante y de este modo generar competitividad sostenible en un entorno que cambia constantemente.

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera: se realiza un análisis de marco teórico, aborda la teoría de recursos y capacidades para sustentar las variables, el desarrollo conceptual de la GC y el DO, y las dimensiones que conforman cada constructo. Se hace una revisión empírica en empresas del estado de Aguascalientes, se muestran y discuten los resultados. Por último, se presentan las conclusiones y una propuesta para futuras líneas de investigación.

En esta *sociedad del conocimiento*, como la llama Peter Drucker (1997), pionero en esta teoría, se ha postulado que los medios de producción están cambiando; ya no se concentran en la tierra, trabajo y capital, como se establecía tradicionalmente en la teoría económica. Ese lugar lo ha tomado el conocimiento, la información que posee cada individuo y la forma en que lo utiliza en su organización. Estas están cambiando hacia sistemas basados en el conocimiento, utilizando prácticas de GC para mejorar su competitividad (Guillén, 2000; Mills & Smith, 2011). De este modo, la gestión del conocimiento (GC) retoma importancia en el quehacer empresarial considerando acciones intangibles, pero con repercusiones importantes en los resultados de la empresa. El término GC se refiere a la creación, evolución y administración del conocimiento desde que se genera hasta que se emplea en una organización. Es un constructo hasta cierto punto poco explorado en la realidad organizacional de México. Sin embargo, a pesar de la importancia de la estrategia de gestión del conocimiento y de las evidencias sobre su contribución al desempeño empresarial, hay poca investigación empírica sobre la elección de las estrategias al respecto (Barroso Tanoira, 2011; Choi & Lee, 2002; Giampaoli, Ciambotti, & Bontis, 2017).

En términos conceptuales, de acuerdo con Malhotra, Gosain y Sawy (2005) la GC es un proceso or-

ganizacional específico, sistémico, que permite adquirir, organizar y comunicar el conocimiento de un empleado a otro para que este pueda hacer uso de ese conocimiento y lograr mejores resultados; es decir, sean más eficaces y productivos. El conocimiento es un recurso intangible que tiene fundamento en la teoría de los recursos y capacidades al ser una fuente de ventaja competitiva, única y valiosa.

La literatura hace referencia a dos tipos de conocimiento: el tácito (individual) y el explícito (organizacional), cada uno debe favorecer a la creación de la ventaja competitiva; esto es, el conocimiento es un elemento diferenciador que permite a una empresa construir su ventaja competitiva (Navarro de G., 2007). El conocimiento tácito es subjetivo, complejo, relacionado con las percepciones e intuiciones de los empleados, depende de los individuos transmitirlo o compartirlo o no con su organización. Mientras que el conocimiento explícito es fácilmente expresado, capturado y difundido (manuales, libros, etc.), por lo que diversos autores hacen énfasis en la importancia del conocimiento tácito en la creación de la ventaja competitiva (Grant, 1996; Nonaka & Takeuchi, 1995).

Basados en esta premisa, la GC se ha medido de distintas maneras, considerando diversas fases y actividades; el modelo de Easterby-Smith y Prieto (2008) considera cuatro fases: capturar, elaborar, transmitir, almacenar y compartir el conocimiento. Bozbura (2007) se basa en la propuesta de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, en inglés Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 2003), que comprende cuatro fases: entrenamiento y dirección de los empleados, políticas y estrategias para gestionar el conocimiento, adquisición y captura del conocimiento externo y la última fase que se refiere a los efectos de la cultura organizacional.

El conocimiento humano cobra importancia en el ámbito de los negocios y del desarrollo social (Nonaka & Takeuchi, 1995) y lo hace con una finalidad: mejorar los resultados de la organización. Las empresas sin importar su sector de actividad o tamaño buscan obtener el máximo beneficio, así, el desempeño organizacional (DO) es un factor clave, se considera prioritario en términos de rendimiento y logro de resultados, a partir de esta premisa se implementan distintas estrategias. Si bien no existe un consenso sobre la definición de DO, es un tema importante para investigadores y empresarios. Ca-

misión Zornoza y Cruz Ros (2008) hacen referencia a que estas diferencias sobre el contenido, las dimensiones para medirlo no han permitido su consolidación teórica y empírica. A pesar de estas diferencias, la literatura señala que se aborda desde dos perspectivas: una general, partiendo de la teoría de la administración, o bien, particular, considerando la teoría de la estrategia.

Esta investigación retoma la propuesta de Wu y Chen (2014), al considerar acciones integrales de la organización como el nivel de satisfacción de sus clientes, el desempeño productivo de la organización, la calidad de sus productos y las utilidades percibidas.

Existe evidencia de que el desempeño mejora si se gestiona y aplica el conocimiento que se genera en la organización (Barroso Tanoira & Córdova Buenfil, 2013; Darroch, 2005; Estrada & Dutrénit, 2007, Giampaoli et al., 2017). El conocimiento puede generarse al interior de la empresa o se adquiere del exterior; no importa cómo se construya, si se gestiona adecuadamente facilita la alineación de los procesos, el logro de objetivos y la consecución de los resultados. La evidencia empírica muestra que los recursos intangibles favorecen el desempeño competitivo (Estrada & Dutrénit, 2007). Investigaciones previas señalan que para obtener buenos resultados no solo dependen de la correcta utilización de sus activos físicos, sino también de la adecuada gestión de los recursos y capacidades (Lee & Sukoco, 2007; Mills & Smith, 2011).

Wu y Chen (2014) hacen una propuesta para medir el desempeño organizacional como consecuencia de la GC. Los estudios empíricos han encontrado poca o ninguna mejora a pesar de grandes inversiones en sistemas de TI, rediseños de procesos internos y externos (Bogner & Bansal, 2007; Kulkarni, Ravindran, & Freeze, 2006). El desempeño organizacional también se define como una construcción formativa con los cuatro indicadores de desempeño: excelencia operacional, liderazgo de producto, satisfacción del cliente y logro financiero (Wu & Chen, 2014). Tanto la GC como el DO se han posicionado como conceptos importantes en los últimos 15 años; por tanto, se basa en la teoría de los

recursos y capacidades (RBV) al considerar elementos en su mayoría intangibles. No podemos hablar de RBV sin considerar el trabajo de Barney (1991), donde señala que cada organización posee recursos y capacidades de conocimiento, raros, valiosos y no sustituibles, que son los que utiliza para lograr una ventaja competitiva sostenible.

Si se toman como referencia los trabajos de Penrose (1959), así como de Nelson y Winter (1982), sus postulados permiten argumentar que el conocimiento es un recurso en sí mismo, que si se gestiona de manera adecuada permitirá hacer mejor uso de los recursos disponibles de la compañía y, en consecuencia, convertir esos recursos en capacidades. La importancia de cada uno de estos elementos intangibles ha favorecido el logro de importantes cambios en las empresas actuales que han permitido mejorar la oferta de bienes y servicios capaces de crear ventajas competitivas. Cuantos más recursos intangibles tenga una empresa mayor será su posibilidad de crear valor y, con ello, lograr estas ventajas competitivas (Lev, 2004; Seeley & Dietrich, 2000).

En la literatura se aborda el vínculo de gestión del conocimiento con el desempeño organizacional que mostró resultados empíricos positivos, como en Darroch (2005), en México Estrada y Dutrénit (2007), Giampaoli et al. (2017) y Migdadi, Zaid, You-sif y Almestarihi (2018). Los resultados señalan que las prácticas de GC favorecen la calidad de conocimiento que se genera, así como la integración de empleados y socios de la cadena de suministro, lo que conduce a un mejor desempeño organizacional. Diversos estudios a nivel internacional han dado muestra de la importancia de la GC, cuyos hallazgos han permitido corroborar que las empresas que implementan dichas prácticas obtienen mejores resultados en comparación con sus competidores (Palacios Marqués & Garrigós Simón, 2006; Wu & Hu, 2012). Basados en estas investigaciones se plantea la hipótesis a evaluar:

H₁: La gestión del conocimiento influye de manera positiva y significativa en el desempeño organizacional en las empresas del estado de Aguascalientes.

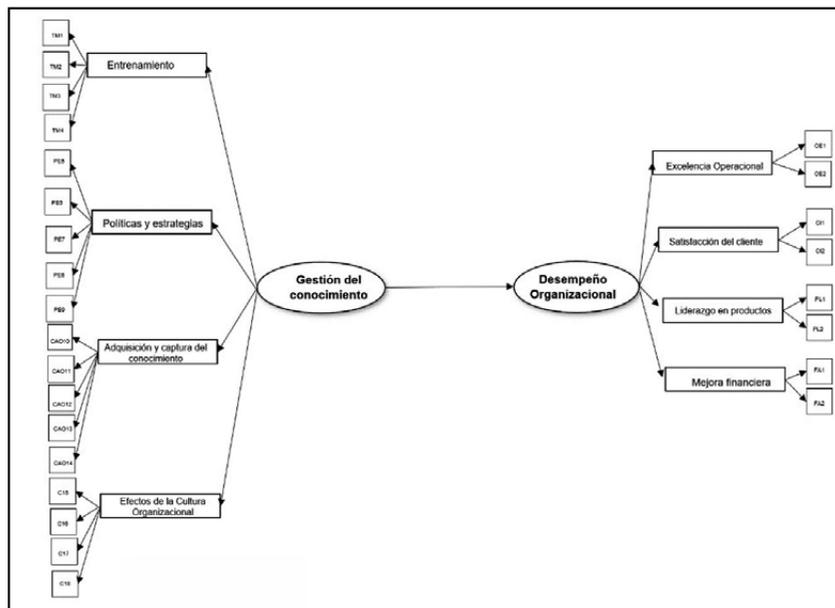


Figura 1. Modelo de investigación.
Elaboración propia.

En la figura 1 se puede observar el modelo de investigación.

El modelo está conformado por dos constructos de investigación; el primero, GC que se mide a partir de cuatro dimensiones y se relaciona con el DO, que se mide con cuatro dimensiones, mismas que se explicarán más adelante.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es cuantitativa, utiliza la encuesta para obtener información y medir ambos constructos. El estudio es ubicado en un nivel organizacional; es decir, la información que se obtiene es a partir de la percepción de los gerentes o directores de las empresas sujeto de estudio. Se desarrolló un muestreo por conveniencia dado que este método de acuerdo con Rodríguez, Pierdant y Rodríguez (2014) se aplica cuando la opinión sobre un tema es de suma importancia, por lo que los sujetos de investigación deben cumplir ciertos criterios, donde los participantes tuvieran conocimiento del tema y tomaran decisiones en sus empresas. Sin embargo, Rodríguez et al. (2014) advierten que bajo este método las muestras no son representativas, por lo que no es correcto hacer inferencias de la población total.

El trabajo de campo se llevó a cabo durante 7 meses, en el periodo comprendido desde enero

hasta julio de 2017. Los cuestionarios se entregaron personalmente a 300 directores o propietarios de las empresas. Con cada cuestionario se incluyó una carta de presentación y confidencialidad sobre el tratamiento y difusión de los datos (resultados). Se dio seguimiento telefónico y se recogieron de manera personal. El margen de respuesta fue de 68%, esto equivale a 206 empresas, 72 pertenecen al sector Industrial. Las características que debían reunir para ser consideradas en el estudio fueron tener más de 10 empleados, estar en funcionamiento y ubicadas en el estado de Aguascalientes, México.

Los programas informáticos de elección fueron el SPSS 23 y el SPSS AMOS (Analysis of Moment Structures). El instrumento está conformado por dos escalas que han sido probadas y validadas en otros contextos. Para medir gestión del conocimiento se utilizó la escala de Bozbura (2007) y para medir desempeño organizacional la propuesta por Wu y Chen (2014), que fue diseñada específicamente para medir el impacto de la GC. Se utilizó una escala tipo Likert de siete posiciones que van desde (1) *total desacuerdo* hasta (7) *totalmente de acuerdo*.

En cuanto a la gestión del conocimiento se evaluó la forma en que se genera, adquiere y transmite el conocimiento en la empresa a partir de 18 indicadores, divididos en cuatro dimensiones: entrenamiento y dirección de los empleados (cuatro ítems), políticas y estrategias para gestionar

el conocimiento (cinco ítems), adquisición y captura del conocimiento externo (cinco ítems) y la última dimensión se refiere a los efectos de la cultura organizacional (cuatro ítems). Asimismo, se midió el desempeño organizacional desde el punto de vista subjetivo a partir de cuatro dimensiones y ocho ítems. Los encuestados contestaron a partir de su experiencia cómo ha sido su desempeño productivo (dos ítems), el nivel de satisfacción de sus clientes (dos ítems), la calidad de sus productos (dos ítems), así como las utilidades o ingresos percibidos (dos ítems).

Para analizar los datos se recurrió a distintas pruebas para determinar validez y fiabilidad del instrumento. De acuerdo con Vila López, Küster Boluda y Aldás Manzano (2000), una escala debe contener dos propiedades psicométricas: fiabilidad y validez. La primera es necesaria para el uso de un instrumento. Haertel (2006) refiere que la fiabilidad se determina por los valores observados en una variable aleatoria consistente en todas las posibles puntuaciones que se consiguen de forma repetida en la recolección de la información. Prieto y Delgado (2010) refieren la importancia de tener en cuenta que la fiabilidad de un instrumento se puede ver afectada por factores como la población o las condiciones en las que se realice la investigación.

Uno de los índices más recurrentes para determinar la fiabilidad es el valor del α de Cronbach, que de acuerdo con Hair, Black, Babin y Anderson (2010) debe ser mayor que 0.50. Si bien esta es la prueba más usual, no es contundente, puesto que no considera la influencia del resto de variables. Con la finalidad de corroborar y asegurar la consistencia interna de los datos se realizaron otras pruebas de fiabilidad para cada una de las escalas. Fornell y Larcker (1981) proponen un cálculo adicional cuando se tienen dos o más variables en el modelo, proponen el Índice de Fiabilidad Compuesta (IFC) con valores por encima del 0.70 para cada variable, así como el Índice de la Varianza Extraída (IVE), cuyo valor debe ser igual o mayor que 0.50. Para esta investigación se utilizan los tres índices para medir la fiabilidad de escalas.

Se verificó la validez del instrumento de la siguiente forma: la validez convergente mediante el análisis de cargas factoriales, que deben ser significativas y estar por arriba de 0.70 (Anderson

& Gerbing, 1988). Posteriormente, se comprobó la discriminante mediante el test de la Varianza Extraída del instrumento de recolección de datos, tomando como criterio que el IVE de los dos factores debe ser mayor que el cuadrado de la correlación entre dichos factores. En este estudio se utilizó el modelado de ecuaciones estructurales (SEM) para analizar la relación de GC-DO. El método SEM permite un análisis de factores, de covarianzas y el análisis factorial confirmatorio. Además, este método combina la información de causa-efecto con datos estadísticos, de los que si son significativos se puede precisar que la construcción teórica es válida; es decir, proporciona guías para la aplicación del modelo a la realidad.

Se aplicó el modelado de ecuaciones estructurales (SEM) para poder determinar la influencia que ejerce la gestión del conocimiento en el desempeño de las empresas en el estado de Aguascalientes y, de esta manera, establecer de acuerdo con el ajuste del modelo qué tanto la teoría investigada está representada en la realidad de la muestra.

Los resultados de las pruebas de confiabilidad y validez convergente de este estudio se encuentran en la tabla 1. Para determinar la fiabilidad, los valores de alfa de Cronbach (α) para cada una de las escalas gestión del conocimiento y desempeño organizacional son superiores a .591, por lo que las mismas cumplen con el requisito establecido por Bernstein y Nunnally (1994), lo que demuestra consistencia interna. Se desarrolló una segunda prueba para verificar la fiabilidad de las escalas a utilizar, los resultados de la prueba IFC (ver tabla 1), los cuales fueron superiores a 0.7, lo que cumple con los rangos establecidos por la teoría de Fornell y Larcker (1981).

El test de la validez convergente se llevó a cabo mediante la comprobación de cargas factoriales con valores iguales o mayores a 0.7 (Anderson & Gerbing, 1988). El análisis de cargas factoriales en cada dimensión permite corroborar cargas factoriales superiores a .70, por lo que los valores cumplen con el requisito, de igual manera, así se determina que cada ítem mide lo que tiene que medir.

La validez discriminante se determinó mediante el test de la varianza extraída, cuyos resultados se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 1
Prueba de fiabilidad y validez convergente para el modelo de investigación

Constructo	Dimensión	Ítems	Alfa de Cronbach (Dimensión)	Carga Factorial	Valor t robusto	Índice de Fiabilidad Compuesta (IFC)	Índice de la Varianza Extraída (IVE)
Gestión del Conocimiento	Entrenamiento	TM1	0.891	0.898 ***	1.000*	0.906	0.762
		TM2		0.864 ***	19.311		
		TM3		0.817 ***	20.735		
		TM4		0.723 ***	24.671		
	Políticas y Estrategias	PE5		0.819 ***	1.000*	0.925	0.861
		PE6		0.882 ***	12.861		
		PE7		0.713 ***	10.454		
		PE8		0.878 ***	22.895		
		PE9		0.796 ***	17.826		
	Adquisición y Captura del Conocimiento	CAO10		0.814 ***	1.000*	0.911	0.773
		CAO11		0.821 ***	8.567		
		CAO12		0.852 ***	4.561		
		CAO13		0.798 ***	15.972		
		CAO14		0.717 ***	11.087		
Efectos de la cultura organizacional	C15	0.731 ***	1.000*	0.815	0.596		
	C16	0.816 ***	6.875				
	C17	0.754 ***	7.342				
	C18	0.823 ***	13.987				
Desempeño Organizacional	Excelencia Operacional	EO1	0.906	0.836 ***	1.000*	0.882	0.789
		EO2		0.854 ***	25.733		
	Satisfacción del Cliente	CI1		0.817 ***	1.000*	0.873	0.707
		CI2		0.931 ***	24.547		
	Liderazgo en Productos	PL1		0.895 ***	1.000*	0.905	0.623
		PL2		0.912 ***	12.388		
	Mejora Financiera	FA1		0.896 ***	1.000*	0.887	0.702
		FA2		0.839 ***	24.368		

Nota: Medidas de bondad de ajuste: Chi (gl)= 290.582 (136); RMSEA= .039; NFI= .907; CFI= .904; RMR=.030; SRMR= .052. Valores significativos: *= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$.

Elaboración propia con base en los resultados estadísticos.

Tabla 2
Prueba de validez discriminante de las escalas utilizadas en el modelo

	Entrena- miento	Políticas y Estrategias	Adquisición y Captura del conocimiento	Efectos de la cultura organiza- cional	Excelencia operacional	Satisfacción del cliente	Liderazgo en productos	Mejora financiera
1. Entrenamiento	0.762							
2. Políticas y Estrategias	0.380	0.861						
3. Adquisición y Captura del conocimiento	0.296	0.349	0.773					
4. Efectos de la Cultura Organizacional	0.311	0.372	0.361	0.596				
5. Excelencia operacional	0.357	0.301	0.396	0.466	0.789			
6. Satisfacción del Cliente	0.305	0.298	0.246	0.383	0.301	0.707		
7. Liderazgo en productos	0.282	0.195	0.139	0.189	0.103	0.096	0.623	
8. Mejora financiera	0.196	0.127	0.103	0.111	0.166	0.101	0.203	0.702

Nota: Elaboración por parte de los autores a partir de los datos de la muestra.

En la diagonal se encuentran los valores obtenidos para el IVE de cada dimensión, en la parte inferior se muestran valores superiores de la covarianza entre las dimensiones donde no debe existir la unidad; es decir, valor igual a 1 (Anderson & Gerbing, 1988). Los resultados permiten comprobar que cada uno es menor al IVE, así se establece que las dimensiones no ejercen influencia entre sí, miden lo que les corresponde.

Después de comprobar la fiabilidad y validez de las escalas se procedió a verificar el ajuste del modelo, los índices aplicados a esta investigación para medir la bondad de ajuste son, en cuanto a índices absolutos: RMR, SRMR, RMSEA y la razón Chi^2 entre los grados de libertad (Chi^2/gl), así como los índices relativos o de ajuste incremental, que constituyen una comparación entre la Chi^2 del modelo propuesto y la de un modelo nulo en el que las variables no tienen relación entre sí, estos índices son: NFI, NNFI y CFI. Para determinar la bondad de ajuste del modelo, el RMR, cuyo valor debe ser cercano a 0 para indicar un buen ajuste y el SRMR debe estar entre 0 y 1 (Hu & Bentler, 1995).

El valor obtenido con los datos de la muestra para el modelo estructural es un Chi^2/gl igual a 2.13, lo que de acuerdo con Marsh y Hocevar (1985) indica que el modelo tiene un ajuste razonable. Para el índice RMR se consiguió un valor de .030 y de .052 para el SRMR; ambos índices están dentro del rango establecido como bueno, por lo que hay un buen ajuste que explica las correlaciones en un rango de error promedio de .052.

Uno de los índices más contundentes para explicar el ajuste del modelo es RMSEA (Root Mean Square Error of Aproximation), ya que conduce a conclusiones acertadas en relación con la calidad del modelo, para esta investigación el RMSEA tiene un valor de .039.

Los valores para el modelo teórico de investigación están en .900 para el NFI, .907 para el índice NNFI (TLI) y .904 el valor del CFI, lo cual indica que todos los índices están dentro del rango establecido de más de .9 (Bentler, 1990; Byrne, 2013), por tanto, el modelo de investigación tiene un buen ajuste.

Tabla 3
Resultados del modelo global ajustado

Hipótesis	Relación estructural	Coefficiente estandarizado	Valor t robusto	R ²
H ₁ : Existe evidencia suficiente para afirmar que la gestión del conocimiento influye en el desempeño organizacional de las empresas del estado de Aguascalientes.	GC → DO	.796 ***	6.79	.323

Nota: Medidas de bondad de ajuste: Chi (gl)= 290.582 (136); RMSEA= .039; NFI= .907; CFI= .904; RMR=.030; SRMR= .052. *** = p < 0.001.

Elaboración propia con base en los resultados estadísticos.

RESULTADOS

Una vez que se verificó la bondad de ajuste del modelo de ecuaciones estructurales se analizó la relación estructural de GC-DO y los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3.

De acuerdo con los datos obtenidos y presentados en la tabla de resultados (tabla 3), el valor de la carga factorial estandarizada que relaciona la variable de GC con la variable de DO es de .796 y existe un valor *t* robusto de 6.79, el cual es significativo al 0.001. Se obtuvo un coeficiente de determinación (*R*²) de .323, el cual demuestra una relación causal; es decir, que la GC tiene efectos positivos y significativos sobre el DO en las empresas de Aguascalientes. Por ello se acepta la hipótesis planteada H₁: La gestión del conocimiento influye de manera positiva y significativa en el desempeño organizacional en las empresas del estado de Aguascalientes.

Las medidas de bondad de ajuste están en el rango de los parámetros aceptados como buenos; es decir, que la teoría está bien representada en la realidad de la muestra. Los hallazgos de esta investigación permiten establecer que la GC contribuye de manera positiva y significativa con el desempeño general de las empresas.

DISCUSIÓN

Una de las aportaciones más significativas del trabajo de Penrose (1959) está basada en considerar lo que sucede dentro de la empresa, precisamente la perspectiva de este trabajo. La gestión del conocimiento se lleva a cabo mediante el aprendizaje individual, es un proceso organizacional que permite adquirir, organizar y comunicar el conocimiento de un empleado a otro para que estos puedan hacer uso de ese

conocimiento y obtener mejores resultados. Se corrobora lo estipulado en otras investigaciones que establecen una relación positiva entre GC y DO (Darroch, 2005; Estrada & Dutrénit, 2007; Giampaoli et al., 2017; Migdadi et al., 2018).

De acuerdo con los resultados de esta investigación cada empresa posee una serie de recursos y capacidades de conocimiento; sin embargo, no los tiene plenamente identificados por lo que no desarrolla al máximo sus potencialidades, así que debe dedicar esfuerzos a identificar e implementar más prácticas de GC, también a mejorar las capacidades del proceso empresarial y el aprendizaje organizacional para lograr un mejor desempeño (figura 2).

En la presente investigación se ha reflexionado sobre la importancia de los factores intangibles, específicamente del conocimiento y se ha probado estadísticamente que favorece el desempeño organizacional, existe evidencia de que no ha sido así en todos los contextos. Bogner & Bansal (2007) encontraron poca mejoría en esta relación GC-DO.



Figura 2. Grupo de trabajo en el Smart Aquae Campus, de la Fundación Aquae. Imagen tomada de *El País* (21 de mayo de 2016).

En otra investigación realizada por Kulkarni et al. (2006) se establece que no hay evidencia de que la GC mejore el desempeño a pesar de grandes inversiones en sistemas de TI, rediseños de procesos internos y externos. Sin embargo, el número de investigaciones empíricas con evidencia de que la GC mejora el DO es mayor (Palacios Marqués & Garrigós Simón, 2006; Wu & Hu, 2012), por lo que es importante aprender a gestionar adecuadamente el conocimiento en las organizaciones.

CONCLUSIONES

Una vez revisada la teoría y los datos obtenidos mediante las encuestas, fue posible realizar las pruebas de fiabilidad y validez de escalas para determinar la relación directa entre gestión del conocimiento y desempeño organizacional, con escalas propuestas por Bozbura (2007) y Wu y Chen (2014), respectivamente. Es posible concluir que tanto el desempeño organizacional como la gestión del conocimiento se derivan de las prácticas diarias, de acciones, políticas y condiciones en las que se desarrolla la empresa; si la misma está enfocada en sus empleados, su entrenamiento, estrategias y una cultura que favorezca el conocimiento, tendrá un impacto favorable sobre el desempeño financiero, la satisfacción del cliente y la función general de la organización.

La gestión del conocimiento y sus dimensiones (entrenamiento y dirección de los empleados, políticas y estrategias para gestionar el conocimiento, adquisición y captura del conocimiento externo, los efectos de la cultura organizacional) mostraron significancia con el desempeño organizacional de las PyME; esto es, si la empresa gestiona el conocimiento, si entrena, dirige a sus empleados y genera una cultura en la que se generen y compartan los conocimientos, tiene un impacto positivo en el desempeño operacional, la satisfacción del cliente, el liderazgo en productos y, en consecuencia, en el desempeño financiero (Bozbura, 2007; Wu & Chen, 2014).

Los resultados han respaldado la propuesta de Bozbura (2007), la GC parte del entrenamiento y di-

rección del personal; para poder crear nuevo conocimiento, compartir y capitalizar es importante la cultura de cada organización. Es decir, debe favorecer la flexibilidad y capacidad de adaptación a los cambios constantes, no centrados únicamente en las personas, sino también en los procesos y tecnología (Bhatt, 2001). Esta visión contribuye a que el conocimiento se gestione de forma más efectiva.

La investigación empírica muestra que los estudios sobre gestión del conocimiento pueden ser de mucha utilidad en la comprensión del funcionamiento de las organizaciones. Sin embargo, este estudio demuestra que existe una gran necesidad de realizar más estudios que permitan comprender mejor la manera en que el conocimiento se origina, transforma, comparte y aplica en las PyME, así como las prácticas de gestión del conocimiento que se realizan en cada empresa. Por ello se sugiere que las organizaciones deben tener mayor conciencia de la importancia de las cuestiones de GC, su manejo y el impacto que pueden generar en los resultados del negocio. Asimismo, es importante considerar que existe poca literatura con referencia a lo que es o significa gestión efectiva del conocimiento y sobre resultados cuantificables de la gestión del conocimiento sobre el desempeño de las compañías.

Este trabajo contribuye a la escasa investigación empírica sobre la gestión del conocimiento dentro de las empresas en el contexto nacional, además de la repercusión que tiene sobre el desempeño de las organizaciones cuando existe un programa coordinado y bien implementado sin importar el tamaño o tipo de organización. Esta investigación considera una muestra de un estado en particular, por lo que es importante replicar el estudio en otros contextos, tomar en cuenta los factores externos que repercuten en la forma en que las empresas gestionan el conocimiento. En el contexto que vivimos la inestabilidad laboral dificulta la transmisión del conocimiento, hay rotación constante y algunas políticas que castigan o desprecian la experiencia, por lo que es necesario analizar la repercusión de la GC en los sistemas de contratación.

REFERENCIAS

- Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103(3), 411-423. doi: 10.1037/0033-2909.103.3.411
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120. doi: 10.1177/014920639101700108
- Barroso Tanoira, F. G. (2011). *Gestión del conocimiento en empresas y organizaciones sociales productivas exitosas en el estado de Yucatán*. XVI Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática en la UNAM. Recuperado de <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xvi/docs/1M.pdf>
- _____, & Córdova Buenfil, M. N. (2013). *Gestión del conocimiento y desempeño organizacional en micro y pequeñas empresas de poblaciones del interior del estado de Yucatán*. Avance de investigación. XVIII Congreso Internacional de Contaduría Administración e Informática. Recuperado de <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xviii/docs/1.13.pdf>
- Bentler, P. M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin*, 107(2), 238-246. doi:10.1037/0033-2909.107.2.238
- Bernstein, I. H., & Nunnally, J. C. (1994). *Psychometric Theory* (3ª ed.). New York, NY, US: McGraw-Hill.
- Bhatt, G. D. (2001). Knowledge management in organizations: Examining the interaction between technologies, techniques, and people. *Journal of Knowledge Management*, 5(1), 68-75. doi: 10.1108/13673270110384419
- Bogner, W. C., & Bansal, P. (2007). Knowledge management as the basis of sustained high performance. *Journal of Management Studies*, 44(1), 165-188.
- Bozbura, F. T. (2007). Knowledge management practices in Turkish SMEs. *Journal Enterprise information Management*, 20(2), 209-221.
- Byrne, B. M. (2013). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming* (2nd. ed.). NY, US: Routledge.
- Camisón Zornoza, C., & Cruz Ros, S. (2008). La medición del desempeño organizativo desde una perspectiva estratégica: Creación de un instrumento de medida. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 17(1), 79-102.
- Choi, B., & Lee, H. (2002). Knowledge management strategy and its link to knowledge creation process. *Expert Systems with Applications*, 23(3), 173-187.
- Darroch, J. (2005) Knowledge management, innovation and firm performance. *Journal of Knowledge Management*, 9(3), 101-115. doi: 10.1108/13673270510602809
- Drucker, P. (1997). The future that has already happened. *Harvard Business Review*, September-October.
- Easterby-Smith, M., & Prieto, I. M. (2008). Dynamic capabilities and knowledge management: An integrative role for learning? *British Journal of Management*, 19(3), 235-249.
- *El País*. (21 de mayo de 2016). Grupo de trabajo en el Smart Aquae Campus, de la Fundación Aquae [Fotografía]. Recuperada de https://elpais.com/economia/2016/05/19/actualidad/1463645912_860639.html
- Estrada, S., & Dutrénit, G. (2007). Gestión del conocimiento en pymes y desempeño competitivo. *Engevista*, 9(2), 129-148.
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50. doi: 10.2307/3151312
- Giampaoli, D., Ciambotti, M., & Bontis, N. (2017). Knowledge management, problem solving and performance in top Italian firms. *Journal of Knowledge Management*, 21(2), 355-375. doi: 10.1108/JKM-03-2016-0113
- Grant, R. M. (1996). Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic Management Journal*, 17(S2), 109-122.
- Guillén, M. F. (2000). Business groups in emerging economies: A resource-based view. *The Academy of Management Journal*, 43(3), 362-380.
- Haertel, E. H. (2006). Reliability. En R. L. Brennan (Ed.), *Educational Measurement* (pp. 65-110). Westport, CT: American Council on Education-Praeger Publishers.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis*. England: Pearson.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1995). Evaluating model fit. En R. H. Hoyle (Ed.), *Structural equation modeling. Concepts, issues, and applications* (pp. 76-99). CA, US: SAGE Publications.
- Kulkarni, U. R., Ravindran, S., & Freeze, R. (2006). A knowledge management success model: Theoretical development and empirical validation. *Journal of Management Information Systems*, 23(3), 309-347.
- Lee, L. T. S., & Sukoco, B. M. (2007). The effects of entrepreneurial orientation and knowledge management capability on organizational effectiveness in Taiwan: The moderating role of social capital. *International Journal of Management*, 24(3), 549-573.

- Lev, B. (2004). Sharpening the intangibles edge. *Harvard Business Review*, June, 109-116.
- Malhotra, A., Gosain, S., & Sawy, O. A. (2005). Absorptive capacity configurations in supply chains: Gearing for partner-enabled market knowledge creation. *MIS Quarterly*, 29(1), 145-187.
- Marsh, H. W., & Hocevar, D. (1985). Application of confirmatory factor analysis to the study of self-concept: First-and higher order factor models and their invariance across groups. *Psychological Bulletin*, 97(3), 562-582. doi: 10.1037/0033-2909.97.3.562
- Migdadi, M. M., Zaid, M. K. S. A., Yousif, M., & Almestarihi, R. D. (2018). An empirical examination of collaborative knowledge management practices and organisational performance: The mediating roles of supply chain integration and knowledge quality. *International Journal of Business Excellence*, 14(2), 180-211.
- Mills, A. M., & Smith, T. A. (2011). Knowledge management and organizational performance: A decomposed view. *Journal of Knowledge Management*, 15(1), 156-171. doi: 10.1108/13673271111108756
- Navarro de G., K. (2007). *Aproximación estratégica a la gestión del conocimiento de las empresas familiares* (Anteproyecto de tesis doctoral). Universidad de Castilla-La Mancha, España.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA, US: Harvard University Press.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company. How japanese companies create the dynamics of innovation*. New York, NY, US: Oxford University Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2003). *Measuring knowledge management in the business sector: First steps*. Ottawa, CA: OECD.
- Palacios Marqués, D., & Garrigós Simón, F. J. (2006). The effect of knowledge management practices on firm performance. *Journal of Knowledge Management*, 10(3), 143-156.
- Penrose, E. (1959). *The theory of the growth of the firm*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Prieto, G., & Delgado, A. R. (2010). Fiabilidad y validez. *Papeles del psicólogo*, 31(1), 67-74.
- Rodríguez, J., Pierdant, A., & Rodríguez, C. (2014). *Estadística para administración*. México: Grupo Editorial Patria. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Seeley, C., & Dietrich, B. (2000). Crafting a knowledge management strategy. *Knowledge Management Review*, 3, 18-21.
- Vila López, N., Küster Boluda, I., & Aldás Manzano, J. (2000). *Desarrollo y validación de escalas de medida en marketing* (73 pp.) [Reporte]. España: Universitat de Valencia. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/267725602_Desarrollo_y_validacion_de_escalas_de_medida_en_Marketing
- World Economic Forum. (2015). *The global competitiveness report 2015-2016*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
- Wu, I. L., & Chen, J. L. (2014). Knowledge Management driven firm performance: The roles of business process capabilities and organizational learning. *Journal of Knowledge Management*, 18(6), 1141-1164.
- Wu, I. L., & Hu, Y. P. (2012). Examining knowledge management enabled performance for hospital professionals: A dynamic capability view and the mediating role of process capability. *Journal of the Association for Information Systems*, 13(12), 976-999.

Sentido de coherencia y consumo de alcohol en jóvenes universitarios

Sense of coherence and alcohol consumption in university students

María Magdalena Alonso-Castillo*, Luisa Teresa Un-Aragón**, Nora
Angélica Armendáriz-García*✉, Edna Idalia Paulina Navarro-Oliva*,
Manuel Antonio López-Cisneros***

Alonso-Castillo, M. M., Un-Aragón, L. T., Armendáriz-García, N. A., Navarro-Oliva, E. I. P., & López-Cisneros, M. A. (2018). Sentido de coherencia y consumo de alcohol en jóvenes universitarios. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 66-72.

RESUMEN

El sentido de coherencia es uno de los factores de protección que está teniendo una especial importancia en la prevención del uso de drogas. Resulta relevante conocer la relación entre el sentido de coherencia y el consumo de alcohol en los jóvenes universitarios. El diseño fue descriptivo correlacional con muestreo probabilístico estratificado, la muestra final fue de 227 jóvenes inscritos en una universidad privada. Las mujeres reportaron mayor consumo de bajo riesgo y de riesgo (30.3% y 33.3%, respectivamente) en comparación con los hombres, los cuales reportaron mayor consumo perjudicial (59.1%). Se identificó una correlación negativa y significativa entre el sentido de coherencia y el consumo de al-

cohol medido por el AUDIT ($r_s = -.197$, $p = .004$) con el consumo de riesgo ($r_s = -.206$, $p = .003$) y perjudicial en los jóvenes universitarios ($r_s = -.275$, $p = .001$). Se concluye que a mayor sentido de coherencia, menor consumo de alcohol de riesgo y perjudicial.

ABSTRACT

The sense of coherence is one of the protective factors that is becoming important in the prevention of drug use. This is why to identify the relationship between the sense of coherence and the consumption of alcohol in university students is relevant. The design was descriptive correlational with stratified probabilistic sampling, the final sample was 227 young people enrolled in a private university. This study found that women have a high low-risk consumption and a risk consumption (30.3% and 33.3%, respectively) compared to men who reported higher harmful consumption (59.1%). A negative and significant correlation was found between the sense of coherence and the alcohol consumption measured by the AUDIT ($r_s = -.197$, $p = .004$), with the risk consumption ($r_s = -.206$; $p = .003$) and harmful consumption in university students ($r_s = -.275$; $p = .001$). Based on the above, it is concluded at higher sense of coherence, lower risk and harmful alcohol consumption.

Palabras clave: coherencia; bebidas alcohólicas; estudiantes; jóvenes; prevención; protección.

Keywords: coherence; alcoholic beverages; students; young; prevention; protection.

Recibido: 16 de mayo de 2018, aceptado: 6 de agosto de 2018

* Subdirección de Posgrado e Investigación, Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Nuevo León. Av. Gonzalitos # 1500 Nte., Milras Centro, C. P. 64460, Monterrey, Nuevo León, México. Correo electrónico: magdalena_alonso@hotmail.com; nordariz@hotmail.com; eipno@yahoo.com.mx

** Enfermería, Clínica Carranza. Venustiano Carranza #366, Chetumal, C. P. 77035, Quintana Roo, México. Correo electrónico: luisateresa.un@gmail.com

*** Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Carmen. Av. Concordia, Col. Benito Juárez, C. P. 24167, C. Carmen, Campeche, México. Correo electrónico: mlopez@pampano.unacar.mx

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

El consumo excesivo de alcohol en la actualidad es un grave problema de salud pública en virtud que en 2014 se le atribuyeron 3.3 millones de defunciones en el mundo según la Organización Mundial de la Salud o World Health Organization, en inglés (WHO,

2014). Según el reporte mundial sobre el consumo de alcohol y salud (WHO, 2014), 5.1% de la carga mundial de enfermedades y lesiones, evaluada en Años de Vida Ajustados por Discapacidad (AVAD), se relacionan con el consumo excesivo de alcohol. Este indicador tiene mayor frecuencia en personas jóvenes, en quienes se reporta un incremento de consultas médicas y de hospitalizaciones como su consecuencia. Se indica que la ingesta de alcohol es el causante de más de 200 enfermedades, se asocia con el riesgo de desarrollar trastornos psiquiátricos y relacionados al comportamiento, donde se incluye la dependencia al consumo de alcohol, enfermedades no transmisibles (enfermedades hepáticas), diferentes tipos de neoplasias, enfermedades cardíacas, aunado a lo anterior se pueden presentar traumatismos asociados a la violencia y accidentes de tránsito (WHO, 2014).

El *Informe de situación regional sobre el alcohol y la salud en las Américas* de la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2015) reportó que en 2012 se presentó el fallecimiento de una persona cada 100 segundos en América, lo cual contribuyó al registró de más de 300,000 defunciones ese año; se indica que de no haber estado presente la ingesta de alcohol, aproximadamente 80,000 de estas muertes no se hubiesen presentado. En México, según los reportes de la *Encuesta Nacional del Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco 2016-2017* (Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, 2017), la población de 18 a 65 años arrojó que el consumo de alcohol alguna vez en la vida se mantuvo estable debido a que en 2011 fue de 71.3% y en 2016 fue de 71.0%.

Con respecto a la prevalencia en el último año, tuvo una disminución significativa de dos puntos en 2011: de 51.4% a 49.1% en 2016. No obstante, en la prevalencia en el último mes aumentó significativamente, de 31.6% en 2011, a 35.9% en 2016; en relación con la prevalencia de consumo excesivo en el último mes creció significativamente de 2011, con 12.3%, a 2016, con 19.8%. Al diferenciar por género se observa que la prevalencia mensual de consumo excesivo en hombres aumentó de 20.9% en 2011 a 29.9% en 2016, esta tendencia se observó en mujeres de 4.1% en 2011, a 10.3% en 2016 (Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, 2017).

La etapa de adulto joven (18 a 25 años) se considera de mayor riesgo para la ingesta excesiva de alcohol. En esta etapa los jóvenes cursan los estudios

universitarios; aumentan las responsabilidades, las demandas escolares, las exigencias de la sociedad y la familia. Es probable que los jóvenes en este periodo de su vida busquen tener estabilidad económica porque es frecuente se formalice la relación de pareja y el inicio de su propia familia, estos eventos pueden influenciar la ingesta excesiva de alcohol (Arnett, 2003; Díaz Heredia, 2012). Lo anterior afectaría en el corto plazo al ocasionar cambios negativos en sus conductas saludables de vida, dificultades en el rendimiento académico y aumento de la probabilidad de dependencia al alcohol.

La investigación con respecto al consumo de alcohol se ha centrado en los denominados factores de riesgo que aumentan la posibilidad de la ingesta (Becoña Iglesias, 2002). No obstante, existen factores de protección que pueden actuar como un escudo que retarde la iniciación y/o mantenimiento de esta conducta. El Sentido de Coherencia (SOC) es uno de los factores de protección que está cobrando importancia en la prevención del consumo de drogas (García-Moya, Jiménez-Iglesias, & Moreno, 2013; Grevenstein, Bluemke, & Kroeninger-Jungaberle, 2016; Mattila et al., 2011; Menezes Coutinho & Vilela Heimer, 2014; Rivera, García-Moya, Moreno, & Ramos, 2013).

En 1987 Antonovsky planteó el Modelo Salutogénico que se concentra en recursos que permiten generar o mejorar la salud, como el SOC, el cual es un constructo definido a partir de lo que Antonovsky (1987) llamó Recursos Generales de Resistencia (GRRs); los mismos se definen como factores biológicos y psicosociales que permiten que las personas ejecuten un afrontamiento exitoso ante circunstancias y hechos de la vida que pueden generar estrés y ayuda a las personas a apreciar su vida como coherente, estructurada y comprensible (Antonovsky, 1987).

Este constructo se define como una orientación general que indica la medida en que una persona tiene un sentimiento de confianza interiorizado, permanente y a su vez dinámico, esta confianza aumenta la probabilidad de que los acontecimientos críticos o estresantes se resuelvan. Las personas con alto puntaje de SOC hacen uso de sus recursos generales de resistencia, los movilizan y emplean para resolver dificultades y para superar el estado emocional (Antonovsky, 1987; Lindström & Eriksson, 2011).

El SOC se conforma de tres dimensiones: la *comprensibilidad* o *capacidad de comprensión*,

se refiere a cómo aprende el individuo de los estímulos emanados de una fuente interna o externa de su existencia, la *manejabilidad* o *de gestión* se refiere a la percepción que el individuo desarrolla sobre sus recursos personales o sociales para cumplir exigencias trazadas por estos estímulos, y la *capacidad de inversión* o *significatividad*, que es la capacidad que el individuo tiene de dar sentido a los acontecimientos de la vida y encontrar en ello la razón para invertir energía y compromiso (Antonovsky, 1987). Se ha documentado en algunas poblaciones de jóvenes universitarios de África, Argentina, Colombia, Estados Unidos, Israel, Alemania, España, Finlandia y China que un nivel de SOC alto se relaciona negativamente con el consumo de alcohol, con el consumo excesivo y con los problemas asociados al uso de alcohol. Además, estos jóvenes presentan mayor habilidad para evitar o prevenir situaciones riesgosas, de esta manera reportan mayor probabilidad de incorporar a su vida conductas promotoras de salud (Antonovsky, 1987; García-Moya et al., 2013; Grevenstein et al., 2016; Malagón et al., 2012; Mattila et al., 2011; Menezes & Vilela, 2014; Rivera et al., 2013).

Se ha descrito que las personas con un bajo puntaje de SOC tienen limitados recursos cognitivos para el afrontamiento efectivo ante situaciones difíciles de la vida y es probable que se involucren en conductas no saludables como el consumo excesivo de alcohol (Antonovsky, 1987). Es importante mencionar que hasta el momento no se ha localizado información científica sobre SOC y consumo de alcohol en jóvenes universitarios mexicanos, por lo que los autores consideran existe la necesidad de contar con conocimiento de la relación de estas variables, que tienen potencial para la promoción de la salud y protección de conductas de riesgo como el consumo de alcohol, por lo que los objetivos del estudio son: 1) identificar el tipo de consumo de alcohol por sexo y 2) determinar la relación del SOC y el consumo de alcohol en jóvenes universitarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño del estudio fue descriptivo correlacional, la población de estudio se conformó por 953 jóvenes universitarios de ambos sexos que estudian en una universidad del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León. El muestreo fue probabilístico estratificado por turnos (matutino y nocturno) con asignación proporcional al tamaño de estrato y dentro de cada estrato se empleó un muestreo sistemático

con inicio aleatorizado de 1 en 4. La muestra se estimó bajo una correlación con una potencia de 84%, un nivel de significancia $p < .05$ y un coeficiente de determinación de 0.06 (un efecto entre pequeño y mediano), la muestra final fue de 227 participantes (93 del turno matutino y 134 del nocturno).

La investigación fue aceptada por la Comisión de Ética para la investigación de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Nuevo León con número de registro FAEN-M-1271. Este cumplió lo estipulado por la Ley General de Salud en Materia de Investigación (SSA, 1987), tuvo el consentimiento informado de los jóvenes universitarios por el cual se aseguró su participación voluntaria, se protegió el anonimato, la confidencialidad y se precisó que tenían el derecho de retirarse del estudio en el momento que quisieran. Se obtuvo también la autorización de los directivos de la institución educativa para efectuar el proceso de selección y recolección de los datos.

Antes de la selección y recolección de datos el investigador y tres auxiliares previamente capacitados se colocaron en la entrada principal de la institución educativa y con un contador digital seleccionó de uno a cuatro con inicio aleatorio, en el turno matutino se comenzó con el primer participante y en el nocturno con el tercer sujeto. A la persona seleccionada se le invitó a formar parte del estudio indicando que los datos eran anónimos y confidenciales. Una vez que aceptó participar se condujo al espacio autorizado para entregar los instrumentos y el consentimiento informado, el cual fue firmado como forma de aceptación. Asimismo, se le explicó de forma clara y sencilla el alcance y los objetivos del estudio, así como las instrucciones para el llenado de los instrumentos de recolección y el tiempo necesario para contestar los mismos.

Se aplicó una cédula de datos personales y de consumo de alcohol para identificar datos sociodemográficos y de prevalencia de consumo de alcohol. Para medir el SOC se utilizó el Cuestionario Breve de Orientación hacia la Vida (SOC-13) derivado del Modelo Salutogénico compuesto por 13 ítems (Antonovsky, 1987) con el propósito de evaluar la capacidad de visualizar el SOC. Este cuestionario se deriva del cuestionario original de 29 ítems del mismo autor, el cual refirió que la versión breve del cuestionario permitiría contestar en un menor tiempo y así reducir la falta de respuesta; de la misma manera, se integra por tres dimensiones: comprensibilidad,

manejabilidad y significatividad. Este cuestionario en versión breve se ha utilizado en 48 países y en 49 lenguajes diferentes alrededor de todo el mundo, en diferentes edades, poblaciones, culturas y disciplinas. En 2014 la escala se aplicó en jóvenes universitarios mexicanos, se documentó un Coeficiente Alpha de Cronbach de 0.79 (Velázquez Jurado et al., 2014).

Para el consumo de alcohol se aplicó el Cuestionario de Identificación de los Trastornos debidos al Consumo de Alcohol (AUDIT) desarrollado por Babor y Grant (1989), adaptado en México por De la Fuente y Kershenobich (1992). Este instrumento se encuentra integrado por 10 preguntas con opción múltiple que evalúan el tipo de consumo de alcohol (sensato o sin riesgo, dependiente o de riesgo, dañino o perjudicial). Los reactivos 1 a 3 establecen la cantidad y frecuencia de consumo, y el consumo de bajo riesgo, los reactivos 4 a 6 el de riesgo y los ítems 7 a 10 el perjudicial. Este instrumento presenta una puntuación mínima de 0 y máxima de 40, donde a mayor puntaje, mayor consumo; para el análisis estadístico se calcularon índices a los dos instrumentos. Los autores del instrumento indicaron una sensibilidad de 80% y una especificidad de 89%; en 220 jóvenes universitarios del estado de Nuevo León los investigadores Armendáriz García, Villar Luis, María Magdalena Alonso Castillo, Bertha Alicia Alonso Castillo y Oliva Rodríguez (2012) documentaron un Coeficiente Alpha de Cronbach de 0.84.

Los resultados se procesaron en el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 21.0 para Windows. Se utilizó la estadística descriptiva e inferencial. Aunado a lo anterior, se aplicó la prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov con Corrección de Lilliefors para es-

tablecer la normalidad de las variables continuas y numéricas; la cual no presentó distribución normal, por lo que se utilizó estadística no paramétrica como el Coeficiente de Correlación de Spearman para las relaciones bivariadas de índice de la escala SOC y del AUDIT y la prueba de Chi Cuadrada de Pearson (χ^2) para tipo de consumo de alcohol por sexo.

RESULTADOS

Enseguida se muestran los resultados referentes a las características sociodemográficas de los participantes del estudio, donde se identificó que 51.1% de estudiantes son del género masculino y 53.3% de los participantes tenía entre 18 y 20 años de edad, con una media de 20.7 años ($DE= 1.8$). Con respecto al grado escolar, 26.9% cursan los primeros semestres de la carrera universitaria con un promedio de 13.2 ($DE= 1.0$) años de escolaridad; asimismo, se observó que 94.7% son solteros y que 53.7% de los participantes estudia y trabaja. Con respecto al tipo de empleo de los participantes, 23.8% trabaja en institución pública, 59.0% en privada, 9.0% trabaja por su cuenta y 8.2% en servicios como meseros, cocineros y ayudantes; en cuanto a la cantidad de horas que dedicaban a trabajar, además de estudiar, reportaron una media de 23.3 h a la semana ($DE= 18.1$).

En la tabla 1 se obtuvieron las prevalencias de consumo global (alguna vez en la vida), prevalencia lápsica (en el último año), actual (último mes) e instantánea (últimos siete días). Se destaca que todos los participantes reportaron haber tomado alcohol alguna vez en la vida. Se destacan altas proporciones de consumo, tanto para la prevalencia actual (78%) como para la instantánea (48%).

Tabla 1
Prevalencia de consumo de alcohol

Variable <i>n</i> ^p = 209	Sí		No		IC 95%	
	<i>f</i>	%	<i>f</i>	%	LI	LS
Lápsica	209	92	18	8	89	96
Actual	178	78	49	22	73	84
Instantánea	109	48	118	52	41	55

Nota: *n*^p = consumidores de alcohol en el último año, *f* = frecuencia, % = porcentaje, IC 95% = Intervalo de Confianza al 95%, LI= Límite Inferior, LS= Límite Superior.

Elaboración propia.

En relación con el primer objetivo del estudio, en la tabla 2 se observa que existen diferencias significativas para el tipo de consumo por sexo ($\chi^2 = 11.07, p < .001$), se observa que el consumo de bajo



Figura 1. Consumo de alcohol en jóvenes universitarios. Imagen tomada de ELONCE (2017).

Tabla 2
Chi Cuadrada de Pearson (χ^2) para tipo de consumo de alcohol por sexo

Variable $n^b = 209$	Bajo riesgo		Consumo de riesgo		Consumo perjudicial		χ^2	p
	f	%	f	%	f	%		
Femenino	30	30.3	33	33.3	36	36.4	11.07	.004
Masculino	19	17.3	26	23.6	65	59.1		

Nota: f = frecuencia, % = porcentaje, χ^2 = Chi cuadrada de Pearson, p = significancia, n^b = consumidores de alcohol en el último año. Elaboración propia.

Tabla 3
Coeficiente de Correlación de Spearman para el SOC y Consumo de Alcohol

Variable $n = 227$	Índice de SOC	
	r_s	p
Edad de inicio de consumo	-.048	.473
Índice AUDIT ^b	-.197**	.004
Índice consumo de bajo riesgo	-.051	.467
Índice consumo de riesgo	-.206**	.003
Índice consumo perjudicial	-.275**	.001

Nota: n = muestra total, n^b = consumidores de alcohol en el último año, p = significancia, ** $p < .01$, r_s = Coeficiente de Correlación de Spearman. Elaboración propia.

riesgo (30.3%) y el de riesgo es mayor en el sexo femenino (33.3%); sin embargo, con respecto al consumo perjudicial, es superior en el sexo masculino (59.1%).

En lo referente a la relación entre las variables del presente estudio los resultados se reportan en la tabla 3, se muestra que existe una correlación negativa y significativa de la escala de SOC con la escala AUDIT ($r_s = -.197$, $p = .004$), con el consumo de alcohol de riesgo ($r_s = -.206$, $p = .003$) y con el consumo perjudicial ($r_s = -.275$, $p = .001$).

DISCUSIÓN

En los participantes del presente estudio se identificaron prevalencias elevadas de consumo de alcohol, estos datos son mayores a lo indicado por la Encuesta Nacional de Drogas, Alcohol y Tabaco, ENCODAT 2016-2017 (INPRFM, 2017), donde se mostró que la prevalencia en el último año es de 55.7% y el consumo en el último mes de 35.9%. Esta situación quizá se explique por tener mayor acceso a la sustancia debido al incremento de grupos con los cua-

les socializa, así como el incremento de actividades sociales que frecuentemente se encuentran relacionadas con el consumo de alcohol, asimismo, en esta edad para los jóvenes es muy accesible la compra de estas sustancias (Cabrejas Martínez, Llorca Diez, Gallego Álvarez, Bueno Carrera, & Diez Sánchez, 2014; García, Calvo, Carbonell, & Giralt, 2017; Góngora Soberanes & Leyva Piña, 2005). Aunado a lo anterior, pueden ocurrir situaciones dentro de sus actividades escolares que pueden generar estrés y ser afrontadas mediante el consumo de alcohol (Armendáriz García et al., 2012).

En relación con las diferencias entre los tipos de consumo de alcohol y el sexo, estos datos son similares a lo reportado por Mendes Moutinho, De Oliveira Cruz Mendes y Lopes (2015), quienes documentaron diferencias significativas donde los participantes masculinos reportaron mayor consumo perjudicial. Lo anterior puede explicarse probablemente como parte de las premisas socioculturales, donde es más aceptado por parte de los padres y la sociedad el consumo excesivo en varones y se espera un control del consumo femenino debido a las creencias arraigadas en la sociedad (Góngora Soberanes & Leyva Piña, 2005).

Sin embargo, con respecto al consumo de riesgo, es preocupante que en las mujeres se está igualando con el de los varones, probablemente porque las jóvenes tengan una percepción de equidad de género en la que pretenden reproducir patrones de conducta de los hombres, como el consumo de alcohol, entre otras razones, como la búsqueda de placer o diversión; sin embargo, las diferencias biológicas de tipo metabólico y hormonal en las mujeres pueden afectar su salud en menor tiempo (Briñez-Horta, 2001).

Los hallazgos de este estudio ratifican lo documentado en la literatura por varios investigadores (García-Moya et al., 2013; Grevenstein et al., 2016; Mattila et al., 2011; Mendes Moutinho et al., 2015; Tobamidani & Zabkiewicz, 2009), donde reportan que un alto puntaje de SOC se asocia con un menor consumo de alcohol; lo anterior indica que actúa como factor de protección al limitar el consumo

de alcohol de riesgo y perjudicial. Probablemente un alto SOC mejora la capacidad del joven universitario para comprender y encontrar un significado a las circunstancias o eventos de la vida que pueden ser estresantes, se adapta y afronta las situaciones difíciles y evita el peligro, por lo que existe una mayor probabilidad de que incorporen a su vida conductas promotoras de salud (Antonovsky, 1996). Además, el SOC permite a los individuos identificar los recursos que tienen disponibles para afrontar los acontecimientos día a día y distinguir aquellos que son merecedores de inversión y compromiso.

Limitaciones del estudio

Dentro de las restricciones del presente estudio se encuentra la aplicación de la versión breve del Cuestionario de Orientación hacia la vida (SOC-13), debido a que sería importante aplicar también el cuestionario de Orientación hacia la vida (SOC-14) en su extensión original para identificar si existe alguna variación con respecto a la medición de la variable. Otra limitación es relacionada con el diseño transversal del estudio, el cual no permite obtener información más amplia relacionada con el fenómeno de estudio, por lo cual se recomienda realizar estudios longitudinales en futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

Se identificaron diferencias significativas en el consumo por género. Se documentó que el consumo de bajo riesgo y el riesgoso (33.3%) es mayor en el género femenino, mientras el perjudicial (59.1%) es mayor en el masculino. Asimismo, se identificó una correlación negativa y significativa entre el SOC y el AUDIT, así como entre el consumo de riesgo y el perjudicial.

Se concluye que es necesario profundizar en el estudio de SOC y consumo de alcohol en adultos jóvenes que no estudien para conocer si los hallazgos de este estudio son consistentes. El diseño de intervenciones multidisciplinarias preventivas y protectoras de consumo de alcohol es una necesidad prioritaria de los sistemas de salud, en virtud del incremento y consecuencias de esta conducta en adultos jóvenes. En un futuro se podrían desarrollar intervenciones preventivas fortaleciendo el SOC que incrementen la comprensión, explicación y otorgamiento de significado a eventos de la vida y problemas, al encontrar los recursos generales de resistencia con los que cuenta el individuo para tomar decisiones enfocadas a comportamientos saludables.

REFERENCIAS

- Antonovsky, A. (1987). *Unravelling the mystery of health: How people manage stress and stay well*. San Francisco: Jossey-Bass.
- _____ (1996). The salutogenic model as a theory to guide health promotion. *Health Promotion International*, 11(1), 11-18.
- Armendáriz García, N. A., Villar Luis, M. A., Alonso Castillo, M. M., Alonso Castillo, B. A., & Oliva Rodríguez, N. N. (2012). Eventos estresantes y su relación con el consumo de alcohol en estudiantes universitarios. *Investigación en Enfermería: Imagen y Desarrollo*, 14(2), 97-112.
- Arnett, J. J. (2003). Conceptions of the transition to adulthood among emerging adults in American ethnic groups: Exploring cultural conceptions of the transitions to adulthood. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 2003(100), 63-76.
- Babor, T. F., & Grant, M. (1989). From clinical research to secondary prevention: International collaboration in the development of the Alcohol Disorders Identification Test (AUDIT). *Alcohol Health and Research World*, Fall 1989, 371-374.
- Becoña Iglesias, E. (2002). *Bases científicas de la prevención de las drogodependencias*. Madrid: Delegación del Gobierno para el Plan Nacional contra las drogas.
- Bríñez-Horta, J. A. (2001). Diferencias de género en problemas con el alcohol, según el nivel de consumo. *Adicciones*, 13(4), 439-455.
- Cabrejas Martínez, B., Llorca Diez, A., Gallego Álvarez T., Bueno Carrera, G., & Diez Sánchez, M. A. (2014). Hábitos de consumo de alcohol en población universitaria. *Historia y Comunicación Social*, 19(esp. marzo), 777-789.
- De la Fuente, J. R., & Kershenobich, D. (1992). El alcoholismo como problema médico. *Revista Facultad de Medicina UNAM*, 35(2), 47-51.
- Díaz Heredia, L. P. (2012). *Promoción de salud: Autotrascendencia, espiritualidad y bienestar en no consumidores y consumidores moderados de alcohol* (Tesis doctoral). Recuperada de <http://bdigital.unal.edu.co/8050/>

- ELONCE. (2017). Adolescentes: La mitad bebe alcohol en exceso y creció el consumo de marihuana [Fotografía]. Recuperada de <https://www.elonce.com/secciones/sociedad/511664-adolescentes-la-mitad-bebe-alcohol-en-exceso-y-crecin-el-consumode-marihuana.htm>
- García, C., Calvo, F., Carbonell, X., & Giral, C. (2017). Consumo intensivo de alcohol y conductas sexuales de riesgo en población universitaria. *Health and Addictions, 17*(1), 63-71.
- García-Moya, I., Jiménez-Iglesias, A., & Moreno, C. (2013). Sense of coherence and substance use in Spanish adolescents. Does the effect of SOC depend on patterns of substance use in their peer group? *Adicciones, 25*(2), 109-117.
- Góngora Soberanes, J., & Leyva Piña, M. A. (2005). El alcoholismo desde la perspectiva de género. *El Cotidiano, 132*, 84-91.
- Grevenstein, D., Bluemke, M., & Kroeninger-Jungaberle, H. (2016). Incremental validity of sense of coherence, neuroticism, extraversion, and general self-efficacy: Longitudinal prediction of substance use frequency and mental health. *Health and Quality of Life Outcomes, 14*(9). doi: 10.1186/s12955-016-0412-z
- Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz. (2017). *Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco, ENCODAT 2016-2017. Reporte de Alcohol* [Documento en pdf]. Recuperado de https://drive.google.com/file/d/1rMIKaWy34GR51sEnBK2-u2q_BDK9LA0e/view
- Lindström, B., & Eriksson, M. (2011). *Guía del autoestopista salutogénico. Camino salutogénico hacia la promoción de la salud*. Girona: Documenta Universitaria.
- Malagón-Aguilera, M. C., Fuentes-Pumarola, C., Suñer-Soler, R., Bonmatí-Tomás, A., Fernández-Peña, R., & Bosch-Farré, C. (2012). El sentido de coherencia en el colectivo enfermero. *Enfermería Clínica, 22*(4), 214-218.
- Mattila, M. L., Rautava, P., Honkinen, P. L., Ojanlatva, A., Jakkola, S., Aromaa, M.,... Sillanpää, M. (2011). Sense of coherence and health behaviour in adolescence. *Acta Paediatrica, 100*(12), 1590-1595.
- Mendes Moutinho, L. S., De Oliveira Cruz Mendes, A. M., & Lopes, M. J. (2015). Alcohol consumption and the sense of coherence in young people in educational training. *SMAD. Revista Eletrônica Saúde Mental Álcool e Drogas, 11*(4), 208-216.
- Menezes Coutinho, V. M., & Vilela Heimer, M. V. (2014). Sense of coherence and adolescence: An integrative review of the literature. *Ciência & Saúde Coletiva, 19*(3), 819-827.
- Organización Panamericana de la Salud (2015). *Informe sobre la situación regional sobre el alcohol y la salud en las Américas* [Informe en pdf]. Washington, DC: Autor. Recuperado de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/alcohol-Informe-salud-americas-2015.pdf>
- Rivera, F., García-Moya, I., Moreno, C., & Ramos, P. (2013). Developmental contexts and sense of coherence in adolescence: A systematic review. *Journal of Health Psychology, 18*(6), 800-812.
- Secretaría de Salud. (1987). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la salud. En *Ley General de Salud y Códigos de México* (16ª. ed., pp. 422-429). México: Porrúa.
- Tobamidanik, L., & Zabkiewicz, D. (2009). Indicators of sense of coherence and alcohol consumption-related problems: The 2000 US national alcohol survey. *Substance Use & Misuse, 44*(3), 357-373.
- Velázquez Jurado, H., Cárdenas Rivera, V., Chávez Franco, A., Oliva Montes de Oca, V., Hernández Salazar, P., & Pulido Rull, M. A. (2014). Comparación de dos formas de una escala de sentido de coherencia. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación, 16*(2), 51-70.
- World Health Organization. (2014). *Global status report on alcohol and health-2014 ed.* [Reporte en pdf]. Geneva, Switzerland: WHO. Recuperado de http://www.who.int/substance_abuse/publications/global_alcohol_report/msb_gsr_2014_1.pdf?ua=1

Investigación conceptual sobre turismo sexual

Conceptual research on sex tourism

Celeste Nava-Jiménez*✉, Andrea Robles-Juárez**, Brandon Iván Roque-Rodríguez***, Bianca Marysol Vargas-Fonseca****

Nava-Jiménez, C., Robles-Juárez, A., Roque-Rodríguez, B. I., & Vargas-Fonseca, B. M. (2018). Investigación conceptual sobre turismo sexual. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 73-80.

RESUMEN

El turismo sexual es un fenómeno con importantes implicaciones en el ámbito social, territorial y económico. Es un tema controversial en la literatura turística y es poco común que sea abordado desde la investigación conceptual. Este tipo de investigación ha tenido avances, pero aún no tiene la suficiente representatividad en los estudios turísticos, lo que causa que incluso definir el concepto sea un tanto complicado y con opiniones dispersas. En la presente investigación se ha empleado como el tipo de investigación más adecuada para poder abordar el turismo sexual como objeto de estudio conceptual en los estudios turísticos, para conocer en primer instancia las dimensiones teóricas del concepto, seguido de la posibilidad de romper paradigmas teóricos y sociales que puede provocar el concepto

Palabras clave: investigación; destino; turismo; turismo sexual; turista; sociedad.

Keywords: destination; research; tourism; sex tourism; society; tourist.

Recibido: 2 de enero de 2018, aceptado: 14 de junio de 2018

* Facultad de Turismo y Gastronomía, Universidad De La Salle Bajío. Av. Universidad 602, Col. Campestre, C. P. 37150, León, Guanajuato, México. Correo electrónico: celenava@gmail.com; cnava@delasalle.edu.mx

** Departamento de Turismo, Recreación y Servicio, Universidad de Guadalajara. Calle Paríán 1894 interior J-7, Colonia Jardines del Country, C. P. 44210, Guadalajara, Jalisco, México. Correo electrónico: andrea.rj.tur@gmail.com

*** Escuela Superior de Turismo, Instituto Politécnico Nacional. Héctor Espinoza no 535, Colonia Escudrón 201, C. P. 09060, Delegación Iztapalapa, D. F., México. Correo electrónico: brandon.roque@outlook.es

**** Unidad Académica de Turismo, Universidad Autónoma de Nayarit. Bahía de Guaymas no. 14, Colonia Centro La Peña de Jaltemba, C. P. 63726, Nayarit, México. Correo electrónico: marysol.vf9@gmail.com

✉ Autor para correspondencia

de turismo sexual. Finalmente, el trabajo reflexiona para comprender mejor las implicaciones y conceptos que giran alrededor de él y que han colaborado para poder conceptualizarlo y analizarlo.

ABSTRACT

The phenomenon of sex tourism has important implications on social, territorial and economic environments. It is a controversial matter in the tourism literature and is rare to be addressed through conceptual research. This type of research does not have enough representation in tourism studies despite the advances found, so it is difficult to define the concept due the different opinions. In this article, conceptual research has been chosen as the most suitable type of research to address sex tourism as an object of conceptual study, in order to know at first the theoretical dimensions of the concept, following the possibility of breaking some theoretical and social paradigms about sex tourism. Finally, the study reflect on the implications and concepts that revolve around it and will help to define it, conceptualize and analyze it.

INTRODUCCIÓN

Este estudio se concretó durante el Programa Interinstitucional para el Fortalecimiento de la Investigación y el Posgrado del Pacífico Verano Delfín 2016, en la Universidad de Guanajuato, mediante una lectura crítica y conceptual sobre el turismo sexual como categoría de análisis, de la revista *Estudios y Perspectivas en Turismo*, en su volumen 24 de 2015 y de algunos documentos adicionales en inglés. Para efectuar la revisión se

establecieron palabras clave en español y en inglés y se utilizó un software especializado en análisis de textos para una mejor comprensión de los mismos.

Es conocido que la investigación turística ha sido etiquetada entre lo cuantitativo, lo cualitativo y lo mixto; sin embargo, esto no quiere decir que la investigación conceptual en turismo no existe. De acuerdo con Xin, Tribe y Chambers (2013) es el tipo de investigación donde se puede progresar sin información empírica o inmediata, sin datos estadísticos que sustenten la creación del conocimiento. Por tanto, la investigación conceptual sobre el turismo sexual, objeto de estudio de esta investigación, se hace a partir de un análisis literario que gira alrededor de este concepto. El hilo conductor de la presente gira en torno a la crítica y revisión del concepto *turismo sexual* en la literatura turística, por ello es importante revisar la interpretación de este concepto en el material existente y hacer una revisión conceptual para que en la posteridad se puedan seguir concatenando esfuerzos teóricos y empíricos sobre este tema. Según Gray, Williamson y Karp (2007) y Kothari (2008) citados en Xin, Tribe y Chambers (2013), la posibilidad de creatividad e innovación se potencializa en la investigación conceptual. Una característica más, citando a Leuzinger-Bohleber y Fischmann (2006) en Xin et al. (2013), es que la investigación conceptual ayuda a construir nuevos puentes entre disciplinas cercanas.

La investigación conceptual en el tema estudiado implica el rompimiento de paradigmas que la tradición científica ha dejado como herencia en la construcción del conocimiento turístico y que, como ya es conocido, se limita a lo cuantitativo y a lo cualitativo. En este sentido, el turismo sexual debe ser comprendido desde su esencia y significado. Desde esta perspectiva, el estudio del turismo sexual como concepto podrá crear puentes entre lo que es turístico y la conducta del visitante en el destino, desde los puntos de vista sociológico y antropológico.

Según Xin et al. (2013, pp. 77-78), "la investigación conceptual en turismo está en aumento; en términos cuantitativos y cualitativos ha tenido avances, pero aun así la investigación conceptual en turismo, según los autores, no tiene representatividad". Uno de los objetivos de esta investigación es aproximarse a una comprensión de la conceptualización que de turismo sexual se tiene a partir de la revisión de bibliografía que permite un acercamiento teórico-conceptual al objeto de estudio, en este caso

turismo sexual como concepto. De este modo, uno de los tres resultados importantes de la investigación conceptual según Xin et al. (2013, p. 66) es que

se genera una nueva definición del concepto estudiado, los otros resultados son: la investigación conceptual, mientras aumenta su popularidad, parece ser relativamente marginal en turismo, pero no así en otras disciplinas o áreas, y la posible construcción de una tipología de los temas de la investigación conceptual.

Con respecto al turismo sexual y sus antecedentes, según Sánchez Mendoza y Santamaría Gómez (2015), el imaginario del turismo de sol y playa propone la idea de que a través de él se obtiene el verdadero placer de la aventura sexual, una idea a veces abierta y en ocasiones subliminal. En este sentido Azaola (2006) y López y Van Broeck (2013) comentan que México sobresale entre los países latinoamericanos en los que el turismo sexual se ha desarrollado, sobre todo en destinos turísticos de playa como Acapulco, Cancún y Puerto Vallarta, así como en ciudades fronterizas como Tijuana y Ciudad Juárez (citado en Bringas & Gaxiola, 2015, p. 826).

Bringas y Gaxiola (2015, p. 826) rescatan la idea de Carter (2000), así como la de Bauer y McKercher (2003) para asegurar que la industria del sexo en el destino es también utilizada por los residentes locales y que la idea de que solo los turistas participan en relaciones sexuales comerciales en el destino es gracias al turismo que promueve la prostitución. Aunque la prostitución no lo es todo, Oppermann (1999) y Hall (1994) mencionan que esta no puede ser vista como el único elemento que da fuerza y forma al turismo sexual, que limitar el turismo sexual únicamente a la misma es una forma demasiado simple de entender un fenómeno mucho más grande, que esto solo representa una pequeña porción de todo lo que puede estar involucrado dentro del turismo sexual (citados por Carr, 2016). Asimismo, Hall menciona que considerar siempre al proveedor del servicio sexual como prostituta o prostituto, no siempre es correcto o no siempre sucede así.

Investigar conceptualmente al turismo sexual da la posibilidad de relacionar ideas de formas nunca antes pensadas, como otra de las características de la investigación conceptual (Xin et al., 2013), de esta manera se puede crear conocimiento nuevo y crítico con nuevas relaciones e implicaciones.

El método de trabajo fue la revisión documental del volumen 24 de la revista *Estudios y Perspectivas en Turismo* del Centro de Investigaciones y Estudios Turísticos de Argentina, los artículos versan sobre turismo y sexo. La lectura de los mismos, así como otros documentos que se consideraron de interés para el tema, se colocaron bajo el software Mendeley, por medio del cual se buscaron palabras claves como sexo, turismo, turista, sociedad, gay, turismo sexual, entre otras, con la finalidad de conocer la relación de los conceptos con el texto. De esta manera se pudo contrastar la visión de estos conceptos en los artículos revisados para poder construir y discutir el tema. Los resultados de la revisión teórica conducen a construir los apartados del artículo para discutir sobre las distintas visiones del tema de estudio que se reflejan en los documentos revisados.

El anonimato del turismo sexual

Según Veijola y Jokinen (1994) citados en Mendoza (2015, p. 890) del concepto de turismo sólo se ha contextualizado la parte positiva; es decir, aquella que está orientada al descanso y la recreación; hasta cierto punto la erudición del turismo sigue dominado por el conocimiento occidental y la tradición de la investigación científica (Huang, Van der Veen, & Zhang, 2014). Por tanto, las variables de investigación responden a la necesidad de saber la cantidad de visitantes que llegan, hábitos de consumo, derrama económica, entre otras. En este sentido, el tema del sexo o turismo sexual no es tan considerado en los análisis e investigaciones turísticas, recientemente Mc Kercher (2016) lo integra como un tipo de producto turístico que responde a una familia de productos turísticos *indulgent* o *indulgente-condescendiente* que responden a la necesidad de placer en su taxonomía propuesta para productos turísticos.

Es muy pobre el conocimiento y comprensión de un asunto tan complejo y disperso (Carr, 2016), a pesar de que existe un progreso con respecto a las investigaciones en el área turística; aún es evidente la renuencia a tomar el tema de turismo sexual, analizarlo y presentarlo en su realidad, como bien lo mencionaron Hall (1994) y Graburn (1983) citados por Carr (2016). El concepto de turismo sexual se ha tomado como objeto de estudio por Cliff y Forrest (1999), Hughes, Monterrubio y Miller (2010) y López y Van Broeck (2013), se puede decir que el concepto no ha sido estudiado por mucho tiempo, se considera relativamente nuevo en la literatura turística, mientras que su práctica ha sido

desde tiempo atrás. Mendoza (2015) establece que "el concepto se consideraba un tema tabú en las décadas anteriores y por lo cual, no era un tema de estudio" (p. 890).

Según Blackburn, Taylor y Davis (2011) citados por Carr (2016), el turismo sexual se define como el acto de viajar donde la principal motivación del turista es conseguir sexo. Si las condiciones lo permiten el turista podría crear una identidad no propia de sí misma que le permita tener acceso a ciertos servicios, mientras que en el lugar de origen no se podría, ya que en un momento determinado se puede demostrar la falsedad de la persona.

En este orden de ideas, Prat (2010) en Monterrubio (2015, p. 909) cree que "el turismo es el que ha desenfrenado prácticas inmorales, ya que las personas se animan a probar cosas nuevas o a hacer lo que no harían en su lugar de residencia". Incluso podría hacerse referencia en cuestión de prácticas inmorales a lo que expresa Vargas & Alcalá (2015, p. 870) citando a Díaz (2002) en su artículo sobre todo lo referente a la prostitución infantil en Acapulco desde el costo, los servicios que se ofertan hasta las investigaciones por parte del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia en México (SNDIF o DIF) señalando que las autoridades participan en conjunto para que se explote sexualmente a los niños. Es importante recalcar que si se mira de manera más profunda y fría el fenómeno en estudio, toparse con la presencia del turismo sexual infantil representa la forma más atroz del fenómeno (Frohlick, 2010, citado en Carr, 2016).

Por su parte, Córdova Plaza (2015, p. 849) menciona que la prostitución tiene diferentes puntos de análisis y eso se contradice en las sociedades modernas, ya que es considerada ilegal pero las autoridades conocen los lugares donde ocurre y gran parte de las veces obtienen algún beneficio monetario de la misma, lo que implica colusión en actividades que dañan a la sociedad local y turística. El caso más próximo es el Hotel Gran Vía en la ciudad de Toluca, Estado de México, donde existía una red de prostitución para facilitar el turismo sexual en la zona, como se encuentra en la nota de *Excelsior* (Redacción, 26 de noviembre de 2017) y en la de *Regeneración* (DDD, 25 de noviembre de 2017).

"La búsqueda de la satisfacción sexual es hoy día más abierta y frecuente", así lo confirman Sánchez

Mendoza y Santamaría Gómez (2015, p. 1004) cuando leen a Ian Littlewood (2002), el cual sostiene que "la motivación sexual ha estado presente en el deseo de los turistas desde hace por lo menos un siglo en la sociedad digitalizada e hipermoderna". Tal es la presencia del sexo en turismo que la palabra *sex* o *sexo* ha sido incluida en las *cuatro s* de la actividad turística de sol y playa (Crick, 2001) por representar un grado de importancia para la actividad turística y para la promoción de esta. En efecto, los destinos de sol y playa, donde el *sun, sand, sea* y *sex* se envuelven en un coqueteo que permite la práctica del turismo sexual, en el que la gente que trabaja en bares, antros y estos sitios de encuentro, al igual que la comunidad local, saben distinguir a quienes prestan este tipo de servicios.

No está de más referirse a Carr (2016) cuando menciona que comúnmente "los destinos de sol y playa son fácilmente relacionados con cuestiones sexuales", simplemente al presentar en gran parte de su publicidad cuerpos semidesnudos, pero es importante aclarar que no siempre tiene que ser así. En un mundo tan sexualizado como el actual "el turismo no es más que otro producto o servicio que también ha sido alcanzado por estas insinuaciones", con lo que concuerdan Bishop y Robinson (1998) citados por Carr (2016). No obstante, "en una sociedad desarrollada del siglo XXI aún existe cierto tabú sobre los temas sexuales que conlleven ciertos gustos, preferencias o prácticas que no sean las esperadas por la sociedad", como expresa Carr (2016), el sexo tiene un encargo, el de ser escondido a los ojos del inofensivo. Frohlick (2010) citado por Carr (2016) acierta al expresar que "el sexo logra impactar casi en todas las facetas del turismo", por lo que es una actividad que no puede ser ignorada ni deslindada del mismo, sino que debe ser atendida seriamente para comprenderla mejor.

Si se considera el gran impacto que los nuevos sistemas de comunicación han tenido en las relaciones sociales es importante destacar cómo la sociedad contemporánea ha tecnificado las prácticas, llegando a modificar el uso y aprovechamiento del tiempo libre a través de las nuevas tecnologías, incluyendo y creando nuevas maneras de gestionar el tiempo libre. Desde esta perspectiva, según Hall (1992) citado por Carr (2016), el turismo sexual es un asunto que dentro de una dinámica internacional y globalizada, ha logrado ser propenso a sensacionalismo.

En esta sociedad digitalizada, uno de los mecanismos que se utiliza para aprovechar el tiempo libre es el internet que fomenta el intercambio intercultural y la movilidad que se han masificado hoy día (Córdova Plaza, 2015); en materia de turismo sexual, este se ha fomentado a partir de los encuentros de compañeros sexuales en las salas de chat, los sitios de encuentro y las aplicaciones que existen en la red, especialmente en los países de África, Asia y América Latina, como describen Piscitelli (2005) y McLean (2008), citados en Lanzarini (2015).

En la sociedad moderna, compleja y tecnificada, el capital es un factor importante para el desarrollo de la sociedad y, por supuesto, de los destinos turísticos, en este sentido el dinero puede ser elemento diferenciador entre turismo sexual y turismo erótico. A decir de Norrild (2007) citado en Arroyo y Amador (2015, p. 983), existe una distinción entre ambos, "el primero implicando un intercambio monetario y el segundo, así como el turismo romántico donde el sexo es voluntario".

Así como el capital, los negocios influyen en la dinámica económica del destino y del motivo principal del viaje y en este sentido Cáceres, Nureña y Gomero (2015) distinguen entre turismo sexual y el uso de servicios sexuales por parte de turistas y viajeros de negocios. En el primero, el visitante viaja con el propósito principal de mantener relaciones sexuales en el destino de su elección, mientras que en el segundo caso el turista cuya motivación de viaje es diferente puede o no hacer uso de los servicios sexuales en el destino. Esto implica que aunque exista un motivo de viaje específico no es garantía de que el turista cultural, el turista de negocios o cualquier otra categoría pueda hacer uso de servicios sexuales en el sitio visitado.

Carr (2016) hace referencia a Matter (2005), quien propone una definición un tanto diferente para los turistas sexuales, estableciendo diferencias entre los *preferenciales*, quienes viajan explícitamente con el propósito de tener relaciones, y los *situacionales*, quienes no planearon verse involucrados sexualmente con personas locales, pero aprovecharon la oportunidad cuando se presentó (citado en Samarasinghe, 2008). En este sentido existe una ruptura de la profesión que se tiene en el lugar de residencia (Lagunas, 2010); es decir, el turista puede "olvidar" su vida y su ocupación

durante la existencia del viaje, lo que puede llevarlo a actuar de manera distinta.

Como bien mencionan McKercher y Bauer (2003) citados por Carr (2016), el sexo es una parte natural de la vida, por tanto, no debería ser tan sorprendente que también se vea involucrado con el turismo. Y en este sentido Kibicho (2009) citado por Carr (2016), menciona que si las actividades sexuales son parte de las actividades normales que se realizan estando en el lugar de residencia habitual, es entendible que se busque realizar estas mismas actividades mientras se está de visita en otro lugar. Cuando se habla de hombres y mujeres en el turismo sexual existe una cierta inclinación según Carr (2016) para limitar que la categoría turismo sexual sea exclusiva de los hombres, mientras que para las mujeres debe conceptualizarse como un turismo de romance. Lo que lleva a Carr (2016) a cuestionar: ¿Por qué esto no puede verse al contrario, mujeres que sean turistas sexuales y hombres que sean turistas de romance?

Carr (2016) también considera a Hamid-Turksoy, Van Zoonen y Kuipers (2014) y Frohlick (2013) para decir que es una realidad en la que hasta hace relativamente poco tiempo las investigaciones en turismo sexual han estado enfocadas únicamente en hombres heterosexuales, ignorando la participación de las mujeres como consumidoras. A diferencia de Vargas y Alcalá (2015, p. 886), quien considera que "el principal factor de la prostitución masculina no ha sido el turismo, pero sí ha favorecido su crecimiento en los destinos turísticos". En este sentido, Córdova Plaza (2010) en Córdova Plaza (2015, p. 850) considera que a los jóvenes sin empleo y sin una carrera o que tienen un empleo de medio tiempo les resulta difícil encontrar un trabajo bien remunerado, por lo que recurren a la actividad sexual porque relativamente es fácil y se generan grandes ingresos por día. La prostitución masculina requiere de cierta discreción, a comparación de la femenina; la búsqueda de clientes puede ser más difícil en los primeros porque su principal objetivo es pasar desapercibidos ante la dinámica del espacio determinado. Córdova Plaza (2015, p. 850) recuperando a Khan (1990) establece que personas de bajos recursos que viven en diversas situaciones desfavorables son las que realizan la venta de sus cuerpos, ya que consideran que es su única salida para sobrevivir y poder tener una vida digna. Estas dos perspectivas implican consecuencias sociales e impactantes, en un primer sentido en la construcción y formación de

la persona en lo individual y en segundo término en las relaciones sociales y familiares que establezcan a su alrededor.

Una de las principales consecuencias es que la sociedad en general vea como una perversión a los que están involucrados ya sea como trabajador, consumidor o asociado, lo que aumenta considerablemente los debates académicos al respecto, como lo mencionan Want (2002) y Ryan y Kinder (1996) citados por Carr (2016). Otro elemento muy importante y bastante popular dentro de las investigaciones sobre turismo sexual es la participación del turismo gay que se ha considerado como un buen mercado, en palabras de Hughes (2008) vistos como clientes favorables para los prestadores de servicios, incluso más que un mercado heterosexual, pues según el autor son personas con buen nivel socioeconómico y altos niveles de consumo, lo que los convierte en un mercado perfecto para ser atraído. En Estados Unidos y el Reino Unido es un nicho de mercado que representa un crecimiento considerable (Cliff & Forrest, 1999; Holcomb & Luongo, 1996, citados en Hughes, 2008).

En México, Puerto Vallarta es importante a nivel internacional no solamente por la playa que tiene y la vida nocturna; sino por que ocupa el segundo lugar mundial en ser frecuentado por turistas homosexuales estadounidenses. Esto quiere decir que cuenta con los servicios que necesita el mercado gay (Hughes, Monterrubio, & Miller, 2010; Torres, 2006; Vidal Aldana, 2007) citados en Mendoza (2015, p. 889).

Turismo sexual: Rompiendo paradigmas

Como lo establece Córdova Plaza (2015, p. 863), el turismo sexual no es un concepto aislado, posee una dinámica tan compleja y particular que ha provocado cambios en el ambiente hotelero y por supuesto en todo el fenómeno turístico y las industrias que lo rodean, impacta positiva y negativamente al destino, incluso moralmente, es una actividad que se percibe como riesgosa pero también de oportunidad (Chong, 2014). El concepto de turismo sexual como actividad económica no está aislada, en este sentido Mendoza (2005, p. 905) con base en los resultados presentados en su investigación, reafirma que en ciertos destinos, las actividades sexuales no son tan mal vistas y existen personas de lugares colindantes que se encuentran ofreciendo servicios sexuales en el destino. ¿Será posible que el turismo sexual rompa paradigmas en la manera de

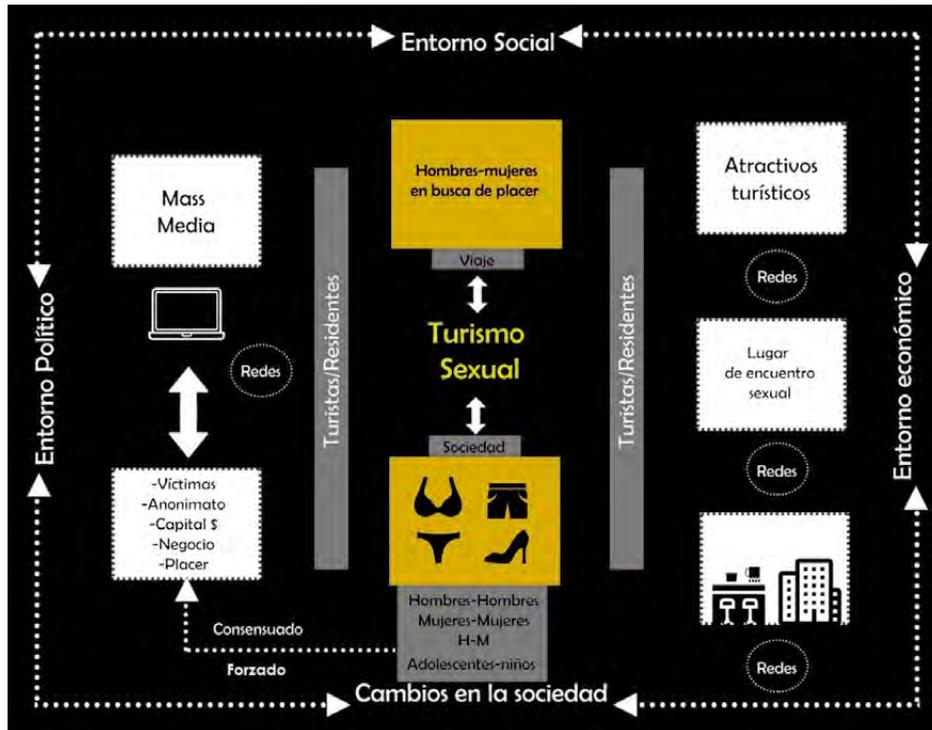


Figura 1. Se estudian el turismo sexual y sus implicaciones en varios entornos. Elaboración propia.

gestionar el tiempo libre, rompiendo formalidades sociales y morales al proveer experiencias “únicas” para los turistas?

La sociedad ha creado mitos y creencias a lo largo de la historia (Barthes, 1972, citado en Gezinski, Karandikar, Levitt, & Ghaffarian, 2016) y en este sentido podría haber creado estándares de comportamiento humano con respecto al uso del tiempo libre que impacte en algo tan particularmente humano como el sexo. La creciente popularidad del turismo sexual ha provocado en los ofertantes de este servicio la capacidad de ofrecerlo bajo discreción como una condición de calidad; en este sentido, destinos con este perfil de turismo promueven sus servicios al visitante asegurando discreción y seguridad. Comparativamente Vargas y Alcalá (2015, p. 869) recuperando a varios autores (Carrascal & Pérez, 1998; Escudero, 1997; INEGI & Secretaría de Turismo, 1999; Ramírez, 1986; Ruiz, 1992; Valenzuela, 2008) mencionan que la industria hotelera fue creciendo, se crearon restaurantes, antros, clubes, lo que fue generando mayores puntos de encuentro para los prestadores de servicios sexuales; por tanto, se fueron diversificando los sitios que posibilitan la existencia de este tipo de turismo y de demanda turística.

Un dato importante que Chong (2014) propone es el impacto que puede llegar a tener el turismo sexual en un destino al influenciar la toma de decisiones por parte del turista, como por ejemplo, la elección de un hotel. Esto implica que la práctica estudiada podría modificar los estándares y características deseados por el viajante, y en este sentido la industria hotelera tendría que diversificar o adaptar su oferta para poder atender demandas específicas. Ciertamente el placer obtenido por medio de la práctica del turismo sexual es un tipo de placer que se encuentra catalogado en la taxonomía de los productos turísticos como una clase de producto específico para una familia de productos en turismo (McKercher, 2016).

Golding (2003) citado por Hughes (2008) ve a las comunidades lésbico-gay como un mercado aún poco explotado siendo que tienen una mayor tendencia a viajar y gastar más dinero en actividades recreativas que las comunidades heterosexuales. Esto significa que los destinos turísticos podrían ver hacia otro tipo de mercado con la finalidad de sobrevivir en las dinámicas turísticas, aunque caigan en prácticas que socialmente se consideran incorrectas, poco seguras, poco morales o simplemente son socialmente castigadas.

CONCLUSIONES

Como acertadamente menciona Ryan (2009), corresponde a los investigadores académicos esclarecer los aspectos aún ocultos sobre el turismo sexual y las actividades sexuales relacionadas con el turismo (citado por Carr, 2016). Trabajar en la legislación de este tipo de turismo fomentaría una mejor gestión de la actividad, reconociendo su existencia en la dinámica turística de los destinos. Es una práctica que ha contaminado la esfera social, cuando se trata de negociar con el cuerpo de otros, han sido muchos los afectados por esta práctica, queda mucho por esclarecer y definir las relaciones entre el desplazamiento hacia un destino en busca de actividades o servicios sexuales y la prestación de estos al viajante.

Viajar otorga a los turistas un sentido de anonimato y libertad únicos que los anima a realizar conductas y actividades que normalmente no realizarían. El concepto estudiado puede llegar a convertirse en el atractivo mismo de un sitio. Para algunas personas, el turismo sexual consensuado, sea por el

intercambio de un capital o no, representa una forma de liberación de deseos y frustraciones que no se permiten expresar en su vida cotidiana. El turismo sexual no debe ser limitativo hacia el género masculino.

Existe una evidente carencia de investigaciones sobre este tema donde se considere a las mujeres como usuarias y demandantes de los servicios sexuales, comúnmente el género femenino se encuentra fuertemente ligado al llamado turismo de romance, o bien, conformado en una plantilla como prestadoras de servicios sexuales. Es posible inferir que los visitantes lésbico-gay suelen ser los principales y más abiertos participantes de la dinámica turística sexual en muchos destinos, por este motivo deben tratarse como un segmento de mercado que diversifica a la realidad turística, sin limitarlo ni etiquetarlo socialmente. No se debe olvidar que este tipo de turismo existe, pues corresponde a una necesidad específica y a partir de aquí pueden surgir productos "turísticos" en los destinos que satisfacen este tipo de práctica.

REFERENCIAS

- Arroyo, L., & Amador, K. (2015). turismo y trabajo sexual masculino en Cancún-México. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(3), 982-992. Recuperado de <http://www.estudiosenturismo.com.ar/PDF/V24/N04/v24n4a12.pdf>
- Bringas, N. L., & Gaxiola, R. (2015). Códigos encubiertos. Prostitución de varones y turismo sexual en Tijuana, México. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 825-847. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5276662>
- Cáceres, C. F., Nureña, C. R., & Gomero, A. (2015). La oferta de trabajo sexual masculino en el Perú: Su interacción con las demandas del turismo internacional. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 924-942. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322015000400009
- Carr, N. (2016). Sex in tourism : Reflections and potential future research directions. *Tourism Recreation Research*, 41(2), 188-198. Recuperado de <http://doi.org/10.1080/02508281.2016.1168566>
- Chong, K. L. (2014). The impact of sex tourism on Hotel Selection. *International Journal of Tourism Sciences*, 14(3), 106-115. Recuperado de <http://doi.org/10.1080/15980634.2014.11434702>
- Córdova Plaza, R. (2015). Universos paralelos. Turismo sexual comercial entre hombres en el Puerto de Veracruz, México. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 848-866. Recuperado de <http://www.estudiosenturismo.com.ar/PDF/V24/N04/v24n4a05.pdf>
- DDD. (25 de noviembre de 2017). Toluca: Desarticulan red de explotación sexual de mujeres latinoamericanas. *Regeneración*. Recuperado de <https://regeneracion.mx/toluca-red-explotacion-sexual/>
- França, I. L. (s. f.). Diferencias y desigualdades en los desplazamientos. Turistas e inmigrantes gay brasileños entre São Paulo (Brasil) y Barcelona (España). *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 963-981. Recuperado de <http://www.estudiosenturismo.com.ar/PDF/V24/N04/v24n4a11.pdf>
- Gezinski, L. B., Karandikar, S., Levitt, A., & Ghaffarian, R. (2016). "Total girlfriend experience": Examining marketplace mythologies on sex tourism websites. *Culture, Health & Sexuality*, 18(7), 785-798. Recuperado de <http://doi.org/10.1080/013691058.2015.1124457>
- Huang, S., Van der Veen, R., & Zhang, G. (2014). New Era of China Tourism Research. *Journal of China Tourism Research*, 10(4), 379-387. doi: 10.1080/19388160.2014.952909

- Hughes, H. L. (2008). A gay tourism market. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, 5(2/4), 57-74. Recuperado de <http://doi.org/10.1300/J162v05n02>
- Jeffreys, S. (2003). Sex tourism: Do women do it too? *Leisure Studies*, 22(3), 223-238. Recuperado de <http://doi.org/10.1080/026143603200075452>
- Lagunas, D. (2010). El poder del dinero y el poder del sexo. Antropología del turismo sexual. *Perfiles Latinoamericanos*, 36, 71-98. Recuperado de www.redalyc.org/pdf/115/11515386003.pdf
- Lanzarini, R. (2015). Homoerotismo durante los viajes: El placer sexual entre hombres en espacios anónimos en Brasil y Portugal. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 943-962. Recuperado de <http://www.estudiosenturismo.com.ar/PDF/V24/N04/v24n4a10.pdf>
- McKercher, B. (2016). Towards a taxonomy of tourism products. *Tourism Management*, 54, 196-208.
- Mendoza, C. (2015). Entre el negocio y el placer. Turismo sexual masculino en Puerto Vallarta, México. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 889-907. Recuperado de <http://www.estudiosenturismo.com.ar/PDF/V24/N04/v24n4a07.pdf>
- Monterrubio, J. C. (2015). Construcciones socioculturales de la playa nudista. Entre lo liminar y el homoerotismo. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 908-923. Recuperado de <http://www.estudiosenturismo.com.ar/PDF/V24/N04/v24n4a08.pdf>
- Oppermann, M. (1999). Sex tourism. *Annals of Tourism Research*, 26(2), 251-266. Recuperado de [http://doi.org/10.1016/S0160-7383\(98\)00081-4](http://doi.org/10.1016/S0160-7383(98)00081-4)
- Quintero Venegas, G. J., López López, A., & Gallegos Jiménez, O. (2015). Cuerpos de hombres en venta en ámbitos turísticos de la Ciudad de México. Una perspectiva espacial. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 809-824. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322015000400003
- Redacción. (26 de noviembre de 2017). Extranjeras explotadas cubrían cuota de cinco clientes al día. *Excelsior*. Recuperado de <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/2017/11/26/1203586>
- Sánchez Mendoza, V. G., & Santamaría Gómez, A. (2015). Sexo, sol y playa. El inconsciente del imaginario turístico en Mazatlán-México. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 993-1013. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5276654>
- Van Broeck, A. M., & López López, A. (2015). Turismo y sexo. Una reflexión teórica desde el homoerotismo y el espacio. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 787-808. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322015000400002
- Vargas, S. Y., Alcalá, B. (2015). Aspectos territoriales de la prostitución masculina vinculada al turismo sexual en Acapulco. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 24(4), 867-888. Recuperado de <http://www.estudiosenturismo.com.ar/PDF/V24/N04/v24n4a06.pdf>
- Xin, S., Tribe, J., & Chambers, D. (2013). Conceptual research in tourism. *Annals of Tourism Research*, 41, 66-88. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.annals.2012.12.003>

La toma de decisiones y CRISPR: ¿Quién es dueño de mis genes?

Decision making and CRISPR: Who owns my genes?



Marcelino Montiel-Herrera*✉

Montiel-Herrera, M. (2018). La toma de decisiones y CRISPR: ¿Quién es dueño de mis genes? *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 81-84.

RESUMEN

La toma de decisiones voluntarias es derivada de la actividad de los circuitos neuronales corticales. Una persona sana es capaz de tomar sus propias decisiones, incluso cuando desea modificar su cuerpo. La biotecnología CRISPR/Cas9 brinda el potencial de editar el genoma de células eucariotas y procariontes, abriendo la oportunidad de que cada individuo modifique su propio genoma, basado en su propia decisión. Sin embargo, este tema es altamente controversial a pesar de la evidencia científica que muestra los beneficios potenciales de CRISPR/Cas9 para el tratamiento de algunas enfermedades y para el desarrollo de alternativas biotecnológicas. Esta nota expone de manera básica cómo funciona CRISPR/Cas9 y aborda algunas implicaciones que tiene la toma de decisiones sobre el manejo de CRISPR/Cas9 para editar las células humanas.

ABSTRACT

Decision making derives from the activity of cortical neurons in the brain. A healthy person is able to make its own decisions –on a daily basis– even when these involve changing its body. CRISPR/Cas9

Palabras clave: CRISPR/Cas9; edición de genes; toma de decisiones; bioética.

Keywords: CRISPR/Cas9; gene editing; decision making; bioethics.

Recibido: 9 de marzo de 2018, aceptado: 1 de agosto de 2018

* Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad de Sonora. Blvd. Luis Donaldo Colosio y Reforma, Colonia Centro S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico: marcelino.montiel@unison.mx

✉ Autor para correspondencia

biotechnology gives the opportunity to edit the genome of eukaryote and prokaryote cells, opening the possibility to every individual to modify its own genome based on its own decision. However, this theme is highly controversial yet all the scientific information available that suggest the potential benefits of CRISPR/Cas9 to treat diseases and to develop new alternatives for the bio-industries. This news approaches some features of the topic decision making upon CRISPR/Cas9 technology as intended to edit human cells and explains the basic concepts of this outstanding-edge molecular technique.

INTRODUCCIÓN

Es común asumir que una persona sana es cabalmente responsable de sus acciones y que puede decidir qué sí y qué no hacer con su cuerpo. Por ejemplo, un individuo puede optar por modificar a través de procedimientos quirúrgicos estéticos la estructura de su cara o las dimensiones físicas de sus glúteos y pechos sin pedir autorización a una institución reguladora. Incluso en algunas culturas hay tradiciones en donde los individuos modifican sus cuerpos a través de procedimientos convencionales para representar adecuadamente a su clan [e.g., las Padaungs, conocidas como *mujeres cuello de jirafa*; la tribu Mursi, quienes colocan platos de arcilla en su labio inferior, como se puede ver en Khammuang (1998) y en Turton (2004)], otra vez, sin instituciones que los restrinjan. Sin embargo, cuando se trata de modificar los genes de un individuo, el tema se torna sumamente controversial y en esencia, la ética y lo incierto se adueñan de la situación. ¿Es uno dueño de sus genes? Si los genes están en las células del cuerpo, ¿entonces cada individuo podría decidir qué hacer con sus genes?

Desde un punto de vista neurobiológico, la toma de una decisión es procesada por el cerebro y si esta se ejecuta, es representada en una conducta específica (e.g. halar una palanca). No obstante, el procesamiento de la información perceptual en el cerebro que potencialmente puede generar una conducta puede ser alterada o modificada experimentalmente, o bien, por factores ajenos a la fisiología cerebral normal de un individuo (Romo, Lemus, & de Lafuente, 2012). Por ejemplo, en algunos países (e.g., Reino Unido y EE. UU.) delincuentes acusados de conductas criminales (e.g., asesinato, pedofilia) han sido defendidos ante la corte basando el alegato de defensa en que los acusados presentaban patologías en el cerebro (e.g., tumor en la corteza cerebral) y que estas podrían haber influenciado la actividad de los circuitos neuronales responsables de la toma de decisiones y que por ello los acusados no serían responsables *completamente* de su conducta criminal. Es decir, si se toma en cuenta que una patología, como el tumor, no debería de estar en el cerebro del acusado, podría plantearse si realmente es culpable de cometer el crimen o de señalar al tumor cerebral como el responsable de dicho suceso (Kelland, 29 de agosto de 2012). Ante el contexto antes descrito, ¿cómo podría decirse que uno es dueño y responsable de sus acciones?, ¿solamente aplicaría esto para las personas sanas?

Si una persona pudiera modificar sus genes de manera reversible (por su propia voluntad) para cambiarse una característica física, la toma de esa decisión de acuerdo con la neurociencia podría sugerir resultados controversiales dependiendo del estado neurofisiológico del individuo. Entonces, ¿quién podría decidir si uno es apto para modificar sus genes?, ¿debería esto regularse? Aún no es claro esto, pero la edad del sujeto sería un factor determinante para definirlo. La biotecnología contribuye de manera importante con esta fascinante interrogante o planteamiento ético que roza los umbrales de la investigación experimental en seres humanos y probablemente influya con mucha fuerza para la generación de respuestas.

En un lapso relativamente corto un grupo de investigadores de 12 países dilucidaron un mecanismo celular denominado CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats; pronunciado *CRISPER*, que podría traducirse al español como secuencias de nucleótidos palindrómicas cortas, repetidas, agrupadas y regularmente espaciadas), el cual tiene el potencial de editar el genoma de células procariontas y eucariotas. Dicho de manera simple, CRISPR brinda la oportunidad de insertar, elimi-

nar o generar mutaciones en un gen de interés en el genoma de una célula (Lander, 2016). Por ejemplo, potencialmente se podría editar en una línea germinal animal o vegetal un gen defectuoso y reemplazarlo por uno funcional.

Actualmente CRISPR es una herramienta biotecnológica novedosa, eficiente, versátil y fácil de diseñar para manipular la secuencia de nucleótidos en un gen, ya sea para eliminarlo o modificarlo. En la base de datos PubMed de la Biblioteca Nacional de Medicina de EE. UU. (US National Library of Medicine, s. f.), CRISPR ha generado 8,766 trabajos publicados hasta febrero de 2018 (figura 1). CRISPR, cuyos descubridores, a consideración del autor del presente, deben ser galardonados con el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en los años venideros, fue descrito por primera vez por el español Francisco Mojica, en sus trabajos entre 1993 y 2005, como un proceso celular de adaptación inmunológico utilizado por los microbios ante la invasión de virus para registrar y atacar las secuencias de nucleótidos virulentas y así otorgarles resistencia a estas (Lander, 2016), lo que puede consultarse en la línea de tiempo de CRISPR (Broad Institute, s. f.).

El mecanismo celular CRISPR Tipo II se puede consultar en Lander (2016), básicamente requiere de un arreglo (constructo) de CRISPR/Cas (CRISPR associated) compuesto por cuatro genes que codifican para las proteínas cas9, cas1, cas2 y cns2, y un pequeño RNA transactivador de CRISPR RNA (tracrRNA). Cas9 es una nucleasa (fosfodiesterasa) que confiere inmunidad al cortar el ADN virulento que

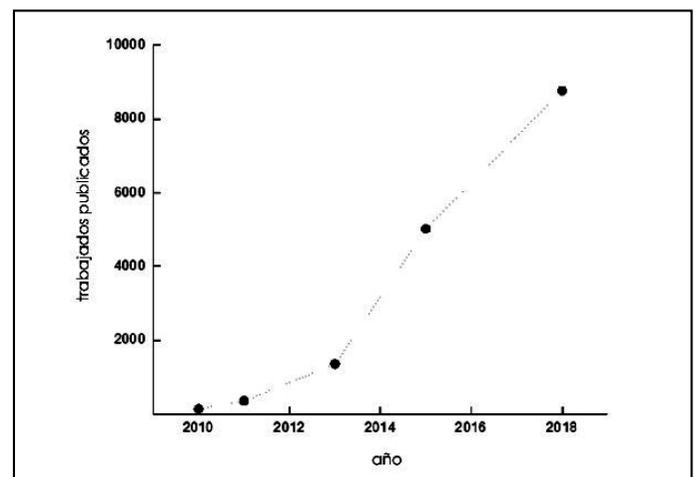


Figura 1. Tendencia del número de publicaciones científicas de CRISPR a través del tiempo. Antes de 2010, había publicados 85 artículos de CRISPR, los cuales incrementaron rápidamente a partir de ese año.

Elaboración propia.

empata con las secuencias espaciadoras, mientras que *cas1*, *cas2* y *cns2* agregan nuevas secuencias del ADN invasor. El constructo se transcribe y genera dos RNAs, un *tracrRNA* y una cadena larga de pre-CRISPR RNA (constituida por 61 nucleótidos: *crRNA*), los cuales hibridan y se procesan en secuencias cortas por las proteínas *Cas9* y *RNasa III*. El complejo resultante entre *Cas9*, *tracrRNA* y *crRNA* busca secuencias que complementen a las secuencias espaciadoras y en coordinación con un motivo adyacente protoespaciador (PAM: protospacer adjacent motif) se pueden hibridar. Una vez que *Cas9* se une a la secuencia híbrida entre *crRNA* y la secuencia de ADN virulenta, hidroliza tres pares de bases río arriba del sitio de unión de PAM. Así, *Cas9* al poseer dos dominios con actividad de endonucleasa (HNH y RuvC) los hidroliza y genera dos hebras sueltas con el potencial de unir nuevas secuencias de nucleótidos (Lander, 2016).

Por ejemplo, cuando una bacteria detecta la invasión de ADN virulento, produce dos secuencias de RNA cortas, una de ellas (secuencia guía de RNA) es complementaria a la secuencia del ADN viral. Estas dos hebras de RNA forman un complejo macromolecular con *Cas9* (una nucleasa que puede hidrolizar los enlaces fosfodiéster en el ADN). Cuando la secuencia guía embona con la secuencia de ADN virulenta, *Cas9* hidroliza la secuencia de ADN viral y elimina su virulencia. En este sentido, el diseño de secuencias guías de RNA específicas puede modificar puntualmente cualquier secuencia a la que empate, incluso dentro del núcleo de una célula de mamíferos. Para que esto suceda, el complejo CRISPR/*Cas9* tiene que unirse a una secuencia adyacente (denominada PAM) a la secuencia de interés que uno quiere modificar, para que *Cas9* pueda abrir (deshibridar) la secuencia de ADN y que la secuencia guía de RNA pueda hibridar con su cadena complementaria (secuencia de nucleótidos a modificar). Cuando eso sucede, la célula trata de corregir el corte del ADN (e.g., recombinación homóloga/no homóloga) pero este proceso de corrección genético es propenso a generar errores que conducen a la inactivación del gen, lo cual permite conocer la función específica de ese gen, o bien, se pueden editar secuencias específicas de un gen para reemplazar uno mutante (figura 2) (Lander, 2016).

Adicionalmente a CRISPR/*Cas9* existen al menos dos herramientas biotecnológicas para la edición genómica, ZFN y TALEN, que han mostrado también ser eficientes, versátiles y fáciles de diseñar (Gaj, Gersbach, & Barbas, 2013). En la actualidad estas herramientas biotecnológicas se han utilizado para generar resistencia a algunos virus, como el VIH, y

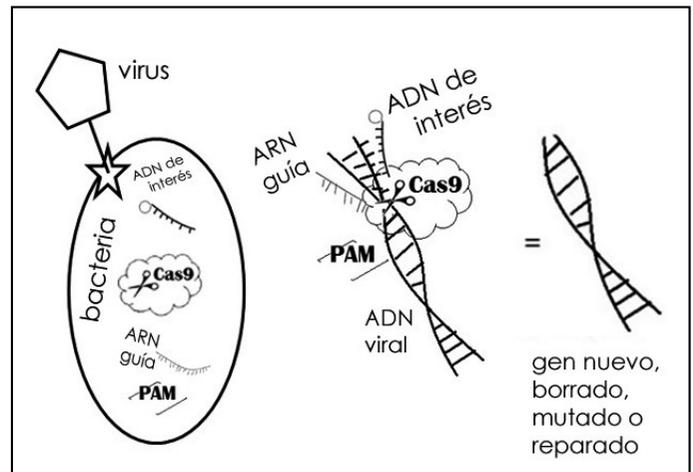


Figura 2. Representación del mecanismo de edición de un gen con CRISPR/*Cas9*.

Elaboración propia.

corregir mutaciones que generan aberraciones en genes, como los genes que producen la hemofilia B, la deficiencia de antitripsina α -1 o las β -talasemias, entre otros (Gaj et al., 2013; Traxler et al., 2016; Xie et al., 2014).

No obstante, aunque estos tratamientos se han abordado experimentalmente en laboratorios, restan por explorarse todas las posibilidades que estas herramientas biotecnológicas de edición genómica (e.g., manipulación de genes, represión y activación transcripcional, alteraciones epigenéticas y *screening* funcionales, entre otras) pueden brindar para comprender y tratar problemáticas que atacan a los sistemas biológicos de interés ambiental, industrial y biomédico. Asimismo, brindan la alternativa de modificar sistemas vivos con el objetivo de explorar sus capacidades o incluso de crear nuevas funciones en ellos.

De acuerdo a la historia, todo nuevo desarrollo tecnológico puede utilizarse para hacer el bien o causar daño (e.g., eugenesia Nazi, armas mecánicas, armas biológicas, computadoras). CRISPR no está exento de esta suerte. Por ejemplo, el 3 de octubre de 2017, Josiah Zayner, un reconocido biohacker, transmitió en vivo por la plataforma de Facebook una charla sobre las potenciales regulaciones que podrían tratar de imponer sobre el uso de la tecnología CRISPR y sobre el derecho que él tiene para decidir sobre sus genes. En el video Zayner compara el hallazgo de la creación de una computadora varias décadas atrás (que ahora una gran parte de la población mundial utiliza de manera personal) y plantea cómo dicha tecnología en su momento no tenía claramente el potencial

que tenía por brindar y, más aún, que aún tiene por dar. En este sentido, él propone, así como Ellen Jorgensen de Genspace (organización sin lucro ubicada en Brooklyn, NY, USA), entre otros, que la regulación de CRISPR por organismos internacionales podría limitar y atrasar el desarrollo biotecnológico que puede brindar CRISPR (haciendo un símil con las computadoras) porque hoy día no se puede vislumbrar el potencial que CRISPR tiene, como en su momento lo tuvo la primera computadora. Más aún, en la transmisión que hizo Zayner se autodosificó "aparentemente" (entre comillas porque a través del video no se puede comprobar la veracidad de la dosis) un constructo de CRISPR para modificar su masa muscular (bíceps) argumentando que él es dueño de sus genes y que, por ende, él puede modificarlos si así lo decide. Como es de imaginarse, esto ha generado gran controversia y ha puesto sobre la mesa el debate sobre las regulaciones que debería tener CRISPR sobre la experimentación en humanos, como se ha prohibido en Bavaria, Alemania (Pearlman, 2017).

Sin embargo, agrupaciones civiles conformadas por científicos y ciudadanos, como los *Stand-up*

Labs, a los que se puede acceder desde DIY BIO (s. f.), distribuidos en más de 25 países (hasta la fecha no hay uno registrado en México), están a favor de que la biotecnología (como CRISPR) esté al alcance de todos, ya que cada ciudadano potencialmente podría generar nuevos desarrollos tecnológicos en los rubros de la electrónica, software, diseño de códigos, biología y química, entre otros, dependiendo de su entorno y sus problemáticas.

Varias décadas atrás, cuando se creó la primera computadora, era casi inimaginable el potencial tecnológico que esto podría representar para beneficio de la humanidad. En este mismo sentido, el poder biotecnológico que augura CRISPR para todos los campos del quehacer humano coloca el mismo panorama que brindó la computadora en sus inicios. Aun así, la regulación biotecnológica de CRISPR, o bien, el uso restringido de este procedimiento molecular (e.g., patentes, restricciones gubernamentales nacionales e internacionales) podrían poner en riesgo su potencial benéfico biotecnológico para el desarrollo de nuevas soluciones ante los problemas que atañen a nuestro ecosistema.

REFERENCIAS

- Broad Institute. (s. f.). CRISPR TIMELINE [Sitio de internet]. Recuperado de <https://www.broadinstitute.org/what-broad/areas-focus/project-spotlight/crispr-timeline>
- DIY BIO. (s. f.). Local. [Base de datos]. Recuperada de <https://diybio.org/local/>
- Gaj, T., Gersbach, C. A., & Barbas, C. F. (2013). ZFN, TALEN and CRISPR/Cas-based methods for genome engineering. *Trends in biotechnology*, 31(7), 397-405. doi.org/10.1016/j.tibtech.2013.04.004
- Kelland, K. (29 de agosto de 2012). Insight-Neuroscience in court: My brain made me do it. *Health news* [en línea]. Recuperado el 22 de noviembre de 2017, de <https://www.reuters.com/article/us-neuroscience-crime/insight-neuroscience-in-court-my-brain-made-me-do-it-idUSBRE87S07020120829>
- Khammuang, S. (1998). *The phonological study of Padaung (Long-Necked Karen) at Ban Naisoi, Tambol Pang Mu, Muang District, Mae Hong Son Province* (Tesis de maestría). Muang district, Mae Hong Son province, Thailand: Mahidol University. Recuperado de <http://mulinet11.li.mahidol.ac.th/e-thesis/scan/3636912.pdf>
- Lander, E. S. (2016). The Heroes of CRISPR. *Cell*, 164(1-2), 18-28. doi.org/10.1016/j.cell.2015.12.041
- Pearlman, A. (2017). My body, my genes. *New Scientist*, 22-23. doi: 10.1016/S0262-4079(17)32257-1
- Romo, R., Lemus, L., & de Lafuente, V. (2012). Sense, memory, and decision-making in the somatosensory cortical network. *Current Opinion in Neurobiology*, 22(6), 914-919. doi: 10.1016/j.conb.2012.08.002
- Traxler, E. A., Yao, Y., Wang, Y.-D., Woodard, K. J., Kurita, R., Nakamura, Y., ... Weiss, M. J. (2016). A genome-editing strategy to treat β -hemoglobinopathies that recapitulates a mutation associated with a benign genetic condition. *Nature Medicine*, 22(9), 987-990. doi: 10.1038/nm.4170
- Turton, D. (2004). Lip-plates and 'the people who take photographs': Uneasy encounters between Mursi and tourists in southern Ethiopia. *Anthropology Today*, 20(3), 3-8. doi: 10.1111/j.0268-540X.2004.00266.x
- US National Library of Medicine. (s. f.). PubMed [Base de datos]. Recuperada de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
- Xie, F., Ye, L., Chang, J. C., Beyer, A. I., Wang, J., Muench, M. O., & Kan, Y. W. (2014). Seamless gene correction of β -thalassemia mutations in patient-specific iPSCs using CRISPR/Cas9 and piggyBac. *Genome Research*, 24(9), 1526-1533. doi: 10.1101/gr.173427.114

René Drucker Colín. *In memoriam*

Bruno Antonio Marichal-Cancino*✉

Marichal-Cancino, B. A. (2018). René Drucker Colín. *In memoriam* [Obituario]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 85-86.

Durante miles de años, el humano se ha cuestionado sobre la función adaptativa del sueño. Y es que para todos los animales (y quizá hasta para las plantas) llega el momento en que todos disminuimos nuestro metabolismo y la actividad celular de forma circadiana. Muchas especulaciones han sido propuestas para intentar explicar la utilidad biológica del sueño (e.g., para recuperar el gasto energético empleado durante la vigilia, permitir a los centros de integración procesar toda la información recibida y generar los cambios estructurales correspondientes, la reestructuración del sistema inmune, etc.). Pero muy pocos han convertido en una misión para su vida el hecho de encontrar las evidencias empíricas que sustenten sus ideas.

Uno de los pioneros mundiales en el estudio empírico de la Neurobiología del sueño fue el Dr. René Raúl Drucker Colín. Sus aportaciones científicas en la Neurobiología del sueño fueron sustanciales para su época. El Dr. Drucker siempre mostró un ingenio que lo ponía por delante de sus contemporáneos. Por ejemplo, en una serie de estudios a finales de la década de los 60 y principios de la de los 70 adaptó un protocolo a base de cánulas para la extracción de líquido cerebroespinal proveniente de gatos en libre movimiento bajo diferentes condiciones (e.g., durante vigilia, durante sueño de ondas lentas, sueño de movimientos oculares rápidos, etc.). El líquido cerebroespinal obtenido de gatos restringidos de sueño o dormidos se inyectaba luego a gatos despiertos y el resultado fue impresionante: los gatos en vigilia caían en un profundo sueño poco tiempo después de la administración. Múltiples resultados reportados por el Dr. Drucker y sus colaboradores permitieron abrir decenas de líneas de investigación



René Drucker Colín (1937-2017). Pionero a nivel mundial en el estudio de la Neurobiología del sueño y divulgador incansable. Fotografía de Mario Hernández.

para comprender la participación de hormonas y neurotransmisores en las diferentes etapas del sueño. Se involucró también en otros temas como la enfermedad de Parkinson, las células madre, la marihuana, pero su mayor aportación se realizó en la neurobiología del sueño.

El Dr. Drucker nació en la Ciudad de México en 1937. Se tituló como psicólogo por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y continuó sus estudios de posgrado en EE. UU. y en Canadá. Fue miembro emérito del Sistema Nacional de Investigadores, presidente de la Asociación Mexicana de la Ciencia y ocupó múltiples puestos directivos relacionados con la ciencia y el posgrado

* Departamento de Fisiología y Farmacología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Correo electrónico: bruno.marichal@edu.uaa.mx
✉ Autor para correspondencia

en la UNAM. Recibió numerosos premios por su destacada carrera (e.g., Premio Nacional de Ciencias y Artes). Del Dr. René Drucker podemos apreciar una segunda faceta como extraordinario divulgador de la ciencia. Ya para el final de su carrera, el Dr. René Drucker comenzó a participar, sin abandonar sus investigaciones, en aspectos políticos, siempre de la mano de la ciencia y la tecnología. Perteneció, por ejemplo, al Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República. El pasado 17 de septiembre de 2017 murió a los 80 años en la Ciudad de México.

Cuando uno recuerda la trayectoria académica de grandes personajes de la ciencia, como lo fue el Dr. Drucker, queda de manifiesto que poco o muy poco puede ser alcanzado en esta vida sin un

inescrutable sentido de compromiso y rectitud con la profesión. Recordando a un gigante sin tiempo, otro René, Descartes: *"..las almas más grandes son capaces de los mayores vicios, como de las mayores virtudes; y los que andan muy despacio pueden llegar mucho más lejos, si van siempre por el camino recto, que aquellos que corren, pero se apartan de él.."*.

Aprendamos de los grandes todo lo que, según nuestro más lúcido criterio, sea meritorio de ser aprendido y replicado. Trabajemos siempre por el camino recto para que nuestro paso por este planeta sea más benéfico que perjudicial para todos los que en él habitamos (humanos y no humanos).

Descanse en paz el Dr. René Raúl Drucker Colín.

REFERENCIAS

- Hernández, M. (3 de septiembre de 2014). La ciencia en México aún no demuestra su importancia [Fotografía ilustrativa de blog]. Recuperada de <https://prendecientifico.wordpress.com/2014/09/03/la-ciencia-aun-no-demuestra-su-importancia/#more-3>

Historias que brotan de las rocas. Experiencias sobre el Pedregal de San Ángel y su reserva ecológica

Zambrano González, L., & Cano Santana, Z. (Comps.). (2016). *Historias que brotan de las rocas. Experiencias sobre el Pedregal de San Ángel y su reserva ecológica* (325 pp., ISBN 9786078328703). México: Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

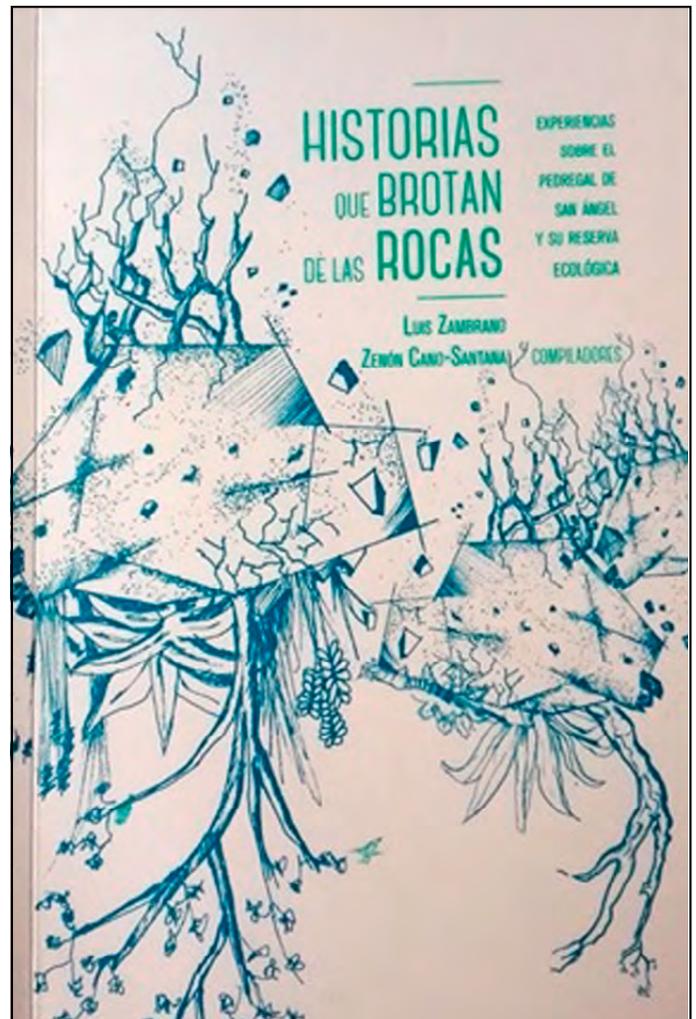
Nancy Merary Jiménez-Martínez*✉

Jiménez-Martínez, N. M. (2018). *Historias que brotan de las rocas. Experiencias sobre el Pedregal de San Ángel y su reserva ecológica* [Reseña de libro]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 26(75), 87-88.

La inminente destrucción ambiental ha orillado al surgimiento de esquemas que buscan su defensa y salvaguardia; la protección de los ecosistemas naturales corresponde a uno de dichos esquemas. *Historias que brotan de las rocas* cuenta, a diferentes voces, el surgimiento de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA), un instrumento con el que se ha protegido una fracción del extraordinario patrimonio geocológico creado por el derrame de lava del volcán Xitle, hace dos milenios en la cuenca del Valle de México.

Se trata de una obra distinguida con mención honorífica en la categoría de divulgación en la decimonovena edición del Premio Antonio García Cubas 2017 al mejor libro y labor editorial en Antropología e Historia. Es resultado de un esfuerzo extraordinario convocado por sus compiladores y realizado por más de 30 autores que en ella participaron para celebrar los primeros 30 años de vida de la REPSA.

El propósito del libro es reconstruir y documentar, a partir de los distintos testimonios contados en primera persona, la historia del Pedregal de San Ángel, ámbito de invaluable riqueza biológica que ha sido objeto de disputa ante el apremiante crecimiento de Ciudad Universitaria (CU) de la UNAM



Portada del libro *Historias que brotan de las rocas. Experiencias sobre el Pedregal de San Ángel y su reserva ecológica*.

* Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Autónoma del Estado de México. Av. Universidad s/n, Circuito 2, Col. Chamilpa, Ciudad Universitaria, C. P. 62210, Cuernavaca, Morelos, México. Correo electrónico: njimenez@correo.crim.unam.mx
✉ Autor para correspondencia

y el interés por asegurar su conservación. Relata el esfuerzo de estudiantes y académicos por hacer de dicha tarea una responsabilidad universitaria en los desafíos que su preservación supone. El libro destaca los complejos problemas que los actores experimentan ante una figura de protección ambiental como lo es la reserva ecológica, desde su creación hasta su gestión y mantenimiento.

El libro se organiza en cuatro grandes secciones que guardan un orden cronológico y teórico-narrativo. La Parte I, titulada "El principio", recoge las voces de los primeros exploradores científicos del Pedregal, quienes durante las décadas de 1950 y 1960 documentaron su importancia en términos de la diversidad biológica del lugar. La Parte II, "Orígenes de la Reserva Ecológica", expone la pluralidad de experiencias de los actores durante el tenso proceso de elaboración del proyecto de creación de la reserva ecológica en el corazón de CU y dentro de una mega urbe como la Ciudad de México. Se trata de los relatos de aquellos jóvenes estudiantes y sus profesores, quienes vincularon valientemente un ejercicio académico con la que quizá fue la primera movilización de carácter medioambiental en México, para exigir la protección y defensa de este valioso territorio, que también fue su laboratorio de investigación.

La Parte III, "Ya tenemos una reserva ecológica ¿qué hacemos?", cuenta las experiencias de quienes en sus tareas cotidianas se enfrentaron a los desafíos propios de ejecutar este instrumento de conservación en el escenario de la Universidad de la

Nación; es decir, de las dificultades que surgen por la convergencia de contar con capacidades extraordinarias con presupuestos siempre limitados. De este modo se encuadra lo que ha sido el desarrollo de las tareas fundamentales para el establecimiento y regulación de las actividades de investigación, docencia y difusión de la cultura de este importante ecosistema. La Parte IV, "...Y brotan las historias", se compone de los relatos de cuatro académicos, quienes con emoción exponen ampliamente cómo sus experiencias profesionales y personales han estado íntimamente vinculadas a la reserva.

El valor de esta obra va más allá del esfuerzo por rescatar y compartir la memoria colectiva de la creación de la REPSA. Propone aprender de la historia del Pedregal de San Ángel las estrategias para superar las brechas de una dicotomía no resuelta en la planeación en México: aquella que se libra entre la construcción y la conservación.

La REPSA, como muchos otros socioecosistemas, ha sido y es objeto de disputa. Su gestión y manejo son procesos altamente intrincados no solo por la vulnerabilidad biológica del territorio o por su ubicación dentro de un campus universitario en una gran metrópoli, sino por las relaciones que se establecen entre ambas dimensiones; es decir, por la interacción entre los elementos naturales y sociales que la componen. Una de las tareas de la planeación para superar dicha dicotomía es reconocer y valorar esas interacciones. Las historias que brotan de las rocas tienen mucho que enseñarnos al respecto.

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 xxxxx]. 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 5

C. P. 20131, Aguascalientes, Ags., México

Teléfono (449) 910 74 00 Ext. 34113

Correo electrónico: revistaiyc@correo.uag.mx

www.uag.mx/investigacion/revista