

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

AÑO 25
SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2017

72

EDICIÓN CUATRIMESTRAL
ISSN: 1665-4412

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



Parámetros de fermentación y cinética ruminal en novillos suplementados con diferentes aditivos

Uso del piso de rejilla como método físico de control de parásitos gastrointestinales en corderos recién destetados

Detección de vibrio mediante la amplificación de genes de patogenicidad en camarón *Litopenaeus vannamei* cultivado en un sistema tipo invernadero

Estudio *ab initio* de la capacidad antioxidante de una familia de alcaloides imidazólicos versus flavonoides

Efecto de los crioprotectores en la morfología y pérdida iónica en yemas axilares de vid cv. 'Flame Seedless' crioconservadas

Selección de bacterias ácido lácticas del queso artesanal de leche de cabra de Coahuila para su uso como cultivos iniciadores

Aproximación e impacto directo de ciclones tropicales a la cuenca del río Conchos, Chihuahua, México

Diagnóstico y escenarios de peligro por inundación fluvial en Ciudad Insurgentes, Baja California Sur, México

Mar de fondo: Propuesta para mitigar inundaciones en la calle Juan Serrano de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México

Aproximación histórica al concepto de experiencia estética a propósito del diálogo entre la literatura y la enseñanza de las ciencias en la universidad

La ciudad de Aguascalientes, sus aguas termales y la higiene pública. Los baños de Los Arquitos, 1821-1994

Enfermedades transmitidas por vectores y cambio climático

Emil Behring. *In memoriam*

An Introduction to Aquatic Toxicology [Introducción a la Toxicología acuática]. 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 25, núm. 72, periodo septiembre-diciembre 2017, es una publicación periódica, cuatrimestral, multidisciplinaria, editada y distribuida por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Tel./Fax. 449 9 10 74 00, ext. 34113, www.uaa.mx/investigacion/revista, revistaiyc@correo.uaa.mx. Editor responsable: María del Carmen Martínez Serna. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2002-042412342500-102, ISSN: 1665-4412. Número de Certificado de Licitud de Título: 12284, Número de Certificado de Licitud de Contenido: 8497, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Registro Postal en SEPOMEX No. PP01-0003. Diseñada e impresa en el Departamento de Procesos Gráficos de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Este número se terminó de imprimir el 29 de noviembre de 2017 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

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

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

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

ÍNDICES:

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

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

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

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

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

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

REDALYC (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal), <http://www.redalyc.org>

BASES DE DATOS:

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

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

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

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

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



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

FOTOGRAFÍAS DE PORTADA:

- Novillo fistulado de rumen empleado en la prueba experimental
- Extracción de hemolinfa y branquias en camarón *L. vannamei*
- Corte transversal de una yema axilar de vid. (*Vitis vinifera* L.)
- Estanque tipo invernadero con aireación constante
- Pórtico en la parte antigua de la ciudad, Navarra, España
- Queso elaborado con leche pasteurizada de cabra adicionada con BAL (QJ2)
- Río Conchos en el Cañón del Pegüis, Ojinaga, Chihuahua
- Ángulo de la arquitectura de los baños de Los Arquitos

DIRECTORIO

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González
Rector

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

M. en RSM. José Luis García Ruvalcaba
Decano del Centro de las Artes y la Cultura

CONSEJO EDITORIAL

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

COMITÉ EDITORIAL

- Dr. Jaime Raúl Bonilla Barbosa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
- Dr. Juan Carlos A. Jáuregui Correa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO, MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
- Dra. Edith R. Jiménez Huerta
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, MÉXICO
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS REGIONALES-INESER
- Dra. María J. Rodríguez-Shadow
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA, MÉXICO
DIRECCIÓN DE ETNOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA SOCIAL
- Dr. Óscar Alejandro Viramontes Olivas
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOCIAL Y ADMINISTRATIVO
Y SUSTENTABLE
- Dra. Mineko Shibayama
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEL IPN, MÉXICO
DEPARTAMENTO DE INFECTÓMICA Y PATOGÉNESIS MOLECULAR
- Dra. María del Carmen Martínez Serna
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
Editor
- Lic. Sandra Margarita Ruiz Guerra
Asistente
- Lic. Mónica Ávalos Valladares
Corrector de estilo
- Mtra. Pia María White
Corrector de estilo idioma Inglés
- DEPARTAMENTO DE PROCESOS GRÁFICOS
Armado e impresión

CONTENIDO

INVESTIGACIÓN

Pág.

CIENCIAS AGROPECUARIAS

- **Parámetros de fermentación y cinética ruminal en novillos suplementados con diferentes aditivos** 5-11
Fermentation parameters and ruminal kinetics in steers supplements with different additives

Brenda Hernández Martínez
Manuel Murillo Ortiz
Gerardo Pámanes Carrasco
Osvaldo Reyes Estrada
Esperanza Herrera Torres

- **Uso del piso de rejilla como método físico de control de parásitos gastrointestinales en corderos recién destetados** 12-19
Use of the grid floor as a physical method to control gastrointestinal parasites in recently weaned lambs

Francisco Escalera Valente
Fernando Benjamín Carrillo Díaz
Fidel Ávila Ramos
José Lenin Loya Olguín

Sergio Martínez González
Socorro Marisa Salgado Moreno
Agapito Gómez Gurrola

- **Detección de vibrio mediante la amplificación de genes de patogenicidad en camarón *Litopenaeus vannamei* cultivado en un sistema tipo invernadero** 20-29
*Vibrio detection by amplification of pathogenicity genes in shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured in a greenhouse system*

María del Carmen Bermúdez-Almada
Claudia L. Lara-Espinoza
Karen R. Astorga-Cienfuegos

Angélica Espinosa-Plascencia
Marisela Rivera-Domínguez
Enrique Villalpando-Canchola

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

- **Estudio *ab initio* de la capacidad antioxidante de una familia de alcaloides imidazólicos versus flavonoides** 30-35
Ab initio study of the antioxidant capacity of an imidazole alkaloids versus flavonoids family

Elizabeth Torres Cruz
Gabriel Arturo Soto Ojeda
Luz Palomino Asencio
Erwin García Hernández

- **Efecto de los crioprotectores en la morfología y pérdida iónica en yemas axilares de vid cv. `Flame Seedless` criopreservadas** 36-44
Effect of cryoprotectants on the morphology and electrolyte leakage on axillary buds of cryopreserved grapevine cv. `Flame Seedless`

María Fernanda Lazo-Javalera
Martín Ernesto Tiznado-Hernández
Miguel Ángel Martínez-Téllez
Miguel Ángel Hernández-Oñate
Marisela Rivera-Domínguez

Karen Rosalinda Astorga-Cienfuegos
Irasema Vargas-Arispuro
María Auxiliadora Islas-Osuna
Marcos Edel Martínez-Montero

- **Selección de bacterias ácido lácticas del queso artesanal de leche de cabra de Coahuila para su uso como cultivos iniciadores** 45-52
Selection of lactic acid bacterias from Coahuila artisanal goat cheese for their use as starter cultures

Blanca Liliana Narváez Guillén
Francisco Hernández Centeno
Dolores Gabriela Martínez Vázquez

Mario A. Cruz Hernández
Mildred Inna Marcela Flores Verastegui
Sarahí del C. Rangel Ortega

CONTENIDO

- **Aproximación e impacto directo de ciclones tropicales a la cuenca del río Conchos, Chihuahua, México** 53-61
Tropical cyclones approach and direct impact on the Conchos river basin in Chihuahua, Mexico

Daniel Sayto Corona
Samuel Sandoval Solís
Eduardo Herrera Peraza

Humberto Silva Hidalgo
Cornelio Álvarez Herrera

CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

- **Diagnóstico y escenarios de peligro por inundación fluvial en Ciudad Insurgentes, Baja California Sur, México** 62-74
Diagnosis and potential dangers of river flooding in Ciudad Insurgentes, Baja California Sur, Mexico

Saúl Chávez López
Eric Avilés Canett

- **Mar de fondo: Propuesta para mitigar inundaciones en la calle Juan Serrano de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México** 75-81
Ground swell: Proposal to mitigate flooding on Juan Serrano Street in Acapulco city, Guerrero, Mexico

Cynthia I. Jaimes Tenorio
Roberto Arroyo Matus

Esteban R. Guinto Herrera

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

- **Aproximación histórica al concepto de experiencia estética a propósito del diálogo entre la literatura y la enseñanza de las ciencias en la universidad** 82-92
Historical approach to the concept of aesthetic experience concerning the dialogue between literature and the teaching of sciences at the university

Norberto de Jesús Caro Torres
Mónica Moreno Torres

- **La ciudad de Aguascalientes, sus aguas termales y la higiene pública. Los baños de Los Arquitos, 1821-1994** 93-117
The city of Aguascalientes, its hot springs and public hygiene. The baths of Los Arquitos, 1821-1994

Jesús Gómez Serrano
Francisco Javier Delgado Aguilar

REVISIÓN CIENTÍFICA

- **Enfermedades transmitidas por vectores y cambio climático** 118-128
Vector borne disease and climate change

Sergio Andrade-Ochoa
Blanca Estela Rivera-Chavira

Karla Fabiola Chacón-Vargas
Luvia Enid Sánchez-Torres

OBITUARIO

- **Emil Behring. In memoriam** 129-130

Eva María Salinas Miralles

RESEÑA

- **An Introduction to Aquatic Toxicology [Introducción a la Toxicología acuática]** 131-132

Roberto Rico Martínez

Parámetros de fermentación y cinética ruminal en novillos suplementados con diferentes aditivos

Fermentation parameters and ruminal kinetics in steers supplements with different additives

Brenda Hernández Martínez*, Manuel Murillo Ortiz*, Gerardo Pámanes Carrasco**, Osvaldo Reyes Estrada*, Esperanza Herrera Torres*✉

Hernández Martínez, B., Murillo Ortiz, M., Pámanes Carrasco, G., Reyes Estrada, O., & Herrera Torres, E. (2017). Parámetros de fermentación y cinética ruminal en novillos suplementados con diferentes aditivos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 5-11.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el contenido de nitrógeno amoniacal (N-NH₃), ácidos grasos volátiles (AGV), pH y parámetros de cinética ruminal en cuatro novillos (700 ± 100 kg) fistulados de rumen. Se ofrecieron cuatro dietas: forraje concentrado 30:70 (T1) con suplementación de monensina, levadura y sustrato glucogénico (T2, T3 y T4, respectivamente). Los datos obtenidos fueron analizados con un cuadro latino con arreglo factorial 4 x 4. La suplementación de levadura incrementó la concentración de propionato y disminuyó la de acetato ($P < 0.05$). De igual manera, la adición de levadura incrementó el N-NH₃ ($P < 0.05$) y favoreció la degradación de proteína ruminal, sugiriendo un incremento en la cantidad de microorganismos fibrolíticos y promoviendo una mayor tasa de digestión ruminal. El pH no fue afectado por la suplementación ($P > 0.05$). Se concluye que la adición de 10 g de levadura en

Palabras clave: ácidos grasos volátiles; N-NH₃; monensina; sustrato glucogénico; levadura.

Keywords: volatile fatty acids; N-NH₃; monensin; glucogenic substrate; yeast.

Recibido: 29 de abril de 2017, aceptado: 18 de agosto de 2017

* Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Correo electrónico: brendafmvz90@hotmail.com; muom8@yahoo.com.mx; reyesosvaldo@hotmail.com; hetoes99@hotmail.com

** Cátedras Conacyt, Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Universidad Juárez del Estado de Durango. Correo electrónico: gerardo.pamanes@gmail.com

✉ Autor para correspondencia

dietas de ganado en engorda mejoran las características de fermentación ruminal.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the N-NH₃ content, volatile fatty acids (VFA) concentration and pH using 4 ruminal fistulated steers (700 ± 100 kg) supplemented with different additives. Four diets concentrate-forage 70:30 (T1) were offered with a supplementation of monensin, yeast and a glucogenic substrate for T2, T3 and T4, respectively. Data were analyzed as a 4 x 4 latin square with factorial arrangement. Yeast supplementation increased propionate and decreased acetate concentrations ($P < 0.05$); however, the other additives showed no effect on VFA ($P > 0.05$). Likewise, yeast supplementation increased N-NH₃ ($P < 0.05$) enhancing ruminal protein degradability and suggesting an increase in the fibrolytic microorganisms and promotes a higher digestibility rate. The pH was not affected by supplementation ($P > 0.05$). It can be concluded that supplementation of 10 g of yeast on beef cattle diets improves ruminal fermentation characteristics.

INTRODUCCIÓN

La producción de carne en corrales de engorda se caracteriza por el alto costo en la alimentación del ganado, lo cual representa hasta 70% del costo total de producción (SAGARPA, 2010). Como una alternativa para la reducción en gastos de alimentación, así como para mejorar la eficiencia y

crecimiento, se ha recurrido al uso de aditivos como suplementos alimenticios en la dieta de bovinos. Estos productos facilitan la transferencia de cationes a través de las membranas celulares y favorecen el crecimiento de bacterias gram negativas en el rumen (Kunkle, Johns, Poore, & Herd, 2000). Entre los principales aditivos alimenticios que se emplean en la actualidad se encuentran los ionóforos, levaduras, enzimas fibrolíticas y actualmente, sustratos glucogénicos (Bayat et al., 2015; Matras, Klebaniuk, & Kowalczyk-Vasilev, 2012; Murillo et al., 2001). Estos últimos promueven la generación de glucosa a partir de la gluconeogénesis, lo cual representa la principal fuente de energía para la mayoría de las células (Livas, Torillo, & Mireles, 2013).

Algunos autores afirman que el aditamento de levaduras a la alimentación de bovinos mejora los parámetros de fermentación ruminal, mientras que la monensina altera parámetros ruminales como el pH, la producción de ácidos grasos volátiles y la relación acetato:propionato (Aderinboye, Onwuka, Arigbede, Oduguwa, & Aina, 2012; Bayat et al., 2015). Livas et al. (2013) suplementaron propilenglicol, un aditivo glucogénico, a la dieta de bovinos en engorda, registrando ganancias diarias de peso (GDP) de 2.04 kg, así como una conversión alimenticia (CA) de 6.4. Por otro lado, Carillo-Herrera et al. (2016) reportaron una GDP y una CA de 1.215 kg/d y 6.67, respectivamente, en vaquillas suplementadas con el mismo aditivo. Sin embargo, la información del efecto de los sustratos glucogénicos en los parámetros de fermentación y cinética ruminal, así como la comparación con otro tipo de aditivos, es controversial. Debido a esto, el objetivo de esta investigación fue evaluar los parámetros de fermentación y cinética ruminal en novillos suplementados con diferentes aditivos alimenticios.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en el km 11.5 de la carretera Durango-Mezquital a 23 ° 51' N y 104 ° 15' O a 1730 m.s.n.m., según reportó el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2004).

Animales y dietas experimentales

Para el estudio se emplearon cuatro animales fistulados de rumen (peso promedio de 700 ± 100

kg) (figura 1), los cuales se alojaron en corraletas individuales de 6 X 16 m provistas de bebederos y comederos individuales. Las dietas fueron isoenergéticas e isoproteicas y balanceadas de acuerdo con los requerimientos nutricionales de novillos en engorda (NRC, 2000).



Figura 1. Novillo fistulado de rumen empleado en la prueba experimental.
Imagen de los autores.

Los suplementos utilizados en los tratamientos experimentales fueron monensina, levadura y un sustrato glucogénico. La levadura utilizada está conformada por una mezcla de *Saccharomyces cerevisiae* y oligosacáridos. Por otro lado, el sustrato glucogénico está compuesto por una mezcla de propionatos (3.3% de propano-1,2-diol; 6.9% de propionato de calcio; c.f.p. excipiente). Los animales fueron alimentados con cuatro dietas experimentales (tabla 1) dos veces al día (9:00 y 15:00 h), mientras que los rechazos fueron pesados diariamente. El consumo de materia seca se restringió a 2.2% del peso vivo de los animales de acuerdo con lo recomendado por Zinn (2000).

El experimento se dividió en cuatro periodos experimentales de 11 días cada uno, de los cuales 10 fueron de adaptación a la dieta y uno de muestreo. En el día 11 se tomaron 100 ml de líquido ruminal de cada uno de los novillos a las 0, 4, 8 y 12 h después de la alimentación, e inmediatamente se registró el pH con un potenciómetro (Hi 991300, Hanna). Dos submuestras de 10 ml de líquido ruminal fueron colectadas y acidificadas para su conservación; una

Tabla 1
Ingredientes y composición nutricional de los tratamientos experimentales

Ingredientes	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Heno de alfalfa (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
Heno de avena (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
Harinolina (%)	20.0	20.0	20.0	20.0
Maíz rolado (%)	47.0	47.0	47.0	47.0
Mezcla mineral* (%)	1.0	1.0	1.0	1.0
Carbonato de calcio (%)	2.0	2.0	2.0	2.0
Monensina (g/a/d)	0	2.0	0	0
Levadura (g/a/d)	0	0	10.0	0
Sustrato glucogénico† (g/a/d)	0	0	0	20.0
Composición química (g/kg)				
Materia orgánica	940	940	940	940
Proteína cruda	135	135	135	135
Extracto etéreo	2.8	2.8	2.8	2.8
Fibra detergente neutra	490	490	490	490
Fibra detergente ácida	195	195	195	195

Nota: *Mezcla mineral: P (12%), Ca (12%), Na (9%), Mg (1.7%), Zn (0.5%); †Mezcla glucogénica: 3.3% propilen-1,2-diol, 6.9% propionato de calcio, 89.8% excipiente.
Elaboración propia.

de ellas con 2.5 ml de ácido metafosfórico a 25%, mientras que la otra con 0.3 ml de H_2SO_4 a 50% para determinar ácidos grasos volátiles (AGV) y $N-NH_3$, respectivamente. Las muestras se almacenaron a $-20\text{ }^\circ\text{C}$ para análisis posteriores.

El análisis de $N-NH_3$ se realizó con la técnica de fenol-hipoclorito propuesta por Galyean y May (1995) en un equipo Genesys 10S VIS (Thermo Scientific, USA). La evaluación de los AGV se llevó a cabo inyectando aproximadamente 1 μl de muestra en modo *splitless* en un cromatógrafo de gases (CG) 6890N (Agilent Technologies, Wilmington, DE) equipado con un detector de ionización de flama en una columna capilar de polietilenglicol HP-Innowax (30 m x 0.32 mm x 0.15- μm , J&W Scientific). El horno fue programado con una temperatura inicial de $80\text{ }^\circ\text{C}$ (mantenida constante por 1 min) a $120\text{ }^\circ\text{C}$ con una rampa de temperatura de $20\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ y después incrementado a $205\text{ }^\circ\text{C}$ con una rampa de $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$, para finalmente mantener constante por espacio de 2 min. Se utilizó N_2 como gas acarreador con flujo de 40 ml/min.

El modelo utilizado para la determinación de los parámetros de cinética ruminal fue estimado de acuerdo con lo propuesto por Mertens y Ely (1979).

Análisis estadístico

El diseño experimental empleado para el análisis de la concentración de AGV, amoníaco y pH ruminal

fue un cuadrado latino 4 x 4 con arreglo factorial. Los factores evaluados fueron el tipo de aditivo (tratamiento) y los tiempos de fermentación. El modelo incluyó los efectos de tratamiento, tiempos de fermentación y la interacción entre ambos. Como efecto aleatorio se consideró el animal anidado dentro del tratamiento. En el análisis de los datos se utilizó el procedimiento MIXED de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Para separar las medias mínimas cuadráticas se utilizó la opción PDIF.

RESULTADOS

En la concentración de acético propiónico butírico y AGVT no se observaron interacciones tratamiento x tiempo de muestreo ($P>0.05$, tabla 2); por lo que sólo se discute el efecto del tratamiento. La adición de levadura redujo la concentración de ácido acético y la relación A:P e incrementó la concentración de ácido propiónico ($P<0.05$). Por otro lado, no se observaron diferencias en las concentraciones de ácido butírico ni en la producción de AGVT.

La interacción tratamiento x tiempo de muestreo fue significativa para la concentración de $N-NH_3$ y pH ($P<0.05$, tabla 3). Además, la adición de levadura y sustrato glucogénico redujo 38 y 31% la concentración de $N-NH_3$ al tiempo cero, respectivamente ($P<0.05$). Asimismo, a las 12 h de fermentación todos los aditivos suplementados provocaron un incremento en la concentración de $N-NH_3$ de 99, 70 y 23% con T2,

Tabla 2
Medias mínimas cuadráticas de la concentración de ácidos grasos volátiles en novillos suplementados con diferentes aditivos

	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	EE
Acético (mol/100 moles AGV)	69.94 ^a	69.61 ^a	63.59 ^b	69.62 ^a	2.18
Propiónico (mol/100 moles AGV)	16.3 ^b	16.1 ^b	23.2 ^a	16.3 ^b	1.99
Butírico (mol/100 moles AGV)	11.1 ^a	10.9 ^a	10.7 ^a	11.5 ^a	0.57
AGVT (mM)	67.58 ^a	67.72 ^a	66.00 ^a	67.80 ^a	3.54
Acetato: Propionato (A:P)	4.39 ^a	4.40 ^a	3.01 ^b	4.32 ^a	0.35

Nota: ^{ab} Medias con literal diferente en la misma fila son diferentes ($P>0.05$); AGVT: ácidos grasos volátiles totales; EE: error estándar de la media.
Elaboración propia.

Tabla 3
Medias mínimas cuadráticas de las concentraciones de nitrógeno amoniacal y pH en novillos suplementados con diferentes aditivos

Tiempo (h)	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	EE
	N-NH ₃ (mg/dl)				
0	6.87 ^a	8.25 ^a	4.2 ^b	4.68 ^b	2.11
4	6.13 ^a	4.12 ^a	5.36 ^a	4.32 ^a	2.11
8	4.15 ^a	5.19 ^a	8.05 ^a	6.79 ^a	2.11
12	6.50 ^b	12.98 ^a	11.07 ^a	8.05 ^a	2.11
	pH				
0	7.14 ^a	7.46 ^a	7.40 ^a	7.41 ^a	0.13
4	6.75 ^a	6.94 ^a	7.08 ^a	6.87 ^a	0.13
8	6.73 ^a	6.96 ^a	6.99 ^a	6.76 ^a	0.13
12	6.59 ^a	7.19 ^a	7.18 ^a	6.74 ^a	0.13

Nota: ^{ab} Medias con literal diferente en la misma fila son diferentes ($P>0.05$); EE: error estándar de la media.
Elaboración propia.

T3 y T4, respectivamente ($P<0.05$). En contraste, no se observaron diferencias en el pH entre tratamientos ($P>0.05$).

Por otra parte, la tabla 4 muestra los parámetros de cinética ruminal. La tasa de pasaje (K_p), la tasa de digestión (K_d) y el tiempo medio de retención ruminal fueron diferentes entre tratamientos ($P<0.05$), además la adición de levadura y sustrato glucogénico incrementaron la K_p y K_d , mientras que TMRR disminuyó.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, la adición de sustrato glucogénico no modificó la concentración de acetato. Sin embargo, Ghorbani, Morgavi, Beauchemin y Leedle (2002) registraron una disminución en la concentración de acetato en ganado de carne suplementado con propionibacterium. La levadura incre-

mentó la concentración de propionato y disminuyó la relación acetato:propionato. Estos resultados son similares a los registrados por Zhu et al. (2017) en vacas suplementadas con *Saccharomyces cerevisiae* (20.6 mMol/l y 3.55, respectivamente). Adicionalmente, Hassan y Mohammed (2016) presentaron un incremento en la concentración de propionato con la adición de levaduras. Estos cambios pueden ser atribuidos al incremento de bacterias fibrolíticas y a la reducción de microorganismos productores de lactato y receptores de iones hidrógeno para la producción de metano. De esta manera, al disminuir estos últimos, se promueve la formación de propionato a nivel ruminal (Ungerfeld, 2015).

Sin embargo, el hecho de que no se hayan registrado cambios en los AGVT se podría atribuir al incremento del propionato y a la disminución del acetato. Además, la tasa de producción de propionato y otros AGV está directamente relacionada con el

Tabla 4
Parámetros de la cinética ruminal en novillos suplementados con diferentes aditivos

	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	EE
Kp (%/h)	3.51 ^c	4.75 ^b	5.70 ^a	4.62 ^b	0.17
Kd (%/h)	7.27 ^c	8.32 ^b	9.91 ^a	8.02 ^b	0.08
TMRR (h)	28.57 ^a	21.01 ^b	17.60 ^c	21.60 ^b	0.34
TSLR (L/h)	2.35 ^c	2.08 ^b	2.35 ^a	2.01 ^b	0.02

Nota: ^{abc} Medias con literal diferente en la misma fila son diferentes ($P > 0.05$); Kp: tasa de pasaje; Kd: tasa de digestión; TMRR: tiempo medio de retención ruminal; EE: error estándar de la media.

Elaboración propia.

consumo de sustratos fermentables, donde la síntesis de propionato es favorecida por la fermentación del almidón por las bacterias amilolíticas (Van Soest, 1994). Por el contrario, Oeztuerk, Emre y Breves (2016) registraron incrementos en el contenido de AGV totales al adicionar 0.75 g de levaduras a dietas consumidas por bovinos. Asimismo, la disminución en la proporción A:P es reflejo del incremento de propionato. Estos resultados confirman que la adición de levaduras a dietas de bovinos mejora el empleo de la energía.

De acuerdo con Satter y Slyter (1974) y Cheeke (2004), la concentración adecuada de N-NH₃ en el rumen varía de 5 a 25 mg/100 ml de líquido ruminal; mientras que Satter y Slyter (1974) mencionan que la eficiencia microbiana ocurre cuando la concentración de N-NH₃ se encuentra entre 5 y 8 mg/100 ml. En el presente estudio, la concentración de N-NH₃ fue menor a las 4 h con la adición de monensina. Lo anterior se puede atribuir a que la monensina interfiere en la actividad proteolítica, lo que provoca una menor degradabilidad ruminal de la proteína (Bergen & Bates, 1984). No obstante, el incremento en los valores de N-NH₃ después de las 12 h de fermentación sugiere un aumento en la degradación de proteína a nivel ruminal y en el contenido de proteína microbiana después de las 12h de fermentación, resultados que coinciden con lo reportado por Rodríguez Muela et al. (2010). Por otro lado, Carrillo-Herrera et al. (2016) registraron concentraciones de N-NH₃ menores en becerros suplementados con un sustrato glucogénico a las 4 y 8 h de fermentación (2.04 y 2.59 mg/dl, respectivamente); mientras que Oeztuerk et al. (2016) obtuvieron 10.94 mMol/l (18.61 mg/dl) de N-NH₃ al emplear 0.75 g de levadura y Öztürk et al. (2015) 12.91 mg/dl.

Por otro lado, el pH se mantuvo constante debido a que la velocidad de absorción de los AGV a través

de la pared ruminal, así como el tipo de bacterias que se propagan, promueven la homeostasis del pH (Carrillo-Herrera et al., 2016; Khorrami, Vakili, Danesh, & Klevenhusen, 2015). Herrera (2005) y Kamel, Sekine, El-Waziry y Yacout (2004) no registraron efectos de la levadura en los parámetros de cinética ruminal; sin embargo, Quiñones (2001) menciona que las levaduras vivas representan una alternativa adecuada en la alimentación de bovinos, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente análisis. Los incrementos observados en la Kp y Kd en este trabajo de investigación podrían ser ocasionados por un incremento en los microorganismos fibrolíticos debido a la adición de levaduras, lo cual promueve una rápida digestión (Hassan & Mohammed, 2016).



Figura 2. Parte del proceso experimental. Imagen de los autores.

CONCLUSIONES

La adición de levadura en dietas para novillos en finalización mejoró los parámetros de fermentación y cinética ruminal al proporcionar suficiente energía

y proteína, lo cual se reflejó en un aumento en la concentración de AGV ruminales, así como la concentración de N-NH₃. Sin embargo, se recomiendan más estudios en los cuales se utilicen diferentes dietas con las levaduras vivas y los precursores glucogénicos con la finalidad de mejorar estas variables alimenticias, lo cual puede

repercutir en un buen desempeño animal. Asimismo, estos resultados deben de corroborarse con pruebas de comportamiento productivo. Finalmente, se sugiere la combinación de los aditivos alimenticios en las dietas para bovinos con el objetivo de mejorar el desempeño de los animales a través de la manipulación del ecosistema ruminal.

REFERENCIAS

- Aderinboye, R. Y., Onwuka, C. F., Arigbede, O. M., Oduguwa, O. O., & Aina, A. B. (2012). Effect of dietary monensin inclusion on performance, nutrient utilisation, rumen volatile fatty acid concentration and blood status of West African dwarf bucks fed with basal diets of forages. *Tropical Animal Health and Production*, 44(5), 1079-1087.
- Bayat, A. R., Kairenius, P., Stefanski, T., Leskinen, H., Comtet Marre, S., Forano, E., ..., Shingfield, K. J. (2015). Effect of camelina oil or live yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal methane production, rumen fermentation, and milk fatty acid composition in lactating cows fed grass silage diets. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 3166-3181.
- Bergen, W. G., & Bates, D. B. (1984). Ionophores: their effect on production, efficiency and mode of action. *Journal of Animal Science*, 58(6), 1465-1483.
- Carrillo-Herrera, J., Murillo-Ortiz, M., Herrera-Torres, E., Carrete-Carreón, F., Reyes-Estrada, O., & Livas-Calderón, F. (2016). Rendimiento productivo y calidad de la canal de becerros alimentados con un precursor glucogénico. *Abanico Veterinario*, 69(1), 13-21.
- Cheeke, P. R. (2004). *Applied animal nutrition: Feeds and feeding* (3ª. ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Galindo, J., & Marrero, Y. (2005). Manipulación de la fermentación microbiana ruminal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39, 439-450.
- Galyean, M. L., & May, T. (1995). *Procedures in animal nutrition research*. NM: New Mexico State University.
- Ghorbani, G. R., Morgavi, D. P., Beauchemin, K. A., & Leedle, J. A. (2002). Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal fermentation, blood variables, and the microbial populations of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 80(7), 1977-1985.
- Hassan, S. A., & Mohammed, S. F. (2016). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on rumen characteristics in awassi lambs fed diets with different roughage to concentrate ratios. *The Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 47(Special issue), 1-11.
- Herrera, T. E. (2005). *Efecto de las enzimas fibrolíticas exógenas y las levaduras vivas sobre la cinética digestiva y la producción de nitrógeno amoniacal ruminal en dietas para ganados de engorda* (Tesis de maestría). Universidad Juárez del estado de Durango, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2004). Sistema para la consulta del cuaderno estadístico municipal [Base de datos]. Recuperado de www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem04/nacional/index.htm
- Kamel, H. E. M., Sekine, J., El-Waziry, A. M., & Yacout, M. H. M. (2004). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on the synchronization of organic matter and nitrogen degradation kinetics and microbial nitrogen synthesis in sheep fed berseem hay (*Trifolium alexandrinum*). *Small Ruminant Research*, 52(3), 211-216. doi: 10.1016/j.smallrumres.2003.06.001
- Khorrami, B., Vakili, A. R., Danesh Mesgaran, M., & Klevenhusen, F. (2015). Thyme and cinnamon essential oils: Potential alternatives for monensin as a rumen modifier in beef production systems. *Animal Feed Science and Technology*, 200, 8-16. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2014.11.009
- Kunkle, W. E., Johns, J. T., Poore, M. H., & Herd, D. B. (2000). Designing supplementation programs for beef cattle fed forages-based diets. *Journal of Animal Science*, 77(E-suppl.), 1-11.
- Livas, C. F., Torillo, P. J., & Mireles, O. R. (agosto, 2013). Comparación de 2 niveles de un sustrato gluconeogénico en la engorda de toretes estabulados en el trópico seco de Veracruz, México. *Memorias Científicas. XXXVII Congreso Nacional de Buiatría*. Acapulco, México: Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especializados en Bovinos, A. C.
- Matras, J., Klebaniuk, R., & Kowalczyk-Vasilev, E. (2012). Impact of glucogenic additive in transition dairy cow diets of varying ruminal starch degradability on yield and composition of milk and reproductive parameters. *Czech Journal of Animal Science*, 57(7), 301-311.
- Mertens, D. R., & Ely, L. O. (1979). A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *Journal of Animal Science*, 49, 1085-1095.

- Murillo, O. M., Cervantes, J., Castro, H. L., Sánchez, F., Vázquez, S., & Zinn, R. (2001). Efecto de fibroenzimas sobre la digestión ruminal y flujo postuminal de la fracción fibra en dietas de bovinos de carne. *Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal*. Brasil: Alltech.
- National Research Council. (2000). *Nutrient requirements of beef cattle* (7ª. ed.). Washington, DC: National Academies Press. doi: 10.17226/9791
- Oeztuerk, H., Emre, B., & Breves, G. (2016). Effects of hydrolysed yeasts on ruminal fermentation in the rumen simulation technique (Rusitec). *Veterinárni Medicina*, 61(4), 195-203. doi: 10.17221/8820-VETMED
- Öztürk, H., Salgırlı Demirbas, Y., Aydın, F. G., Pişkin, I., Ünler, F. M., & Emre, M. B. (2015). Effects of hydrolyzed and live yeasts on rumen microbial fermentation in a semicontinuous culture system (Rusitec). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39, 556-559.
- Quiñones, G.A. (2011). *Cultivo de levaduras vivas, y su efecto sobre la digestión del nitrógeno y la cinética ruminal de fracción líquida en dietas para bovinos de engorda* (Tesis de maestría). Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, México.
- Rodríguez Muela, C., Aguirre, E., Salvador, F., Ruiz, O., Arzola, C., La, O., & Villalobos, C. (2010). Producción de gas, ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal in vitro con dietas basadas en pasto seco. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44(3), 251-259.
- Satter, L. D., & Slyter, L. L. (1974). Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal of Nutrition*, 32(2), 199-208.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2010). *Manual de buenas prácticas pecuarias en el sistema de producción de ganado productor de carne en confinamiento*. Recuperado el 16 de enero 2017, de www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Documents/.../manual_bovino.pdf
- Ungerfeld, E. M. (2015). Shifts in metabolic hydrogen sinks in the methanogenesis-inhibited ruminal fermentation: A meta-analysis. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1-17. doi: 10.3389/fmicb.2015.00037
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2ª. ed.). New York, NY: Cornell University Press.
- Zhu, W., Wei, Z., Xu, N., Yang, F., Yoon, I., Chung, Y., ..., Wang, J. (2017). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on performance and rumen fermentation and microbiota in dairy cows fed a diet containing low quality forage. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8: 36. doi: 10.1186/s40104-017-0167-3
- Zinn, R. A., Gulati, S. K., Plascencia, A., & Salinas, J. (2000). Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 78(7), 1738-1746.

Uso del piso de rejilla como método físico de control de parásitos gastrointestinales en corderos recién destetados

Use of the grid floor as a physical method to control gastrointestinal parasites in recently weaned lambs

Francisco Escalera Valente*, Sergio Martínez González*, Fernando Benjamín Carrillo Díaz*, Socorro Marisa Salgado Moreno*, Fidel Ávila Ramos**, Agapito Gómez Gurrola*, José Lenin Loya Olguín*✉

Escalera Valente, F., Martínez González, S., Carrillo Díaz, F. B., Salgado Moreno, S. M., Ávila Ramos, F., Gómez Gurrola, A., & Loya Olguín, J. L. (2017). Uso del piso de rejilla como método físico de control de parásitos gastrointestinales en corderos recién destetados. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25 (72), 12-19.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el piso de rejilla para controlar parásitos gastrointestinales y determinar su efecto en algunas variables de producción. Se utilizaron 32 corderos divididos en dos grupos. El primero alojado en jaulas elevadas con piso de rejilla de plástico (PRP), el segundo en corrales con piso de concreto (PC). Semanalmente, se tomaron muestras de heces, se registró el consumo de alimento y la ganancia diaria de peso (GDP). A las heces se les realizó un análisis cualitativo y cuantitativo. No existió diferencia en el número de ooquistes/huevecillos de protozoarios (4,979 vs. 5,206), céstodos (125 vs. 56) ni de nemátodos (590 vs. 490) entre los grupos PRP y PC, respectivamente. Tampoco hubo diferencia en la GDP (240g PRP vs. 230 g PC) y en la conversión alimenticia (4.74 PRP vs.

4.75 PC). Bajo las condiciones del presente trabajo, no existe diferencia entre los corderos estabulados en piso de rejilla y en piso de concreto, en el control de parásitos gastrointestinales ni en el comportamiento productivo.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the use of the raised-slatted floor to control gastrointestinal parasites and to determine their effect on some production variables. Thirty two lambs divided into two groups were used. The first, housed in raised-slatted floor (RSF), the second in pens with concrete floor (CF). Stool samples were taken weekly, food consumption and daily weight gain (DWG) were recorded. A qualitative and quantitative analysis were performed on the feces. There was no difference in the number of protozoan oocysts (4,979 vs. 5,206), cestodes (125 vs. 56) or nematodes (590 vs. 490) between the RSF and CF groups, respectively. There was also no difference on DGW (240g RSF vs. 230 g CF) and feed conversion (4.74 RSF vs. 4.75 CF). Under conditions of the present work there is no difference between lambs on grid floor and lambs on concrete floor in the gastrointestinal parasite control, neither in the productive behavior.

Palabras clave: corderos; sanidad; resistencia parasitaria; piso de rejilla; producción.

Keywords: lambs; health; parasitic resistance; raised-slatted floor; production.

Recibido: 12 de enero de 2017, aceptado: 18 de agosto de 2017

* Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera de Cuota Compostela-Chapalilla km 3.5, C. P. 63700, Compostela, Nayarit, México. Correo electrónico: francescalera@hotmail.com; sergiotepec@hotmail.com; fdoc_8@hotmail.com; coco_salgado@hotmail.com; yosibi@hotmail.com; joselenin28@hotmail.com

** Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato campus Irapuato-Salamanca. Ex Hacienda El Copal km 9, C. P. 36500, Carretera Irapuato-Silao, A. P. 311, Irapuato, Guanajuato, México. Correo electrónico: ledifar@hotmail.com

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

La producción de carne ovina en México no satisface la demanda del país, por tanto, se importa carne en canal y borrego en pie (Hernández Cortázar, Rejón Ávila, Valencia Heredia, & Araujo Andrade,

2014). El déficit de producción en México se debe principalmente al sistema de engorde de los corderos, la deficiencia de las instalaciones y la incidencia de enfermedades (Martínez González et al., 2011). El principal problema de salud al que se enfrentan los ovinos en México se debe a las enfermedades parasitarias (Mireles Martínez, Valencia Almazán, & Gutiérrez Segura, 2009) que afectan con mayor frecuencia a los animales jóvenes y en desarrollo, provocan baja ganancia de peso y retraso en el crecimiento (González Garduño, Córdova Pérez, Torres Hernández, Mendoza de Gives, & Arece García, 2011).

Dentro de las enfermedades causadas por parásitos, la coccidiosis es especialmente importante en corderos predestetados, recién destetados (Kaya, 2004) y en cría intensiva, ya que produce enfermedad entérica, pues dichos organismos invaden y destruyen las células epiteliales intestinales (Saratsis et al., 2013). Cuéllar-Ordaz (2008) reportó disminución de los problemas de salud por coccidiosis al usar corrales con piso de rejilla, un ejemplo de este uso se puede ver en la figura 1.

No obstante, en la mayoría de las investigaciones en corderos estabulados en piso de rejilla sólo se evalúa el comportamiento productivo (Lupton, Huston, Craddock, Pfeiffer, & Polk, 2007; Magaña-Monforte et al., 2015; Muñoz Osorio, Aguilar Caballero, Sarmiento Franco, Wurzinger, & Gutiérrez Reynoso, 2015). Sin embargo, el comportamiento productivo de los animales no está totalmente desligado de las mermas que pueden ocasionar los parásitos (González Garduño et al., 2011).

Taylor (2013) comenta que debido al aumento de los reportes de resistencia a los antihelmínticos en todo el mundo, se requiere del desarrollo de estrategias de control parasitario que optimicen el uso de antihelmínticos. El uso del piso de rejilla puede ser una alternativa para disminuir la incidencia de las enfermedades parasitarias y contribuir a disminuir el uso de productos quimioterapéuticos, pues limita el contacto entre el hospedero y las formas infectantes de los parásitos; con ello, podrían mejorar las variables productivas de los corderos al destete. El objetivo de la investigación fue evaluar el uso del piso de rejilla para controlar parásitos gastrointestinales, mejorar la ganancia de peso y la conversión alimenticia en corderos recién destetados.



Figura 1. Jaula en elevado con piso de rejilla de plástico. Imagen del equipo de investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

La investigación se realizó en la Unidad de Producción de Ovinos y Caprinos de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit. Ubicada en Compostela, Nayarit (21°14'14" norte y 104°54'03" oeste) a 840 m.s.n.m., según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2012). El manejo de los animales y la toma de las muestras se realizaron siguiendo los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 (2001); en cuanto a especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio, así como de explotaciones ganaderas, granjas, centros de producción, reproducción y cría.

Unidades experimentales

Se utilizaron 32 corderos (nacidos en la misma unidad de producción) de 73 ± 6 días de edad cruce Pelibuey x Katahdin: 16 hembras (12.2 ± 4.5 kg) y 16 machos (14.0 ± 5.1 kg). Las 32 unidades experimentales se pesaron al iniciar el experimento, se tomó una muestra de heces directamente del recto (utilizando guantes de látex esterilizados) y todos los corderos recibieron una dosis de selenio (Selen-E®, 1 ml/50 kg P.V. vía S.C.), como tratamiento preventivo de la enfermedad de músculo blanco. Se formaron dos grupos mixtos con ocho hembras y ocho machos; el primer grupo (11.88 ± 3.7 kg) se colocó en jaulas con piso de rejilla (6.35 m^2 cada jaula). El segundo se colocó (14.30 ± 5.5 kg) en corrales de piso de concreto (9.73 m^2 cada corral). La etapa experimental duró 15

semanas dividida en dos periodos; el Periodo 1 fue durante las primeras siete semanas, el Periodo 2 duró ocho semanas.

Cada semana, a las 07:30 a.m. aproximadamente, todos los corderos fueron pesados antes de recibir el alimento, se les tomó una muestra de heces (10 g), se retiró y peso el alimento rechazado y por último se alimentaron con la dieta base a las 08:00 h, las dietas se elaboraron de acuerdo con las recomendaciones del National Research Council (NRC, 1985) para ovinos en etapa de destete. Las muestras de heces individuales se colocaron en bolsas estériles (Whirl-Pack Nasco) en condiciones de refrigeración para trasladarlas al laboratorio de Parasitología. La presencia y diferenciación de parásitos gastrointestinales se realizó mediante la técnica de flotación de Willis enriquecida, la cual permite maximizar la muestra en una laminilla hasta 100x; donde se distinguen estructuras como la forma, tamaño, número de blastómeros y la pared del huevo (Morales & Pino, 2009). Para determinar el número de ooquistes por gramo de heces (opg) y huevecillos por gramo de heces (HPG) se utilizó la técnica de McMaster (Dryden, Payne, Ridley, & Smith, 2005).

Análisis estadístico

Para analizar los datos se utilizó el diseño de bloques completos, bloqueado por sexo, con el modelo lineal general (GLM, por sus siglas en inglés) para ganancia de peso, el peso inicial de los corderos se usó como covariable. Además, se realizó un análisis de correlación entre las variables de comportamiento productivo y parasitológicas, se utilizó el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 20.0.

RESULTADOS

Comportamiento parasitario

Los géneros de los parásitos gastrointestinales (PGI) encontrados fueron protozoarios (*Coccidia* spp.), céstodos (*Moniezia* spp.) y nemátodos (*Haemonchus contortus*, *Chabertia* spp., *Ostertagia* spp., *Trichostrongylus* spp., *Oesophagostomum* spp., *Paramphistomum* spp., *Toxocara* spp., *Cooperia* spp.). Las cantidades totales de huevecillos/ooquistes de protozoarios, céstodos y nemátodos, fueron similares entre los dos grupos ($p > 0.05$) (tabla 1).

La interacción tipo de piso * sexo tampoco arrojó diferencias estadísticas ($p > 0.05$) en el número de

huevecillos/ooquistes. Sin embargo, el número de nemátodos (sin importar el tipo de piso) fue mayor en machos que en hembras ($p < 0.05$), mientras que los protozoarios y los céstodos no mostraron diferencia ($p > 0.05$) (tabla 2).

Tabla 1
Cantidad promedio (DS) de huevecillos/ooquistes encontrados en ovinos alojados en corrales de piso de rejilla o de concreto

Tipo de piso	Protozoarios (opg ¹)	Céstodos (HPG ²)	Nemátodos (HPG)
Piso de rejilla	4979 (±12739)	125 (±1116)	590 (±2502)
Piso de concreto	5206 (±10920)	56 (±240)	490 (±2551)

Nota: ¹Ooquistes por gramo de heces. ²Huevecillos por gramo de heces. Elaboración propia.

Tabla 2
Número de huevecillos/ooquistes en hembras y machos de los diferentes grupos

Grupo	Piso de rejilla		Piso de concreto		Total	
	M ¹	H ²	M	H	M	H
Protozoarios (opg)	4450	5384	4742	5792	4614 ^a	5563 ^a
Céstodos (HPG)	268	16	86	17	166 ^a	17 ^a
Nemátodos (HPG)	991	284	626	318	785 ^a	299 ^b

Nota: ¹Machos; ²Hembras. ^{a, b} Letras distintas en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$). Elaboración propia.

Comportamiento productivo

La tabla 3 presenta los resultados de las variables de peso inicial, peso final, ganancia total de peso, ganancia de peso diaria y conversión alimenticia. En ninguna variable productiva se observó diferencia ($p > 0.05$) entre los corderos en piso de concreto y piso de rejilla, aunque los corderos estabulados en piso de rejilla iniciaron con un peso 20% menor que los estabulados en piso de concreto.

Correlaciones entre variables productivas y valores de HPG

Con respecto a las correlaciones, ninguna de ellas

Tabla 3
Comportamiento productivo de corderos Pelibuey x Katahdin recién destetados, alojados en corrales con piso de rejilla o concreto

Tipo de piso	PI	PF	GTP	GDP	CA (BS ¹)
Piso de rejilla	11.88	36.2	23.80	0.240	4.74
Piso de cemento	14.30	36.9	22.00	0.230	4.75

Nota: ¹Base seca. PI= peso inicial, PF= peso final, GTP= ganancia total de peso, GDP= ganancia diaria de peso, CA= conversión alimenticia.

Elaboración propia.

Tabla 4
Correlaciones presentadas entre las variables de comportamiento productivo y huevecillos de parásitos

		PI ¹	PF ²	GPT ³	GDP ⁴
opg protozoarios	Correlación de Pearson	-.216	-.209	.027	-.237
	Sig. (bilateral)	.234	.252	.883	.192
	N	32	32	32	32
HPG céstodos	Correlación de Pearson	-.125	-.311	-.202	-.201
	Sig. (bilateral)	.494	.083	.268	.269
	N	32	32	32	32
HPG nemátodos	Correlación de Pearson	.216	.066	-.230	-.121
	Sig. (bilateral)	.236	.722	.205	.510
	N	32	32	32	32

Nota: ¹PI= Peso inicial. ²PF= Peso final. ³GPT= Ganancia de peso total. ⁴GDP= Ganancia diaria de peso.
Elaboración propia.

mostró diferencia estadística significativa ($p > 0.05$), aunque la ganancia diaria de peso se correlaciona negativamente con el número de huevecillos/ooquistes de coccidia, céstodos y nemátodos (tabla 4).

Análisis por periodos de estudio

No existió diferencia significativa ($p > 0.05$) en el número de protozoarios entre los periodos de los dos grupos, aunque hubo tendencia a la disminución (figura 2).

Con respecto a los céstodos, no existió diferencia entre los periodos ($p > 0.05$), aunque se aprecia un incremento en el grupo de corderos colocados en piso de concreto y una disminución en los corderos colocados en piso de rejilla (figura 3).

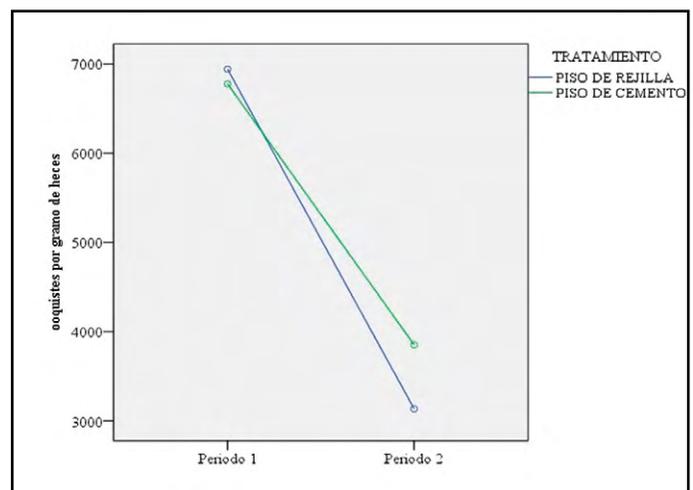


Figura 2. Número de ooquistes por gramo de heces de coccidia de corderos alojados en corrales con piso de rejilla o concreto.

Elaboración propia.

Por otro lado, los nemátodos de ambos tratamientos tampoco presentaron diferencia estadística ($p > 0.05$) entre los periodos. Sin embargo, es de notar que al inicio del experimento, los corderos del grupo estabulado en piso de rejilla presentaron un mayor número de huevecillos (figura 4).

DISCUSIÓN

Comportamiento parasitario

Los valores de coccidia fueron superiores a los de nemátodos y estos, a su vez, mayores a los céstodos ($p < 0.05$), coincide con quienes describen a los protozoarios y nemátodos como las principales enfermedades parasitarias en corderos (Alzieu, Mage, Maes, & De Muelenaere, 1999; González Garduño et al., 2011; Sayago et al., 2004). Los valores de coccidia encontrados por Sayago et al. (2004) previo al destete fueron muy elevados; sin embargo, en los muestreos posteriores al destete los valores disminuyeron a cerca de 1,000 opg, que son

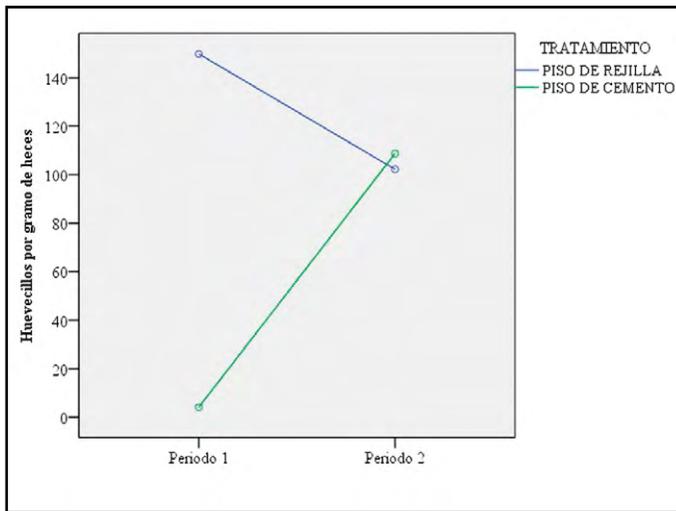


Figura 3. Número de huevecillos por gramo de heces de céstodos en corderos alojados en piso de rejilla o cemento. Elaboración propia.

resultados inferiores a los valores de coccidia descritos en la presente investigación. No obstante (hay que recordar que estos autores dieron un tratamiento contra la coccidia), en este trabajo no se aplicó tratamiento coccidicida. Por otro lado, los valores obtenidos son superiores a los publicados por Kaya (2004), quien describe un promedio de 3,540 ooquistes, esto pudo deberse al tipo de explotación utilizada, que pudo haber sido más higiénica; sin embargo, los autores no mencionan nada al respecto.

En cuanto a los céstodos, la mayoría de los trabajos realizados mencionan el porcentaje de prevalencia, pero no reportan el número de huevecillos encontrados por gramo de heces. En el estudio realizado por García Zambrano (2011) se reportan cargas parasitarias de *Moniezia* con valores previos al tratamiento de 505, 510 y 510 HPG para el grupo testigo, tratado con albendazol y tratado con praziquantel, respectivamente; mayores a las encontradas en la presente investigación en ambos grupos. El tipo de animales que utilizaron probablemente fueron hembras en pastoreo, lo que pudo determinar los valores más elevados. Se ha reportado que la reducción en la ganancia diaria de peso debida al parasitismo con *Moniezia* spp. puede ser de alrededor de 89 g por día (Mireles Martínez et al., 2009).

En el trabajo realizado por González Garduño et al. (2011) el conteo total de nemátodos gastrointestinales adultos fue de 2,175; en muestras

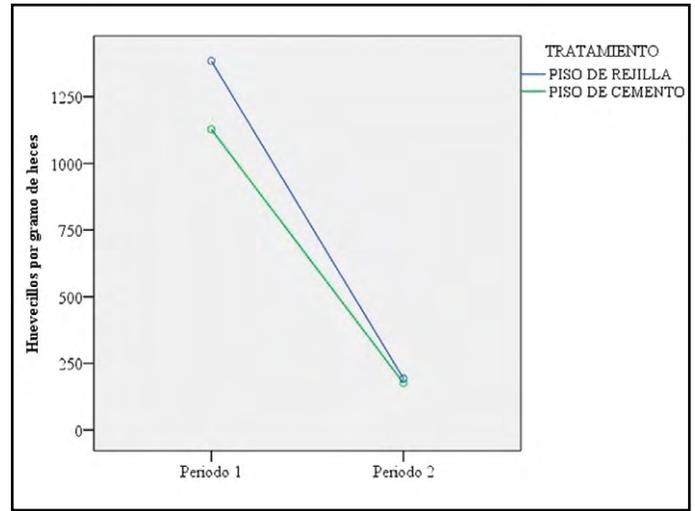


Figura 4. Número de huevecillos por gramo de heces de nemátodos en corderos alojados en piso de rejilla o cemento. Elaboración propia.

obtenidas, después del sacrificio de los animales, directamente de abomaso, intestino delgado e intestino grueso; estos valores son superiores a los encontrados en la presente.

La falta de diferencia estadística entre el grupo de rejilla y el de concreto, en cuanto al número de huevecillos/ooquistes de protozoarios, céstodos y nemátodos, pudo deberse al hecho de que los corrales de piso de cemento recibían una limpieza diaria, lo que disminuía la exposición de los corderos a las formas infectantes de los parásitos.

Con relación al de sexo de los corderos, no se obtuvo diferencia estadística ($p > 0.05$) en la interacción tipo de piso * sexo. Sin embargo, independientemente del tipo de piso, los machos presentaron mayores niveles de nemátodos ($p < 0.05$) que las hembras. Este hecho coincide con lo descrito por Idris, Moors, Sohnrey y Gaulty (2012), quienes describen a los machos como más sensibles que las hembras. López Ruvalcaba, González Garduño, Osorio Arce, Aranda Ibañez y Díaz Rivera (2013) encontraron que los machos de desecho fueron más parasitados por nemátodos que las hembras. La influencia del sexo en la susceptibilidad a las infecciones podría atribuirse a la predisposición genética y a la susceptibilidad diferencial debidas al control hormonal (Tariq, Chishti, Ahmad, & Shawl, 2008). Estudios indican que la testosterona tiene un efecto inmunosupresor (Decristophoris, Hardenberg, & McElligot, 2007; Muehlenbein & Watts, 2010).

Comportamiento productivo

En comparación con los trabajos realizados en jaulas con piso de rejilla, la GDP observada es menor que las de Muñoz Osorio et al. (2015) y Garza Cedillo, Garza Caballero y Hernández Rojas (2013), de 263 g y 271 g, respectivamente; pero similar a la encontrada por Magaña-Monforte et al. (2015) (229 g/día en animales Katahdin x Pelibuey) y superior a la descrita por Lupton et al. (2007) (160 g). En su estudio, Muñoz Osorio et al. (2015) utilizaron un desparasitante en los corderos antes de iniciar el trabajo, lo que pudo determinar su mejor GDP. Magaña-Monforte et al. (2015) también desparasitaron los animales antes de empezar; sin embargo, utilizaron un porcentaje de proteína más bajo que el del presente (16% vs. 17.9% de PC, respectivamente), lo que pudo resultar en una GDP similar.

La mejor ganancia diaria de peso (118.76 g) encontrada por Sayago et al. (2004) fue en el grupo tratado con sulfas, mismo que promedió 10,342 ooquistes de coccidia. La GDP que se obtuvo fue prácticamente el doble, puntualizando que el número de ooquistes fue prácticamente la mitad. También se han realizado trabajos con extractos naturales y su efecto contra las poblaciones de *Eimeria* spp., como el realizado por Cervantes-Valencia, Alcalá-Canto, Sumano-Lopez, Ducoing-Watt y Gutiérrez-Olvera (2016) en el que probaron el extracto de *Curcuma longa*, encontraron que la dosis más alta (200 mg/kg) favoreció la reducción de coccidias y logró la mayor ganancia diaria de peso (185 g) con respecto al resto de tratamientos; sin embargo, dicha ganancia es inferior a la encontrada en el presente trabajo.

A pesar de que el espacio de las jaulas con piso de rejilla era menor (0.79 m² por cordero) que en las de piso de cemento (1.21 m² por cordero) y de que al inicio del trabajo el grupo testigo pesaba 2.42 kg más que el grupo tratado (diferencia que se vio reducida al final de la engorda, siendo apenas de 0.7 kg), el promedio en la ganancia de peso total fue 7.56% mayor en los animales estabulados en piso de rejilla

(23.8 kg) que en los alimentados en piso de concreto (22.0 kg). Otro aspecto es la optimización de la mano de obra, pues mientras que en los corrales de piso de concreto se requería de limpieza diaria, en el piso de rejilla se puede realizar en menos ocasiones y más rápido.

Correlaciones entre variables productivas y valores de HPG

Las correlaciones entre la ganancia diaria de peso y el número de coccidia fueron negativas (aunque no significativas). Los resultados concuerdan con quienes establecen que la presencia de parásitos disminuye la ganancia de peso (Mireles Martínez et al., 2009). Gaulty, Reeg, Bauer y Erhardt (2004) determinaron una correlación negativa entre el número de ooquistes de *Eimeria* y la ganancia diaria de peso. En el trabajo de Reeg et al. (2005) no estudiaron la ganancia diaria de peso; sin embargo, sí determinaron una correlación negativa entre el peso de los corderos, en las diferentes etapas, y los valores de ooquistes por gramo de heces de las diferentes especies de *Eimeria*.

Análisis por periodos de estudio

La falta de diferencias estadísticas, en cuanto a los nemátodos entre ambos periodos, coincide con Idris et al. (2012) y con Esteban-Andrés et al. (2013), pues en el primer grupo se encontró una correlación negativa entre la edad de los corderos y el número de huevecillos, y en el segundo una disminución de los conteos de nemátodos conforme transcurría el tiempo. Kambara y McFarlane (1996) mencionan que existe mejora en el desarrollo de la inmunidad a mayor edad.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente trabajo no existe diferencia entre los corderos estabulados en piso de rejilla y en piso de concreto en el control de parásitos gastrointestinales ni en el comportamiento productivo.

REFERENCIAS

- Alzieu, J. P., Mage, C., Maes, L., & De Mûelenaere, C. (1999). Economic benefits of prophylaxis with diclazuril against subclinical coccidiosis in lambs reared indoors. *Veterinary Record*, 144, 442-444. doi: 10.1136/vr.144.16.442
- Cervantes-Valencia, M., Alcalá-Canto, Y., Sumano-Lopez, H., Ducoing-Watty, A., & Gutierrez-Olvera, L. (2016). Effects of *Curcuma longa* dietary inclusion against *Eimeria* spp. in naturally-infected lambs. *Small Ruminant Research*, 136, 27-35. doi: 10.1016/j.smallrumres.2015.12.035
- Cuéllar-Ordaz, J. A. (2008). Uso de pisos de rejilla en explotaciones ovinas [Ficha tecnológica]. En *Fortalecimiento del Sistema Producto Ovinos. Tecnologías para ovinocultores* (pp 146-148). México: Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos. Recuperada el 19 de agosto de 2017, de <http://www.uno.org.mx/sistema/pdf/produccion/usodepisosderejilla.pdf>
- Decristophoris, P. M. A., von Hardenberg, A., & McElligott, A. G. (2007). Testosterone is positively related to the output of nematode eggs in male alpine ibex (*Capra ibex*) faeces. *Evolutionary Ecology Research*, 9, 1277-1292. doi: 10.5167/uzh-714
- Dryden, M. W., Payne, P. A., Ridley, R., & Smith, V. (2005). Comparison of common fecal flotation techniques for the recovery of parasite eggs and oocysts. *Veterinary Therapeutics: Research in Applied Veterinary Medicine*, 6(1), 15-28.
- Esteban-Andrés, D., González-Garduño, R., Garduza-Arias, G., Ojeda-Robertos, N., Reyes-Montes, F., & Gutiérrez-Cruz, S. (2013). Desarrollo de resistencia a nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo desafiados con diferentes niveles de infección. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 60(3), 169-181.
- García Zambrano, S. P. (2011). *Estudio sanitario-productivo de la afección endoparasitaria por cestodos en ovinos mestizos*. Tesis de Grado. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Garza Cedillo, R., Garza Caballero, M., & Hernández Rojas, P. (octubre, 2013). Evaluation of two systems of broiler intensive hair sheep in northern Tamaulipas. *XVII Congreso Internacional de Ovinocultura*, 23-25 de octubre, Acapulco, Guerrero, 126-130.
- Gauly, M., Reeg, J., Bauer, C., & Erhardt, G. (2004). Influence of production systems in lambs on the *Eimeria* oocyst output and weight gain. *Small Ruminant Research*, 55(1-3), 159-167. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.02.001>
- González Garduño, R., Córdova Pérez, C., Torres Hernández, G., Mendoza de Gives, P., & Arece García, J. (2011). Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. *Veterinaria México*, 42(2), 125-135.
- Hernández Cortázar, I., Rejón Ávila, M., Valencia Heredia, E., & Araujo Andrade, L. (2014). Análisis de inversión para la producción de ovinos en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 18(34), 677-687.
- Idris, A., Moors, E., Sohnrey, B., & Gauly, M. (2012). Gastrointestinal nematode infections in German sheep. *Parasitology Research*, 110(4), 1453-1459. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-011-2648-1>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2012). *Anuario estadístico del estado de Nayarit*. México: Gobierno del estado de Nayarit.
- Kambara, T., & McFarlane, R. G. (1996). Changes in T cell subpopulations of sheep due to age and dietary protein intake; association with protective immunity to *Trichostrongylus colubriformis*. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 51(1-2), 127-135. doi: 10.1016/0165-2427(95)05513-4
- Kaya, G. (2004). Prevalence of *Eimeria* species in lambs in Antakya Province. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28(4), 687-692.
- López Ruvalcaba, O. A., González Garduño, R., Osorio Arce, M. M., Aranda Ibañez, E., & Díaz Rivera, P. (2013). Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2), 223-234.
- Lupton, C. J., Huston, J. E., Craddock, B. F., Pfeiffer, F. A., & Polk, W. L. (2007). Comparison of three systems for concurrent production of lamb meat and wool. *Small Ruminant Research*, 72(2-3), 133-140. doi: 10.1016/j.smallrumres.2006.10.002
- Magaña-Monforte, J. G., Moo-Catzin, C. J., Chay-Canul, A. J., Aké-López, J. R., Segura-Correa, J. C., & Montés-Pérez, R. C. (2015). Crecimiento y componentes de la canal de ovinos de pelo en jaulas elevadas. *Livestock Research for Rural Development*, 27(6). Recuperado de <http://www.lrrd.org/lrrd27/6/maga27104.html>
- Martínez González, S., Macías Coronel, H., Moreno Flores, L. A., Zepeda García, J., Espinoza Moreno, M. E., Figueroa Morales, R., & Ruiz Félix, M. (2011). Análisis económico en la producción de ovinos en Nayarit, México. *Abanico Veterinario*, 1(1), 37-43.
- Mireles Martínez, E. J., Valencia Almazán, M. T., & Gutiérrez Segura, I. (2009). Parasitosis gastrointestinal natural y la ganancia diaria de peso de corderos lactantes en el trópico seco de Guerrero, México. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(1), 1-9. Recuperado de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010110/011002.pdf>

- Morales, G., & Pino, L. A. (2009). *Nematodos parásitos de los rumiantes domésticos en Venezuela. Diagnóstico y control* (143 pp.). Caracas, Venezuela: Laboratorio de Diagnóstico Veterinario "ALIANI".
- Muehlenbein, M. P., & Watts, D. P. (2010). The costs of dominance: testosterone, cortisol and intestinal parasites in wild male chimpanzees. *BioPsychoSocial Medicine*, 4(1), 21. doi: 10.1186/1751-0759-4-21
- Muñoz-Osorio, G. A., Aguilar-Caballero, A. J., Sarmiento-Franco, L. A., Wurzinger, M., & Gutiérrez-Reynoso, G. A. (2015). Factores que influyen sobre algunas variables productivas en corderos finalizados en corrales elevados con piso de rejilla. *Nova Scientia*, 7(15), 285-296. doi: 10.21640/ns.v7i15.342
- National Research Council. (1985). *Nutrient requirements of sheep* (6a. ed.). Washington, DC: National Academy Press.
- Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. *Diario Oficial de la Federación*, Distrito Federal, México, 22 de agosto de 2001.
- Reeg, K. J., Gauly, M., Bauer, C., Mertens, C., Erhardt, G., & Zahner, H. (2005). Coccidial infections in housed lambs: oocyst excretion, antibody levels and genetic influences on the infection. *Veterinary Parasitology*, 127(3-4), 209-219. doi: 10.1016/j.vetpar.2004.10.018
- Saratsis, A., Karagiannis, I., Brozos, C., Kiossis, E., Tzanidakis, N., Joachim, A., & Sotiraki, S. (2013). Lamb eimeriosis: Applied treatment protocols in dairy sheep production systems. *Veterinary Parasitology*, 196(1-2), 56-63. doi: 10.1016/j.vetpar.2013.01.020
- Sayago, D., Ríos de Álvarez, L., Rondón, Z., García, F., Colmenares, O. A., Machado, I., & Muñoz, G. (2004). Uso de controles profilácticos y terapéuticos de coccidios en corderos tropicales. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias-Universidad Central de Venezuela*, 45(1), 45-54.
- Tariq, K. A., Chishti, M. Z., Ahmad, F., & Shawl, A. S. (2008). Epidemiology of gastrointestinal nematodes of sheep managed under traditional husbandry system in Kashmir valley. *Veterinary Parasitology*, 158(1-2), 138-143. doi: 10.1016/j.vetpar.2008.06.013
- Taylor, M. A. (2013). Parasite control in sheep: A risky business. *Small Ruminant Research*, 110(2-3), 88-92. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.11.010

Detección de vibrio mediante la amplificación de genes de patogenicidad en camarón *Litopenaeus vannamei* cultivado en un sistema tipo invernadero

Vibrio detection by amplification of pathogenicity genes in shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured in a greenhouse system

María del Carmen Bermúdez-Almada*✉, Angélica Espinosa-Plascencia*, Claudia L. Lara-Espinoza*, Marisela Rivera-Domínguez**, Karen R. Astorga-Cienfuegos**, Enrique Villalpando-Canchola***

Bermúdez-Almada, M. C., Espinosa-Plascencia, A., Lara-Espinoza, C. L., Rivera-Domínguez, M., Astorga-Cienfuegos, K. R., & Villalpando-Canchola, E. (2017). Detección de vibrio mediante la amplificación de genes de patogenicidad en camarón *Litopenaeus vannamei* cultivado en un sistema tipo invernadero. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 20-29.

RESUMEN

Las infecciones por vibrio son un problema importante en el cultivo de camarón por la alta mortalidad y grandes pérdidas económicas provocadas. El objetivo del estudio fue identificar genes de patogenicidad en bacterias vibrio aisladas de camarón *L. vannamei* cultivado en un sistema intensivo tipo invernadero con nulo recambio de agua. Se determinó cuenta total bacteriana y de vibrio en hemolinfa, hepatopáncreas y branquias de camarón, de donde se obtuvieron aislados bacterianos para la identificación por PCR de *Vibrio* spp., *V. harveyi* gen de hemolisina (vhh), *V. harveyi* toxR y otras especies patógenas de vibrio. Se identificaron ambos genes (hemolisina y toxR) en cuatro de los aislados de camarón. Esta metodología puede ser una herramienta en la detección de *V.*

harveyi para su prevención y control. No se detectó *V. cholerae* (*V. chol*), *V. vulnificus* (Vvh-785) y *V. harveyi* (LuxN), aspecto importante desde el punto de vista de salud del consumidor.

ABSTRACT

The infections by vibrio are an important problem in shrimp culture due to high mortalities and large economic losses caused. The aim of the study was to identify genes of pathogenicity in vibrio bacteria isolated of *L. vannamei* shrimp cultured in an intensive system on greenhouse with zero water exchange. It was determined total bacterial count and vibrio in hemolymph, hepatopancreas and gills of the shrimp. The strains were identified as *Vibrio* spp., *V. harveyi* hemolysin gene (vhh), *V. harveyi* toxR and other pathogenic vibrio species by PCR. Both genes (hemolysin and toxR) were identified in four isolates of shrimp. This methodology could be a tool in the detection of *V. harveyi* for prevention and control. A highlight of this study was the absence of *V. cholerae* (*V. chol*), *V. vulnificus* (Vvh-785) and *V. harveyi* (LuxN), an important matter to the consumer health.

Palabras clave: *Vibrio* spp.; *Vibrio harveyi*; gen toxR; gen hemolisina; *Litopenaeus vannamei*.

Keywords: *Vibrio* spp.; *Vibrio harveyi*; toxR gene; hemolysin gene; *Litopenaeus vannamei*.

Recibido: 6 de abril de 2017, aceptado: 18 de agosto de 2017

* Laboratorio de Análisis Biológicos, Coordinación de Ciencia de los Alimentos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Carretera a la Victoria km 0.6, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico: cbermudez@ciad.mx; angelica@ciad.mx; claudial_lara@hotmail.com

** Laboratorio de Biotecnología Molecular de Plantas, Coordinación de Ciencia de los Alimentos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Carretera a la Victoria km 0.6, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico: marisela@ciad.mx; kastorga@ciad.mx

*** Laboratorio de Biotecnología Marina, Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Animal, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Carretera a la Victoria km 0.6, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico: evillal@ciad.mx

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

El camarón es uno de los alimentos más populares dentro de los productos acuícolas, y *Litopenaeus vannamei* es una de las especies de mayor importancia comercial en Asia y América Latina. La producción mundial de camarón de cultivo ascendió a más de 3,000,000 t en el año 2014 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014).

Uno de los principales problemas que afecta el desarrollo de la acuicultura es la presencia de enfermedades en los organismos. Las infecciones y la falta de un buen manejo sanitario ocasionan pérdidas económicas millonarias (Zorriehzahra & Banaederakhshan, 2015).

En el noroeste de México las enfermedades ocasionadas por bacterias del género *Vibrio* han afectado seriamente la industria acuícola, lo cual ha disminuido considerablemente la producción y generado el cierre de un número considerable de granjas camarónicas (Bermúdez-Almada, Espinosa-Plascencia, Santiago-Hernández, Barajas-Borgo, & Acedo-Félix, 2014). Entre las enfermedades más frecuentes que afectan al camarón se encuentran la vibriosis sistémica, la erosión bacteriana del caparazón, el síndrome de Zoa II, la hepatopancreatitis necrotizante (NHP), las infecciones por bacterias filamentosas (*Leucothrix mucor*) (Leyton & Riquelme, 2008), y más recientemente, el síndrome de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPNS) denominada EMS o síndrome de la mortalidad temprana. Esta última ha perjudicado fuertemente al sector camarónico del estado de Sonora, se ha identificado como agente causal a *Vibrio parahaemolyticus*, que afecta a *L. vannamei* y a *Penaeus monodon*, a los cuales les produce lesiones histopatológicas en las primeras etapas de desarrollo del camarón (Zorriehzahra & Banaederakhshan, 2015).

La severidad de las infecciones depende de la especie de *Vibrio* involucrada, la etapa de desarrollo del camarón y las condiciones ambientales (Jayasree, Janakiram, & Madhavi, 2006). Cepas de *Vibrio harveyi* portadoras del gen hemolisina infectan larvas y camarones en desarrollo, y les causan daño en el hepatopáncreas. El gen de hemolisina en *Vibrio harveyi* está relacionado con su virulencia y patogenicidad (Parvathi, George, & Kumar, 2009; Paydar, Shuan, & Lin, 2013). El factor de virulencia influye en la habilidad de formar biopelículas y secretar proteasas, hemolisinas o lipopolisacáridos que son tóxicos para el camarón (Soonthornchai et al., 2010).

Desde el punto de vista de salud humana y su relación con los organismos acuáticos es importante estudiar la presencia de este patógeno, ya que infecciones causadas por este género se asocian a la ingesta de productos marinos contaminados o al contacto de heridas con agua de mar, en donde el paciente manifiesta gastroenteritis, infecciones en la

piel, septicemia y la muerte en pacientes inmunocomprometidos o con bajas defensas (Kumar et al., 2014).

Debido a la difícil situación que representa mantener un control sobre las enfermedades ocasionadas por *Vibrio* en los cultivos de camarón, se plantea el uso de sistemas de producción cerrados con nulo recambio de agua como una alternativa viable para el cultivo de camarón *L. vannamei*. Estos sistemas se desarrollan generalmente en áreas pequeñas que permiten mantener un mayor control de las condiciones fisicoquímicas en el cultivo y optimizar la alimentación. Dentro de las ventajas de este sistema está la disminución de eutroficación en los esteros e interacción o transmisión de enfermedades entre las poblaciones silvestres y las cautivas (Ray, Lewis, Browdy, & Leffler, 2010).

Por otro lado, es importante realizar diagnósticos e identificación de especies bacterianas que presenten genes de patogenicidad como herramientas de prevención y monitoreo para evitar mortalidades masivas de los organismos con las consecuentes pérdidas económicas. En este estudio se planteó identificar genes de patogenicidad en bacterias de *Vibrio* aisladas de camarón *L. vannamei* mantenido en un sistema de cultivo intensivo tipo invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

La investigación se diseñó como estudio de campo descriptivo, durante 59 días en una granja de producción intensiva de camarón *L. vannamei*, localizada en Bahía de Kino, Sonora, México (28°41'41,43''N; 111°51'01,06''W). Se empleó un estanque tipo invernadero de 50 x 8 x 1.2 m (largo, ancho, profundidad), con paredes y fondo cubiertos de plástico *liner*, mantenido con aireación constante (figura 1) y una densidad de siembra de 126 organismos juveniles /m², con un peso inicial de 13.64 ± 2.0 g. Los organismos se aclimataron durante una semana administrándoles alimento balanceado para camarón (35% proteína) cinco veces al día, a 3% de la biomasa.

Parámetros fisicoquímicos

Se llevó a cabo la medición de parámetros fisicoquímicos durante el bioensayo. El registro de temperatura, oxígeno disuelto (OD) y pH se realizó dos veces al día (06:00 y 17:00 h), empleando un



Figura 1. Estanque tipo invernadero con aireación constante. Fotografía de los autores.

oxímetro YSI (YSI 55, Yellow Springs, OH, EE. UU.) y un potenciómetro YSI (Ecosense pH10, Yellow Springs, OH, EE. UU.). La medición de la salinidad se realizó dos veces por semana empleando un refractómetro Aquatic Eco-Systems (VitalSine SR-6, Apopka, FL, EE. UU.).

Se midió la concentración de nitritos (NO_2) y nitrógeno amoniacal total (NAT) mediante un fotómetro YSI Ecosense 9500 a una longitud de onda de 520 a 640 nm y kits comerciales Nitricol (Water Test Tablets Palintest AP 109), amonio No. 1 y No. 2 (Water Test Tablets, Palintest AP 152), siguiendo los procedimientos indicados por el fabricante (AILAPHOTR).

Parámetros biológicos

La sobrevivencia de los organismos fue establecida mediante la proporción de organismos cosechados

al final del experimento con respecto a la cantidad sembrada al inicio, siguiendo el procedimiento establecido por Li et al. (2007):

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = 100 \times (\text{número final de organismos}) / (\text{número inicial de organismos})$$

La ganancia de peso se obtuvo aplicando la fórmula propuesta por Pan, Zhang y Liu (2007):

$$\text{Ganancia de peso} = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{Tiempo experimental (Número de organismos)}$$

El factor de conversión alimenticia se calculó empleando la fórmula propuesta por Arnold, Coman, Jackson y Groves (2009):

$$\text{FCA} = \text{Alimento total administrado} / \text{Ganancia total de biomasa}$$

Extracción de hemolinfa, hepatopáncreas y branquias de *L. vannamei* para recuento y aislamiento bacteriano

Se tomaron diariamente cinco camarones del estanque, se les extrajo asépticamente la hemolinfa (100 μl) colocando el camarón en posición ventrodorsal (boca arriba), dejando expuesta la zona de unión entre el cefalotórax y el abdomen (seno hemolinfático ventral), se empleó una jeringa insulínica de 1ml conteniendo 100 μl del anticoagulante citrato de sodio a 10% (J.T. Baker, EE. UU.). El procedimiento de extracción se ilustra en la figura 2.

Se adicionaron 50 μl de hemolinfa en placas estériles con agar marino (AM) y 50 μl en agar tiosulfato citrato bilis sucrosa (TCBS) (Difco, Diagnostic Systems, EE. UU.) homogeneizándolas con extensores Drigalsky estériles. Se registró el volumen de hemolinfa extraído

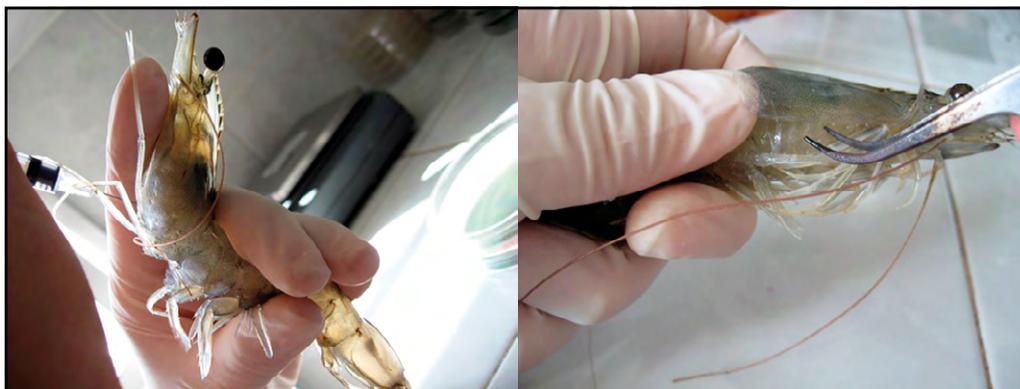


Figura 2. Extracción de hemolinfa y branquias en camarón *L. vannamei*. Fotografías de los autores.

para ser considerado en los cálculos finales, UFC/ml= número de colonias/volumen de hemolinfa.

El hepatopáncreas (Hp) y las branquias de los organismos se extrajeron asépticamente (figura 2), registrando el peso de ambos órganos, mismos que se diluyeron por separado en 9 ml de agua peptonada alcalina (APW) con 3.5% de NaCl (Difco, Diagnostic Systems, EE. UU.). En todas las muestras se realizaron diluciones 1×10^1 hasta 1×10^4 , inoculando 100 μ l de los homogeneizados en placas de AM y 100 μ l en TCBS adicionado con 2.5% de NaCl. Se incubaron a 37 °C/24 h (VWR Scientific Products, mod. 1545, EE. UU.). Para determinar las cuentas bacterianas se consideraron las placas que presentaron un crecimiento entre 25-250 UFC/ml.

De las placas de agar TCBS se aislaron 208 colonias (104 de hepatopáncreas, 52 de branquias y 52 de hemolinfa) con morfología característica de vibrio (colonias de tamaño mediano de coloración amarilla, lisas, opacas o verdes con halo azul verdoso transparente). A estas se les realizaron las pruebas de diferenciación de especies de vibrio mediante el perfil de pruebas bioquímicas y se seleccionaron 64 aislados; 40 de hepatopáncreas, 16 de branquias y 8 de hemolinfa, los cuales se sembraron en agar soya tripticasa (AST) (BD Bioxon, Becton Dickinson de México) con 3,5% de NaCl. Se incubaron a 37 °C/24 h para su posterior identificación por la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Extracción de ADN de los aislados bacterianos

La extracción de ADN se estandarizó previamente utilizando cepas de vibrio CAIM (colección de microorganismos de importancia acuática), *V. parahaemolyticus* CAIM 320, *V. cholerae* CAIM 1409, *V. vulnificus* CAIM 612 y *V. mimicus* CAIM 602, donadas por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Guaymas, Sonora, México.

En la extracción de ADN se utilizó el kit comercial para purificación Wizard® Genomic ADN (Promega Inc. Madison, WI, EE. UU.). Se tomaron inóculos de las cepas aisladas en AST y se sembraron en APW con 2% de NaCl como preenriquecimiento, 1 ml de este se concentró mediante centrifugación a 15000 x g/2 min (Allegra 64R, Beckman Coulter, EE. UU.) para precipitar las células. Se removió el sobrenadante y se agregaron 600 μ l de una solución de 1X Tris-búfer EDTA, los tubos se incubaron en un baño de agua (Precision Scientific, mod. 181, Chicago, IL, EE. UU.) a 80 °C/5 min provocando lisis en las células.

Se enfriaron los tubos a temperatura ambiente y se les adicionó 3 μ l de solución de RNasa, mezclando perfectamente. Se incubaron en baño de agua a 37 °C/15 min y se dejaron enfriar. Se les adicionó 200 μ l de solución para precipitar proteínas, se agitaron en un vórtex a alta velocidad por 20 s, homogeneizando la solución de precipitación de proteínas y las células lisadas.

Se dejaron reposar los tubos en hielo por 5 min y se centrifugaron a 15000 x g/3 min, el sobrenadante con el ADN se transfirió a tubos con 600 μ l de isopropanol (Fluka, EE. UU.), mezclándolos y centrifugando los tubos a 15000 x g/2 min. Se removió el sobrenadante, los tubos se secaron, se adicionaron 600 μ l de etanol a 70% para lavar el precipitado de ADN y se centrifugaron a 15000 x g/2 min. Los tubos se dejaron secar de 10 a 15 min y se agregaron 100 μ l de la solución 1X Tris-búfer EDTA para resuspender el ADN, se incubaron a 65 °C/1 h en un baño de agua, agitándolos constantemente. Las muestras de ADN se almacenaron en refrigeración (2-4 °C).

La concentración de ADN se determinó en un espectrofotómetro mod. ND-1000 (NanoDrop Tech. Wilmington, DE, EE. UU.), a una absorbancia de 260 nm.

Identificación de especies de *Vibrio* por la reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

El análisis de PCR se realizó en los 64 aislados de los tejidos de camarón. Una vez identificadas las cepas de *Vibrio* spp. se procedió a hacer la amplificación en estas con los oligonucleótidos iniciadores específicos para *V. cholerae* (*V. chol*), *V. vulnificus* (*Vvh-785*), *V. harveyi* (*LuxN*), *V. harveyi* gen de hemolisina (*vhh*) y *V. harveyi* (*toxR*) (Sigma-Aldrich). Se utilizó el kit comercial GoTaq® PCR Core Systems (Promega Inc. Madison, WI, EE. UU.) utilizando una concentración de 100 ng de ADN para todas las muestras en un volumen final de 25 μ l.

La mezcla de reacción consistió en: 1 μ l de dNTP's 10 mM (dATP, dGTP, dTTP, dCTP), 2 μ l de MgCl₂ 25 mM, 5 μ l de 5x búfer GoTaq® con colorante verde, 0,25 μ l de ADN polimerasa GoTaq® y de 0,9 a 1,5 μ l de cada oligonucleótido a una concentración de 50 pmol. La amplificación del ADN se hizo en un termociclador Perkin Elmer (DNA Thermal Cycler 480, Norwalk, CT, EE. UU.). Las condiciones de amplificación por PCR para las especies de *Vibrio* se muestran en la tabla 1 y la secuencia de los oligonucleótidos iniciadores se presenta en la tabla 2.

Los productos de PCR fueron visualizados en geles de agarosa a 2% (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.). Se utilizó una fuente de poder FOTO/Force 250. Las condiciones de electroforesis fueron 85 V durante 55 min, el colorante utilizado fue bromuro de etidio a una concentración de 24 $\mu\text{g ml}^{-1}$. Se aplicó

en los geles una concentración de ADN de 100 ng μl^{-1} . El marcador molecular fue ADN Ladder (BIO-RAD, No 170-8200), las bandas en los geles se observaron y fotografiaron en un fotodocumentador (Gel doc@XR+BIO-RAD, EE. UU.).

Tabla 1
Condiciones de PCR utilizadas en la identificación de especies de bacterias del género *Vibrio*

Especie (gen)	Temperatura de desnaturalización inicial/Tiempo	Ciclos	Temperatura de desnaturalización/Tiempo	Temperatura de alineación/Tiempo	Temperatura de extensión/Tiempo	Temperatura de extensión final/Tiempo
<i>V. spp.</i> (16s rDNA)	93°C/15 min	35	92°C/40 s	57°C/1 min	72°C/1.5 min	72°C/7 min
<i>V. harveyi</i> (LuxN)	94°C/3 min	25	95°C/1 min	51°C/1 min	72°C/2 min	72°C/10 min
<i>V. harveyi</i> (Vhh)	95°C/5 min	30	94°C/1 min	53°C/1 min	72°C/1 min	72°C/10 min
<i>V. harveyi</i> (toxR)	94°C/3 min	30	94°C/30 s	65°C/30 s	72°C/30 s	72°C/10 min
<i>V. vulnificus</i> (Vvh-785)	94°C/10 min	25	94°C/1 min	62°C/1 min	72°C/1 min	72°C/10 min
<i>V. cholerae</i> (<i>V. chol</i>)	94°C/6 min	35	94°C/1 min	60°C/1 min	72°C/1 min	72°C/7 min

Nota: Elaboración propia.

Tabla 2
Oligonucleótidos iniciadores utilizados en la identificación de especies del género *Vibrio*

Especie (gen)	Oligonucleótido iniciador	Amplicón (pb)
<i>V. spp.</i> (16s rDNA)	F- 5'-CGGTGAAATGCGTAGAGAT-3' R-5'-TTACTAGCGATTCCGAGTTC-3'	663
<i>V. harveyi</i> (LuxN)	F- 5'CTGTGTACTIONACTGTTTATC-3' R- 5'TCTATCTCTGTAGCCCCCTATTACG-3'	2048
<i>V. harveyi</i> (vhh)	F-5'-ATCATGAATAAAACTATTACGTTACT-3' R- 5'-GCTTGATAACACTTTGCGGT-3'	308
<i>V. harveyi</i> (toxR)	F- 5'-TTCTGAAGCAGCACTCAC-3' R- 5'-TCGACTGGTGAAGACTCA-3'	390
<i>V. vulnificus</i> (Vvh-785)	F- 5'-CCGCGGTACAGGTTGGCGCA-3' R- 5'-CGCCACCCACTTTCGGGCC-3'	519
<i>V. cholerae</i> (<i>V. chol</i>)	F- 5'-CTCAGACGGGATTTGTTAGGCACG-3' R- 5'-TCTATCTCTGTAGCCCCCTATTACG-3'	302

Nota: Elaboración propia.

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos

Los valores obtenidos en los parámetros fisicoquímicos en el agua del estanque de cultivo fueron: temperatura 30.44 ± 2.09 °C, OD 4.71 ± 0.64 mg l⁻¹ y pH 7.34 ± 0.15 . La salinidad registrada fue de 39.9 ± 0.88 ‰.

El nivel promedio de nitritos durante el estudio fue de 4.75 ± 4.4 mg l⁻¹. Las concentraciones estuvieron en el intervalo de 0.1 a 13.6 mg l⁻¹. La concentración de NAT en el agua del estanque fue de 0.55 ± 0.27 mg l⁻¹. El valor más alto se registró a los 14 días de iniciado el estudio y fue de 2.88 mg l⁻¹; el más bajo fue de 0.10 mg l⁻¹.

Parámetros biológicos

La sobrevivencia de los organismos mantenidos en el sistema de cultivo cerrado fue de 56.87%, con una biomasa total de 790 kg en un área de cultivo de 0.04 ha. El incremento promedio en peso de los organismos fue de 1.55 ± 0.91 g/semana. Al finalizar el estudio los organismos tuvieron un peso de 27.56 ± 1.09 g. El Factor de Conversión Alimenticia fue de 1.31.

Recuentos bacterianos

La cuenta total bacteriana (CTB) que se obtuvo en hemolinfa, hepatopáncreas y branquias de camarón se muestra en la tabla 3 y se expresa en intervalos; se observa que las cuentas fueron relativamente bajas en los distintos tejidos, siendo en hemolinfa en donde se detectó la menor cantidad de bacterias; branquias y hepatopáncreas presentaron una mayor CTB.

Tabla 3
Cuenta total bacteriana en camarón *L. vannamei*

Tejido	Intervalos de concentración (UFC/ml, g)
Hepatopáncreas (n= 96)	$1.1 \times 10^2 - 6.2 \times 10^4$
Branquias (n= 32)	$2.5 \times 10^2 - 7.6 \times 10^4$
Hemolinfa (n= 48)	$2.0 \times 10^1 - 2.4 \times 10^3$

Nota: Elaboración propia.

Durante el estudio se observó que las cuentas de bacterias presuntivas de vibrio obtenidas de hemolinfa, hepatopáncreas y branquias presentaron variabilidad, se mantuvieron cuentas bajas y dentro del intervalo aceptable para estos sistemas de cultivo. La tabla 4 muestra los resultados expresados en intervalos de concentración.

La mayoría de las colonias que crecieron en el agar TCBS fueron de color amarillo como resultado de la utilización oxidativa de la glucosa. Entre las características bioquímicas que presentaron las colonias de vibrio están oxidasa (+), lactosa (-), sacarosa (+), lisina descarboxilasa (+), arginina dihidrolasa (-), ornitina descarboxilasa (-), producción de gas (-), crecimiento s/sal (-).

Identificación molecular de especies de vibrio

De los 64 aislados bacterianos que se analizaron por PCR, 12 correspondieron a *Vibrio* spp. (5 de

Tabla 4
Cuentas de bacterias presuntivas de vibrio aisladas de los diferentes tejidos de camarón *L. vannamei*

Tejido	Intervalos de concentración (UFC/ml, g)
Hepatopáncreas (n= 96)	$5.0 \times 10^1 - 5.9 \times 10^3$
Branquias (n= 32)	$1.0 \times 10^2 - 1.0 \times 10^5$
Hemolinfa (n= 48)	$8.0 \times 10^1 - 8.4 \times 10^2$

Nota: Elaboración propia.

branquias, 5 de hemolinfa y 2 de hepatopáncreas). El fragmento amplificado de ADN del gen 16s presentó 663 pb, correspondiente a *Vibrio* spp. Los 12 aislados de *Vibrio* spp. fueron reanalizados por PCR empleando los oligonucleótidos iniciadores específicos de los genes de virulencia de hemolisina y *toxR* y para otras especies de vibrio. Se obtuvo la amplificación de fragmentos de ADN para *Vibrio harveyi* gen hemolisina (*vhh*) en 6 de los aislados de *Vibrio* spp. (5 de hemolinfa y 1 de branquias). La expresión de *Vibrio harveyi toxR* se observó en 3 aislados de branquias y en 3 de hemolinfa. De los 12 aislados, 4 presentaron ambos genes de virulencia, correspondieron 3 a hemolinfa y 1 a branquias.

No se obtuvo la amplificación de estos genes en los aislados de hepatopáncreas. Tampoco se logró la amplificación de los genes para las especies de *V. cholerae* (*V. chol*), *V. vulnificus* (*Vvh-785*) y *V. harveyi* (*LuxN*), consideradas en este estudio. Las figuras 3 y 4 muestran los geles con las bandas amplificadas de los genes 16s rADN con 663 pb, *Vibrio harveyi* gen de hemolisina (*vhh*) con 308 pb y gen *toxR* con 390 pb, de branquias y hemolinfa de camarón.

DISCUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron estables y dentro de los valores óptimos para el desarrollo de *L. vannamei*, excepto la salinidad que estuvo por arriba del intervalo de 5-35‰ reportado como adecuado por Arzola, Piña, Nieves y Medina (2013). Li et al. (2008) mencionan que una alta salinidad en el agua no tiene un efecto adverso en el desarrollo del camarón, ya que una de las características de *L. vannamei* es su capacidad de tolerar amplios intervalos de esta característica (1-50‰), sin limitar su desarrollo.

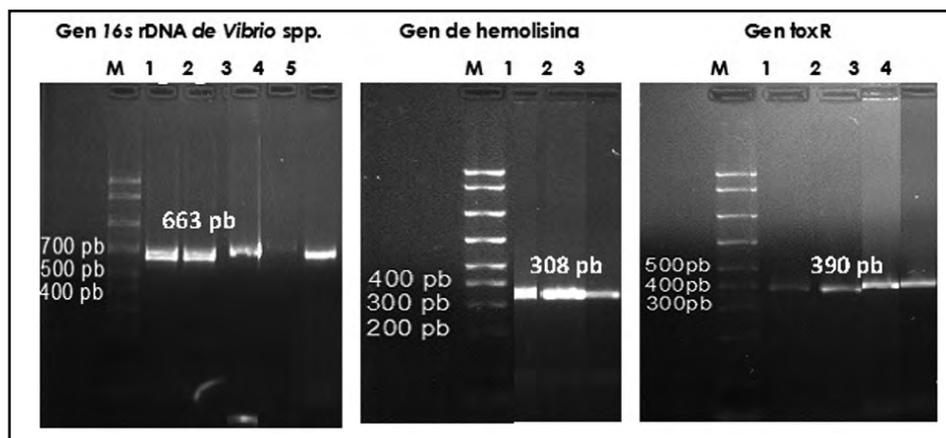


Figura 3. Electroforesis en gel de agarosa de la amplificación del gen 16s rDNA de *Vibrio* spp. (663 pb), *Vibrio harveyi* gen de hemolisina (vhh) (308 pb) y *Vibrio harveyi* gen toxR (390 pb). Carriles 1-5: aislados de branquias de camarón *L. vannamei*; M: marcador de peso molecular de 50-2000 pb. Imagen de los autores.

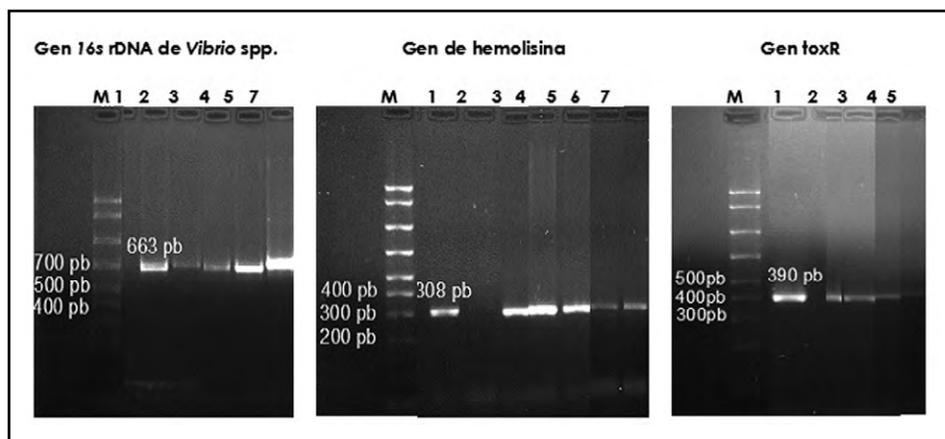


Figura 4. Electroforesis en gel de agarosa para la identificación de *Vibrio* spp. (663 pb), *Vibrio harveyi* gen de hemolisina (vhh) (308 pb) y *Vibrio harveyi* gen toxR (390 pb). Carriles 1-7: aislados de hemolinfa de camarón *L. vannamei*; M: marcador de peso molecular de 50-2000 pb. Imagen de los autores.

La concentración de nitritos y amonio fue variable, hubo un incremento durante el bioensayo, que pudo deberse a una oxidación incompleta de amonio a nitratos, esto se puede relacionar con una baja presencia de bacterias heterótrofas responsables de la oxidación completa de nitritos a nitratos (Shveitzer et al., 2013). Las variaciones en el NAT estuvieron dentro de los niveles reportados por Zhou, Li, Jun y Bo (2009), que son de 0.1-1.0 mg l⁻¹. Dichas fluctuaciones dependen de la interacción entre las variables temperatura, alcalinidad, salinidad y pH, como lo mencionan Frías-Espericueta y Páez-Osuna (2001).

La sobrevivencia en este estudio fue similar a la obtenida por Lira, Amaral, Moura, Rocha y Correia (2003), quienes reportaron un valor de 56.9% en sistemas de cultivo semiintensivos. La sobrevivencia puede mejorarse si se mantienen las condiciones fisicoquímicas adecuadas para *L. vannamei* y un control adecuado en la proliferación de *Vibrio*. La sobrevivencia obtenida puede estar relacionada con las lesiones externas (presencia de necrosis en cutícula, deformaciones de rostro, cambios de coloración de pleópodos) e internas (daño en túbulos del hepatopáncreas, presencia de gregarinas y gametocitos), observadas en los organismos que

fueron de leves a moderadas en hepatopáncreas (resultados no mostrados).

La ganancia de peso fue similar a la reportada por Cohen, Samocha, Fox, Gandy y Lawrence (2005), quienes obtuvieron incrementos de 1.2 g por semana en cultivos intensivos con invernadero. Ray, Dillon y Lotz (2011) reportaron que un incremento en peso de 1.1 a 1.5 g por semana se considera aceptable para camarón *L. vannamei* en cultivos intensivos. El FCA obtenido se encuentra dentro del intervalo que se reporta como adecuado de acuerdo con Boyd et al. (2001), que es de 1.5 a 2.0; inclusive con las densidades de siembra empleadas en los sistemas intensivos.

Como un indicador del estado de salud de los organismos se determinó la CTB y la identificación de vibrio en el sistema de cultivo evaluado, ya que estas bacterias son causantes de enfermedades con elevadas mortalidades en los estanques de las granjas de cultivo de camarón. La CTB se encontró dentro de los niveles reportados para *L. vannamei* por Gómez-Gil et al. (1998), quienes señalan que conteos menores de 10³ UFC/g o ml en camarón son adecuados en larvas, postlarvas y hemolinfa de juveniles, en sistemas de cultivo sin recambio de agua.

La mayor incidencia de vibrio se obtuvo en las branquias de los organismos, esto por la función de filtración que cumple este órgano, que lo hace mantenerse en contacto directo con el agua del estanque, donde habita vibrio de manera natural (Wu, Chen, & Huang, 2009). Hossain et al. (2012) reportaron que las cuentas de dicho patógeno en camarón cosechado deben ser entre 1.30 x 10³ y 1.4⁴ x 10⁵, siendo similar a lo encontrado en este estudio. Diversos factores contribuyen a la expresión de genes de virulencia en las bacterias, algunos se manifiestan en la producción de enzimas como proteasas, lipasas, fosfolipasas, hemolisinas o citotoxinas (Zhang et al., 2014). Por ello, el análisis de fragmentos de secuencias genéticas empleando PCR es una herramienta muy útil que permite caracterizar las distintas especies de vibrio y sus genes de patogenicidad.

El haber detectado el fragmento de ADN que codifica para *Vibrio harveyi* gen de hemolisina (vhh) fue importante, ya que este gen es considerado un factor de patogenicidad. También está relacionado con la producción de una exotoxina responsable

de lisis de eritrocitos y daño en células hospederas (Wong, Zhang, & Woo, 2012). Por otro lado, la hemolisina es una de las toxinas más ampliamente distribuidas entre las bacterias patógenas del patógeno estudiado y puede ejercer distintos mecanismos durante el desarrollo de la infección (Zhang & Austin, 2005). Los fragmentos de ADN amplificados que se muestran en los geles de agarosa coinciden con los reportados por Conejero y Hedreyda (2003), quienes utilizaron los mismos oligonucleótidos iniciadores empleados en este estudio, lo que nos indicó que se trata de la misma especie bacteriana.

El gen *toxR* en *Vibrio* es considerado un regulador transmembranal de transcripción, que controla la expresión coordinada de los genes de virulencia (Franco & Hedreyda, 2006). Este gen se emplea como un marcador taxonómico efectivo en la identificación de especies de vibrio (Sani, Ariyawansa, Babji, & Hashim, 2013). Conejero y Hedreyda (2004) demostraron la utilidad de analizar la secuencia del gen *toxR* para la diferenciación de vibrio de otras especies filogenéticamente relacionadas. Hossain, Kim y Kong (2013) reportaron evidencias experimentales y epidemiológicas que afirman que la expresión de genes *toxR* y de hemolisina está relacionada con la patogénesis de la enfermedad.

Desde el punto de vista de salud humana y de su relación con los organismos acuáticos fue importante estudiar la presencia de vibrio con potencial patogénico, ya que infecciones causadas por estos microorganismos se asocian a la ingesta de productos marinos contaminados o al contacto de heridas con agua de mar, en las que el paciente manifiesta gastroenteritis, infección en la piel, septicemia y la muerte en pacientes inmunocomprometidos o con bajas defensas (Kumar et al., 2014). La identificación de cepas de *Vibrio harveyi* gen de hemolisina (vhh) y gen *toxR* puede considerarse como un indicador potencial de patogenicidad para el camarón.

CONCLUSIONES

El sistema de cultivo intensivo cerrado permitió mantener los parámetros fisicoquímicos adecuados para el desarrollo de *L. vannamei*; sin embargo, se detectaron lesiones en los organismos y una reducción en la sobrevivencia que pudiera estar relacionada con la presencia de *Vibrio harveyi* gen

de hemolisina (vhh) y gen *toxR* identificados en hemolinfa y branquias.

Se identificaron aislados de *Vibrio harveyi* que expresaron ambos genes, hemolisina (vhh) y *toxR*, principalmente en hemolinfa de camarón. Los hallazgos sugieren que la metodología utilizada podría ser una herramienta en el diagnóstico de estos patógenos en los cultivos de camarón *L. vannamei*.

No se detectaron cepas de *V. cholerae* (*V. chol*), *V. vulnificus* (Vvh-785) y *V. harveyi* (LuxN) en las muestras de camarón *L. vannamei*, esto fue importante desde el punto de vista de salud para los consumidores.

La utilización de estos sistemas de cultivo intensivo tipo invernadero puede representar una alternativa viable para un mayor control de las enfermedades provocadas por vibrio.

REFERENCIAS

- Arnold, S. J., Coman, F. E., Jackson, C. J., & Groves, S. A. (2009). High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An evaluation of artificial substrates and stocking density. *Aquaculture*, 293(1-2), 42-48.
- Arzola G., J., Piña V., P., Nieves S., M., & Medina J., M. (2013). Supervivencia de postlarvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* a diferentes salinidades y temperatura. *Revista MVZ Córdoba*, 18(Supl.), 3618-3625.
- Bermúdez-Almada, M. C., Espinosa-Plascencia, A., Santiago-Hernández, M. L., Barajas-Borgo, C. J., & Acedo-Félix, E. (2014). Comportamiento de oxitetraciclina en camarón de cultivo *Litopenaeus vannamei* y la sensibilidad a tres antibióticos de bacterias de *Vibrio* aisladas de los organismos. *Biotecnica*, 16(3), 29-37.
- Boyd, C. E., Treece, G., Engle, R. C., Valderrama, D. V., Lightner, C. R., Pantoja, J., ..., Benner, R. (2001). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. En M. C. Haws, & C. E. Boyd (Ed.), *Métodos para mejorar la camaricultura en Centroamérica* (pp. 1-30). Managua, Nicaragua: Editorial-Imprenta UCA.
- Cohen, J. M., Samocha, T. M., Fox, J. M., Gandy, R. L., & Lawrence, A. L. (2005). Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Aquacultural Engineering*, 32(3-4), 425-442.
- Conejero, M. J., & Hedreyda, C. T. (2003). Isolation and partial *toxR* gene of *Vibrio harveyi* and design of *toxR*-targeted PCR primer for species detection. *Journal of Applied Microbiology*, 95(3), 602-611.
- _____ (2004). PCR detection of hemolysin (*vhh*) gene in *Vibrio harveyi*. *Journal of General Applied Microbiology*, 50(3), 137-142.
- Franco, P., & Hedreyda, C. (2006). Amplification and sequence analysis of the full length *toxR* gen in *Vibrio harveyi*. *The Journal of General Applied Microbiology*, 52(5), 281-287.
- Frías-Espericueta, M. G., & Páez-Osuna, F. (2001). Toxicidad de los compuestos del nitrógeno en camarones. En F. Paéz-Osuna (Ed.), *Camaronicultura y medio ambiente* (pp. 253-276). Sinaloa, México: Colegio de Sonora.
- Gómez-Gil, B., Tron-Mayén, L., Roque, A., Turnbull, J. F., Inglis, V., & Guerra-Flores, A. L. (1998). Species of *Vibrio* spp. isolated from hepatopancreas, hemolymph and digestive tract of a population of health juvenile *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 163(1-2), 1-9.
- Hossain, M. S., Aktaruzzaman, M., Fakhruddin, A. N. M., & Uddin, M. J. (2012). Antimicrobial susceptibility of *Vibrio* species isolated from brackish water shrimp culture environment. *Journal of Bangladesh Academic of Science*, 36(2), 213-220.
- Hossain, M. T., Kim, Y. O., & Kong, I. S. (2013). Multiplex PCR for the detection and differentiation of *Vibrio parahaemolyticus* strains using the *groEL*, *tdh* and *trh* genes. *Molecular and Cellular Probes*, 27(5-6), 171-175.
- Jayasree, L., Janakiram, P., & Madhavi, R. (2006). Characterization of *Vibrio* spp. associated with diseased shrimp from culture ponds of Andhra Pradesh (India). *Journal of the World Aquaculture Society*, 37(4), 523-532.
- Kumar, B. K., Deekshit, V. K., Raj, J. R. M., Rai, P., Shivanagowda, B. M., Karunasagar, I., & Karunasagar, I. (2014). Diversity of *Vibrio parahaemolyticus* associated with disease outbreak among cultured *Litopenaeus vannamei* (Pacific white shrimp) in India. *Aquaculture*, 433, 247-251.
- Leyton, Y., & Riquelme, C. (2008). *Vibrio* en los sistemas marinos costeros. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(3), 441-456.

- Li, E., Chen, L., Zeng, C., Chen, X., Yu, N., Lai, Q., & Qin, J. G. (2007). Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture*, 265(1-4), 385-390.
- Li, E., Chen, L., Zeng, C., Yu, N., Xiong, Z., Chen, X., & Qin, J. G. (2008). Comparison of digestive and antioxidant enzymes activities, haemolymph oxhemocianin contents and hepatopancreas histology of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at various salinities. *Aquaculture*, 274, 80-86.
- Lira, J. R., Amaral, R., Moura, V. F., Rocha, L., & Correia, E. S. (mayo, 2003). Performance evaluation of *Litopenaeus vannamei* marine shrimp in intensive and semi-intensive farming systems. *World Aquaculture Society 2003*. Salvador, Bahia, Brazil, May 19-23, 423-424.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Oportunidades y desafíos* (pp. 20-25). Roma, Italia: Autor.
- Pan, L., Zhang, L., & Liu, H. Y. (2007). Effects of salinity and pH on ion-transport enzyme activities, survival and growth of *Litopenaeus vannamei* postlarvae. *Aquaculture*, 273(4), 711-720.
- Parvathi, A., George, J., & Kumar, S. (2009). Prevalence and heterogeneity of haemolysin gene *vhh* among hatchery isolates of *Vibrio harveyi* in India. *Current Microbiology*, 59(1), 42-47.
- Paydar, M., Shuan, J. T. C., & Lin, T. K. (2013). Prevalence and characterisation of potentially virulent *Vibrio parahaemolyticus* in seafood in Malaysia using conventional methods, PCR and REP-PCR. *Food Control*, 32(1), 13-18.
- Ray, A. J., Dillon, K. S., & Lotz, J. M. (2011). Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. *Aquacultural Engineering*, 45(3), 127-136.
- Ray, A. J., Lewis, B. L., Browdy, C. L., & Leffler, J. W. (2010). Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture*, 299(1-4), 89-98.
- Sani, N. A., Ariyawansa, S., Babji, A. S., & Hashim, J. K. (2013). The risk assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in cooked black tiger shrimps (*Penaeus monodon*) in Malaysia. *Food Control*, 31(2), 546-552.
- Shveitzer, R., Arantes, R., Costódio, P. F. S., do Espírito Santo, C. M., Arana, L. V., Seiffert, W. Q., & Adreatta, E. R. (2013). Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. *Aquacultural Engineering*, 56, 59-70.
- Soonthornchai, W., Rungrassamee, W., Karoonuthaisiri, N., Jarayabhand, P., Klinbunga, S., Soderhall, K., & Jiravanichpaisal, P. (2010). Expression of immune-related genes in the digestive organ of shrimp, *Penaeus monodon*, after an oral infection by *Vibrio harveyi*. *Developmental & Comparative Immunology*, 34(1), 19-28.
- Wong, S. K., Zhang, X. H., & Woo, N. Y. S. (2012). *Vibrio alginolyticus* thermolabile hemolysin (TLH) induces apoptosis, membrane vesiculation and necrosis in sea bream erythrocytes. *Aquaculture*, 330-333, 29-36.
- Wu, J. P., Chen, H. C., & Huang, D. J. (2009). Histopathological alterations in gills of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) after acute exposure to cadmium and zinc. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 82(1), 90-95.
- Zhang, X. H., & Austin, B. (2005). Review: Haemolysins in *Vibrio* species. *Journal of Applied Microbiology*, 98(5), 1011-1019.
- Zhang, X. J., Yan, B. L., Bai, X. S., Bi, K. R., Gao, H., & Qin, G. M. (2014). Isolation and characterization of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio rotiferianus* associated with mass mortality of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*). *Journal of Shellfish Research*, 33(1), 61-68.
- Zhou, Q., Li, K., Jun, X., & Bo, L. (2009). Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. *Bioresource Technology*, 100(16), 3780-3786.
- Zorriehzahra, M. J., & Banaederakhshan, R. (2015). Early Mortality Syndrome (EMS) as new emerging threat in shrimp industry. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 3(2s), 64-72.

Estudio *ab initio* de la capacidad antioxidante de una familia de alcaloides imidazólicos versus flavonoides

Ab initio study of the antioxidant capacity of an imidazole alkaloids versus flavonoids family

Elizabeth Torres Cruz*, Gabriel Arturo Soto Ojeda**, Luz Palomino Asencio***, Erwin García Hernández***✉

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.

RESUMEN

En este trabajo se estudiaron tres alcaloides imidazólicos; Lepidina D, E y F, y tres flavonoides; crisina, quercetina y camferol dentro del marco de la Teoría de Funcionales de la Densidad para determinar su capacidad antioxidante mediante el mecanismo de transferencia electrónica. Se aplicó la metodología B3LYP/6-31+G(d) para obtener las estructuras de mínima energía y los índices de reactividad globales. Para los alcaloides y flavonoides no hubo cambios sustanciales en los parámetros geométricos. En el caso de los índices de reactividad globales, el Potencial de Ionización muestra que en los alcaloides, la Lepidina F es el que tiene el valor más pequeño, sugiriéndolo como buen antioxidante con respecto

Palabras clave: antioxidantes; *ab initio*; alcaloides; flavonoides; Teoría de Funcionales de la Densidad; índices de reactividad globales.

Keywords: antioxidants; *ab initio*; alkaloids; flavonoids; Density Functional Theory; global reactivity predictors.

Recibido: 23 de marzo de 2017, aceptado: 1 de septiembre de 2017

* 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: 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: palominoluz21@gmail.com; erwin.garcia@live.itsz.edu.mx

✉ Autor para correspondencia

a los flavonoides. Una conclusión importante de este trabajo es que los alcaloides podrían fungir como buenos antioxidantes debido a la fracción imidazol.

ABSTRACT

A Density Functional Theory study of three imidazole alkaloids; Lepidine D, E and F, and three flavonoids; chrysin, quercetin and kaempferol was carried out to obtain information about its antioxidant capacity. The B3LYP/6-31+G(d) method was applied to find the minimum in the potential energy surface and the global reactivity predictors. There was not observed substantial changes in the structural parameters in both families. By the side of reactivity predictors, the Ionization Potential suggests that alkaloids are good antioxidants versus flavonoids, specially the Lepidine F, which present the smallest value of this quantity. An important conclusion in this work is the participation of the imidazole group, suggesting that alkaloids are good antioxidant due to presence of this moiety.

INTRODUCCIÓN

Los antioxidantes son compuestos bioactivos que juegan un papel primordial en la preservación de los alimentos y productos farmacéuticos al protegerlos del proceso de oxidación (Aksu, Topal, Gulcin, Tümer, & Göksu, 2015; Shahidi & Zhong, 2010; Zou & Akoh, 2015), además de proteger al cuerpo humano de varias enfermedades cardiovasculares, cáncer y envejecimiento por la captura de radicales libres (Gülcin, Büyükkuroglu, Oktay, & Küfreviöglu, 2003). Un antioxidante es un compuesto que previene o retarda la oxidación de sustratos aun si éste está

disponible en concentraciones sustancialmente bajas con respecto a los sustratos oxidados (Gülcin, Büyükkuroglu, & Küfrevioğlu, 2003).

Ejemplo de antioxidantes naturales son los compuestos fenólicos o polifenoles, que constituyen uno de los grupos más numerosos y altamente distribuidos en el reino vegetal, con cientos de estructuras actualmente conocidas. La expresión compuestos fenólicos, se refiere a sustancias que contienen un arreglo que posee un anillo aromático de seis carbonos, sustituido con uno o más grupos hidroxilo (-OH) (Halake, Birajdar, & Lee, 2016; Villuendas-Rey, Alvarez-Idaboy, & Galano, 2015). Dentro de estos, se encuentran los flavonoides, que en su mayoría contienen grupos fenoles en su estructura.

Los flavonoides son una familia de compuestos a los que se les atribuye gran cantidad de efectos biológicos y/o terapéuticos, como prevención de cáncer, diabetes, enfermedades neurológicas (Middleton, Kandaswami, & Theoharides, 2000; Qian, Wang, Fan, Tan, & Yang, 2015) y la más importante, como antioxidantes, donde bastos estudios han comprobado su gran efectividad como retardadores de estrés oxidativo y daño celular (Havsteen, 2002).

Por otro lado, se puede mencionar a los alcaloides imidazólicos como compuestos que también contienen en su estructura grupos fenólicos, algunos de los cuales fueron aislados por Maier, Gundlach y Zenk (1998) de *Lepidium sativum*. Los alcaloides son compuestos orgánicos de origen natural, nitrogenados, heterocíclicos y generalmente se sintetizan a partir de aminoácidos; se les puede asociar con neurotoxicidad debido a la similitud con moléculas que participan en la transmisión de las señales del sistema nervioso, por lo que tienen la capacidad de bloquear neuro-receptores, intermediarios de la transducción de señal neuronal y canales iónicos de vertebrados e insectos (Sepúlveda-Jiménez, Portaducing, & Rocha-Sosa, 2003). A pesar de esto, hay estudios donde relacionan a los alcaloides con antioxidantes (Srivastava, Tandon, Ayala, & Jain, 2011), aspecto de gran interés para profundizar.

Los autores del presente trabajo no tienen conocimiento de un análisis teórico que evalúe la capacidad antioxidante de los alcaloides imidazólicos como la Lepidina D, E y F, por lo que en este artículo se presenta un estudio de estructura electrónica en el que se obtuvieron algunos índices de reactividad

globales como el potencial de ionización, los orbitales moleculares y la función de Fukui asociada a la donación de carga para los alcaloides antes mencionados y los flavonoides quercetina, crisina y camferol, con el fin de comparar sus características electrónicas y proponer a los alcaloides como buenos antioxidantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se tomaron en cuenta tres lepidinas aisladas por Maier y colaboradores (1998) provenientes de *Lepidium sativum*, las cuales comparten ciertas características estructurales, como puede apreciarse en la figura 1. Por parte de los flavonoides, se decidió estudiar tres estructuras que tuvieran grupos fenol, catecol y resorcinol. Inicialmente se generaron las primeras estructuras con una versión de prueba del programa Chemcraft v1.8 y se procedió a llevar a cabo una optimización de geometría de las estructuras estudiadas (figura 1) para obtener la conformación de más baja energía dentro del marco de la Teoría de Funcionales de la Densidad (DFT) con el método B3LYP (Becke, 1993), el cual es adecuado para tratar sistemas con fracciones fenólicas (Ortega-Moo, Garza, & Vargas, 2016), acoplado a un conjunto base doble zeta con una función de polarización (d) para átomos pesados, 6-31+G(d) (Ditchfield, Hehre, & Pople, 1971).

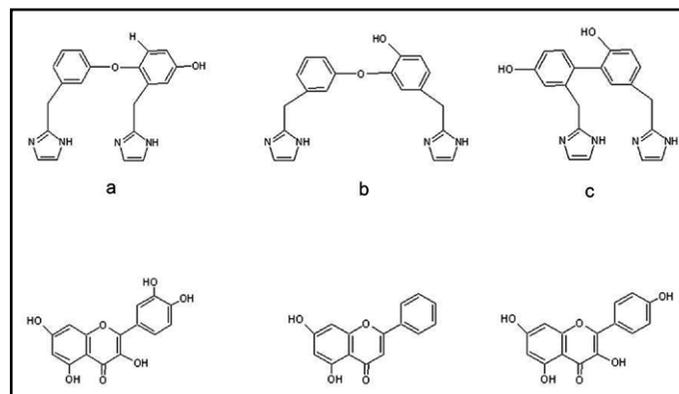


Figura 1. Estructuras de los alcaloides: a) Lepidina D, b) Lepidina E, c) Lepidina F y flavonoides, d) quercetina, e) crisina y f) camferol. Elaboración propia.

Se obtuvieron las frecuencias vibracionales para corroborar que las estructuras estuvieran en un mínimo de energía dentro de la superficie de energía potencial. Para verificar la capacidad antioxidante de los alcaloides y flavonoides, se tomó en cuenta el proceso mediante transferencia de carga (SET),

en el cual se evalúa solamente la donación de un electrón o fracción del mismo. Para ello, lo primero que se hizo fue calcular el potencial de ionización vertical (PI) mediante el ΔSCF (o aproximación de diferencias finitas) usando la siguiente relación:

$$PI = E_{(N-1)} - E_{(N)} \quad \text{Ec. 1}$$

donde $E_{(N-1)}$ corresponde a la energía del sistema catiónico, y $E_{(N)}$ a la del sistema neutro. Además, se comparó con la obtenida mediante el eigenvalor del orbital molecular ocupado de más alta energía, HOMO. Para obtener información del sitio de la molécula donde se lleva a cabo la remoción del electrón se mapeó el orbital HOMO de todas las estructuras. Asimismo, debido a que en un proceso de transferencia de carga no siempre se donan electrones completos, se obtuvo la función de Fukui (Parr & Yang, 1984) asociada al proceso de donación de carga (f^-), la cual mide cómo cambia la densidad electrónica $[\rho(r)]$ cuando pierden electrones $[\partial N]$, manteniendo el potencial externo fijo $[v(r)]$; es decir, que los núcleos se mantienen fijos. Esta función se puede obtener mediante una diferencia de densidades entre el sistema neutro $[\rho_{N_0}(r)]$ menos el sistema catiónico $[\rho_{N_0-1}(r)]$, como lo muestra la siguiente ecuación:

$$f^- = \left(\frac{\partial \rho(r)}{\partial N} \right)_{v(r)}^- = \rho_{N_0}(r) - \rho_{N_0-1}(r) \quad \text{Ec. 2}$$

El cálculo de los índices globales de reactividad se realizó utilizando el funcional B3LYP (Becke, 1993: 5648), un conjunto de base doble zeta con una función de polarización (d) para los átomos pesados y una función difusa (+), 6-31+G (d) (Ditchfield et al., 1971: 724). Todos los cálculos fueron realizados con el paquete computacional NWChem en su versión 6.3 (Valiev et al., 2010: 1477).

RESULTADOS

Análisis conformacional

En la figura 2 se muestran las estructuras optimizadas de los alcaloides y flavonoides con el método B3LYP/6-31+G(d).

Se evaluaron algunos parámetros geométricos entre el camferol, quercetina y crisina, en donde no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la distancia de enlace y la amplitud de

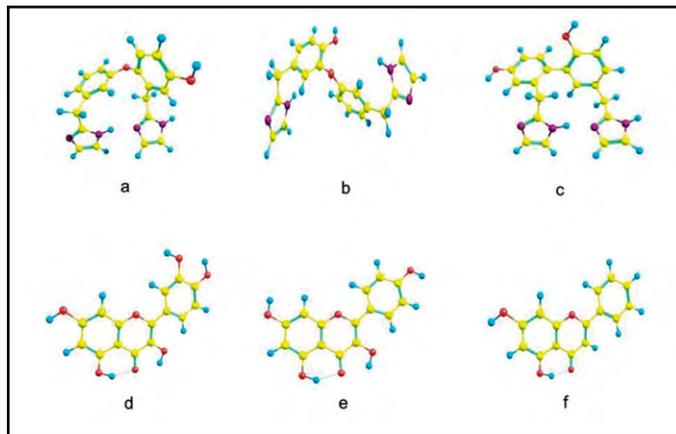


Figura 2. Estructuras optimizadas de: a) Lepidina D, b) Lepidina E, c) Lepidina F, d) quercetina, e) camferol y f) crisina con la metodología B3LYP/6-31+G(d).

Elaboración propia.

sus ángulos. De la figura 2 se puede observar que en todos los flavonoides en la fracción resorcinol se forma un puente de hidrógeno intramolecular (IHB) entre el $-OH$ y el grupo carbonilo ($-CO$) con una distancia de 1.7 Å, atribuyendo a la estructura mayor estabilidad; sin embargo, ya se ha reportado que en compuestos con fracción catecol y resorcinol el enlace intramolecular no afecta los índices globales de reactividad (García-Hernández & Garza, 2017; Ortega-Moo et al., 2016: 177). De la misma manera, en la figura 2 (a, b y c) se muestran las geometrías más estables para los alcaloides Lepidina D, E y F, respectivamente. Al igual que en los flavonoides, en los alcaloides no se observan diferencias en parámetros geométricos, principalmente en las fracciones fenol e imidazol. El análisis de frecuencias vibracionales arrojó valores positivos en todos los casos.

Reactividad química

En esta sección del artículo se muestran los resultados de los índices de reactividad globales. La evaluación de capacidad antioxidante de las especies estudiadas se basó en el mecanismo SET. El primer índice evaluado en este trabajo fue el PI . Para la obtención de este valor se usaron el ΔSCF (Ec. 1) y la energía del orbital HOMO. En la tabla 1 se muestran los valores de PI . De dicha tabla podemos rescatar que los valores obtenidos con la energía del HOMO están por debajo de los arrojados por el ΔSCF en 1.5 ± 0.2 eV. Evidentemente, los números obtenidos mediante diferencias finitas son más confiables, ya que el eigenvalor del HOMO depende totalmente del funcional a utilizar y la corrección asintótica

del potencial de Kohn-Sham, por lo que el análisis se realizó mediante los valores del ΔSCF . Para los flavonoides se puede ver que el valor más bajo del PI es el de la quercetina con 7.32 eV, indicando que es más fácil remover un electrón de ese sistema que de la crisina, el cual tiene un valor de 7.95 eV. Esto contribuye a las propuestas de la literatura donde se expone que los compuestos con grupos fenólicos son más susceptibles a la donación de electrones, por lo que su PI es más bajo con respecto a los que contienen grupos resorcinol (Ortega-Moo et al., 2016, p. 177).

Tabla 1
 PI para los sistemas estudiados con B3LYP/6-31+G(d)

Molécula	Energía HOMO	ΔSCF
Lepidina F	5.67	7.09
Lepidina D	5.64	7.28
Lepidina E	6.08	7.40
Quercetina	5.87	7.32
Camferol	5.97	7.42
Crisina	6.37	7.95

Nota: Valores reportados en eV.
Elaboración propia.

Por otro lado, es curioso ver cómo los alcaloides presentan valores, incluso ligeramente más pequeños que los flavonoides, de donde surge una conclusión importante: que los alcaloides son ligeramente más susceptibles a la donación de electrones, con una diferencia de 0.23 eV con respecto a la quercetina, correspondiente a ~ 5 kcal/mol.

Del lado del mapeo de los orbitales moleculares, se puede observar de la figura 3 (d), que la distribución del HOMO en la quercetina se encuentra en la fracción catecol principalmente, dicha porción de la molécula es la principal aportadora al momento de donar un electrón. Para el camferol (figura 3 [e]) la distribución de este orbital se da entre el grupo fenólico y una muy pequeña contribución del resorcinol. Sin embargo, para la crisina (figura 3 [f]), el HOMO está totalmente situado en el anillo de resorcinol. Esto tiene sentido ya que su potencial de ionización es mayor en 0.6 eV frente a la quercetina, y se ha reportado que los compuestos con resorcinol son menos activos (Ortega-Moo et al., 2016, p. 177).

Para los alcaloides es curioso observar que el orbital HOMO no se encuentra situado en la fracción fenólica como se esperaría. Para los tres alcaloides,

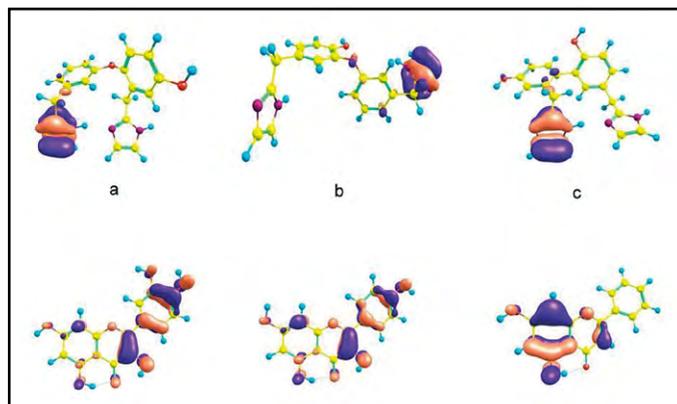


Figura 3. Orbital HOMO obtenido con B3LYP/6-31+G(d) para: a) Lepidina D, b) Lepidina E, c) Lepidina F, d) quercetina, e) camferol y f) crisina. Valores de la isosuperficie de 0.05. Elaboración propia.

el HOMO se encuentra totalmente localizado en el anillo de imidazol, sin que haya contribución del grupo fenólico sobre este orbital. Por tanto, cualquiera de las lepidinas estudiadas en este trabajo van a ser susceptibles a donar un electrón de la región imidazol y no de la fracción fenol.

Debido a que en un mecanismo SET se da la transferencia de electrones, también es importante ver los sitios donde se puede dar una transferencia de carga por fracciones y no sólo por un electrón completo. Para esto, se evaluó la función de Fukui (f^-), donde se ve un pequeño contraste con lo encontrado en el mapeo del orbital HOMO. Las funciones de Fukui están basadas en la teoría de orbitales frontera, que asocian a los orbitales de valencia la reactividad de cualquier sistema químico. En este caso, la función de Fukui va a predecir los sitios donde es más factible tener un ataque electrofílico (f^-), lo que se espera de un buen antioxidante.

De la figura 4 (d, e) podemos rescatar que para la quercetina y el camferol los sitios susceptibles a una donación de carga se encuentran sobre los carbonos que unen a los grupos catecol y fenol, respectivamente. También se observa que se puede dar dicha transferencia de carga sobre los grupos $-\text{OH}$ de las fracciones mencionadas anteriormente; mientras que para la crisina (figura 4 [f]), se sigue viendo el mismo comportamiento que el mostrado por el orbital HOMO, ya que se encuentra la f^- sobre la fracción resorcinol. De la misma manera y con el mismo comportamiento, para la lepidina D, E y F la f^- se encuentra situada en el grupo imidazol, con una pequeña contribución en el grupo fenólico en esta última.

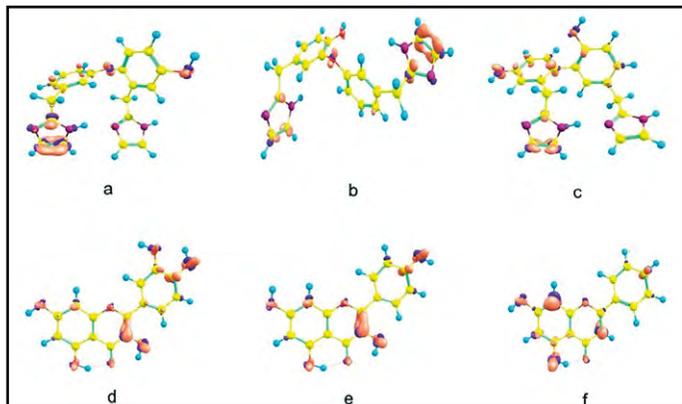


Figura 4. Función de Fukui (f^-) para: a) Lepidina D, b) Lepidina E, c) Lepidina F, d) quercetina, e) camferol y f) crisina. Valores de la isosuperficie de 0.005. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Del análisis conformacional podemos decir que los parámetros geométricos en las estructuras estudiadas no varían entre ellas, analizando primordialmente la fracción fenólica para los flavonoides y el imidazol en los alcaloides. En un estudio teórico realizado por Fabijanić, Brala y Pilepić (2015), donde se explora la reactividad química de α -tocoferol o vitamina E, el cual es considerado un buen antioxidante, se reporta un valor de PI de 8.39 eV, lo que sugiere que los flavonoides y, por ende, los alcaloides estudiados en este trabajo, son buenos antioxidantes, ya que difieren por debajo del valor reportado en 0.98 ± 0.44 eV respecto al α -tocoferol. Es claro que de los valores obtenidos para los alcaloides y flavonoides, los alcaloides tienen un menor potencial de ionización, lo que sugiere que si el PI es proporcional a la

actividad antioxidante, al menos la Lepidina F puede fungir como un buen antioxidante e incluso mejor que cualquiera de los flavonoides aquí mostrados. Lo más interesante de este resultado es que el sitio de donde se donaría el electrón es de la fracción imidazol y no del fenol. Según el conocimiento de los autores del presente trabajo esto es totalmente nuevo, ya que no se ha reportado a nivel teórico que un alcaloide imidazólico tenga gran capacidad antioxidante debido a que en su estructura haya un grupo imidazol, en donde éste es el responsable de la donación del electrón en un mecanismo SET.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se analizaron tres alcaloides y tres flavonoides en el marco de la teoría de funcionales de la densidad. Se determinó su potencial de ionización y se encontró que para el caso de los flavonoides la quercetina es la más activa y en los alcaloides la Lepidina F es la que tiene el valor más pequeño, lo que la hace la más susceptible a donar un electrón. Una conclusión importante encontrada en este trabajo es la región donde se encuentra el orbital HOMO, ya que para los alcaloides está situado en la fracción imidazol y no en el fenol, como se esperaba. De los resultados obtenidos en el presente estudio, podemos concluir que los alcaloides podrían fungir como buenos antioxidantes, incluso por encima de los flavonoides. Como perspectiva, es necesario llevar a cabo una investigación más robusta para ratificar la hipótesis del presente trabajo, y verificar si realmente los alcaloides con fracción imidazol pueden tener gran capacidad antioxidante, y abrir camino al estudio de nuevos compuestos que contengan esta fracción.

REFERENCIAS

- Aksu, K., Topal, F., Gulcin, I., Tümer, F., & Göksu, F. (2015). Acetylcholinesterase inhibitory and antioxidant activities of novel symmetric sulfamides derived from phenethylamines. *Archiv der Pharmazie: Chemistry in Life Sciences*, 348(6), 446-455.
- Becke, A. D. (1993). Density-functional thermochemistry. III. The role of exact exchange. *The Journal of Chemical Physics*, 98(7), 5648-5652. doi: 10.1063/1.464913
- Ditchfield, R., Hehre, W. J., & Pople, J. A. (1971). Self-consistent molecular-orbital methods. IX. An extended gaussian-type basis for molecular-orbital studies of organic molecules. *The Journal of Chemical Physics*, 54(2), 724-728. doi: 10.1063/1.1674902
- Fabijanić, I., Brala, C. J., & Pilepić, V. (2015). The DFT local reactivity descriptors of α -tocopherol. *Journal of Molecular Modeling*, 21(4), 99. doi: 10.1007/s00894-015-2644-y
- García-Hernández, E., & Garza, J. (2017). Reactivity sites in dopamine depend on its intramolecular hydrogen bond. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 61(3), 222-228.
- Gülcin, I., Büyükkokuroglu, M. E., & Küfrevioğlu, O. I. (2003). Metal chelating and hydrogen peroxide scavenging effects of melatonin. *Journal of Pineal Research*, 34(4), 278-281.
- Gülcin, I., Büyükkokuroglu, M. E., Oktay, M., & Küfrevioğlu, O. I. (2003). Antioxidant and analgesic activities of turpentine of *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallsiana* (Lamb.) Holmboe. *Journal of Ethnopharmacology*, 86(1), 51-58.
- Halake, K., Birajdar, M., & Lee, J. (2016). Structural implications of polyphenolic antioxidants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 35, 1-7. doi: 10.1016/j.jiec.2016.01.003
- Havsteen, B. H. (2002). The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics*, 96(2-3), 67-202.
- Maier, U. H., Gundlach, H., & Zenk, M. H. (1998). Seven imidazole alkaloids from *Lepidium sativum*. *Phytochemistry*, 49(6), 1791-1795.
- Middleton, E., Kandaswami, C., & Theoharides, T. C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: Implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52(4), 673-751.
- Ortega-Moo, C., Garza, J., & Vargas, R. (2016). The substituent effect on the antioxidant capacity of catechols and resorcinols. *Theoretical Chemistry Accounts*, 135, 177-188. doi: 10.1007/s00214-016-1932-7
- Parr, R. G., & Yang, W. (1984). Density functional approach to the frontier-electron theory of chemical reactivity. *Journal of the American Chemical Society*, 106(14), 4049-4050. doi: 10.1021/ja00326a036
- Qian, J. Z., Wang, B. C., Fan, Y., Tan, J., & Yang, X. (2015). QSAR study of flavonoid-metal complexes and their anticancer activities. *Journal of Structural Chemistry*, 56(2), 338-345. doi: 10.1134/S0022476615020195
- Sepúlveda-Jiménez, G., Porta-Ducoing, H., & Rocha-Sosa, M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 355-363.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39(11), 4067-4079. doi: 10.1039/b922183m
- Srivastava, A., Tandon, P., Ayala, A. P., & Jain, S. (2011). Solid state characterization of an antioxidant alkaloid boldine using vibrational spectroscopy and quantum chemical calculations. *Vibrational Spectroscopy*, 56(1), 82-88. doi: 10.1016/j.vibspec.2010.08.001
- Valiev, M., Bylaska, E. J., Govind, N., Kowalski, K., Straatsma, T. P., Van Dam, H. J. J., ..., de Jong, W. A. (2010). NWChem: a comprehensive and scalable open-source solution for large scale molecular simulations. *Computer Physics Communications*, 181(9), 1477-1489. doi: 10.1016/j.cpc.2010.04.018
- Villuendas-Rey, Y., Alvarez-Idaboy, J. R., & Galano, A. (2015). Assessing the protective activity of a recently discovered phenolic compound against oxidative stress using computational chemistry. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 55(12), 2552-2561. doi: 10.1021/acs.jcim.5b00513
- Zou, L., & Akoh, C. C. (2015). Antioxidant activities of annatto and palm tocotrienol-rich fractions in fish oil and structured lipid-based infant formula emulsion. *Food Chemistry*, 168, 504-511. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.098

Efecto de los crioprotectores en la morfología y pérdida iónica en yemas axilares de vid cv. 'Flame Seedless' crioconservadas

Effect of cryoprotectants on the morphology and electrolyte leakage on axillary buds of cryopreserved grapevine cv. 'Flame Seedless'

María Fernanda Lazo-Javalera*, Karen Rosalinda Astorga-Cienfuegos*, Martín Ernesto Tiznado-Hernández*, Irasema Vargas-Arispuro*, Miguel Ángel Martínez-Téllez*, María Auxiliadora Islas-Osuna*, Miguel Ángel Hernández-Oñate*, Marcos Edel Martínez-Montero**, Marisela Rivera-Domínguez*✉

Lazo-Javalera, M. F., Astorga-Cienfuegos, K. R., Tiznado-Hernández, M. E., Vargas-Arispuro, I., Martínez-Téllez, M. Á., Islas-Osuna, M. A., ..., Rivera-Domínguez, M. (2017). Efecto de los crioprotectores en la morfología y pérdida iónica en yemas axilares de vid cv. 'Flame Seedless' crioconservadas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 36-44.

RESUMEN

La crioconservación ha revolucionado el campo de la biotecnología. Congelar en nitrógeno líquido (NL) preserva células por largo tiempo. En ese sentido, en este trabajo se evaluaron tres condiciones de crioconservación basados en la vitrificación de yemas de vid. Las yemas fueron sometidas a PVS2, PVS3 y glicerol por 0-420 min, y colocadas en NL por una hora. De modo posterior a cada tiempo de incubación se cuantificó la pérdida de iones como medida de viabilidad y se evaluó el daño mediante observación en estereoscopio. Basados en el porcentaje de viabilidad el mejor método fue empleando PVS3 (30% viabilidad), seguido de glicerol (25%) y PVS2 (<10%). Las imágenes de las yemas expuestas a PVS3 no muestran daño en el tejido, a diferencia de PVS2 y glicerol, los cuales resultaron insuficientes para preservar el tejido. Estos resultados

Palabras clave: *Vitis vinifera* L.; PVS2; PVS3; glicerol; viabilidad; vitrificación.

Keywords: *Vitis vinifera* L.; PVS2; PVS3; glycerol; viability; vitrification.

Recibido: 12 de enero de 2017, aceptado: 18 de agosto de 2017

* Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Carretera a La Victoria km 0.6, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico: mafer_309@hotmail.com; kastorga@ciad.mx; tiznado@ciad.mx; iris@ciad.mx; norawa@ciad.mx; islasosu@ciad.mx; miguel.hernandez@ciad.mx; marisela@ciad.mx

** Plant Breeding Laboratory, Bioplants Center, University of Ciego de Avila. Carretera a Moron km 9, C. P. 69450, Ciego de Avila, Cuba. Correo electrónico: cubaplantas@gmail.com

✉ Autor para correspondencia

sugieren que el protocolo utilizando PVS3 puede ser considerado para la preservación de yemas de vid.

ABSTRACT

The cryopreservation has revolutionized the field of biotechnology. Frozen in liquid nitrogen (LN) preserves long living cells. In this sense, in this paper were evaluated three conditions of cryopreservation based on vitrification of buds of grapevine. The buds were subjected to the PVS2, PVS3 and glycerol for 0-420 min, and submerged in LN for one hour. After the incubation time electrolyte leakage was determined as a viability measurement, and tissue damage was evaluated through stereoscopic observation. Based on the viability percentage the best preservation method was using PVS3 solution (30%) followed by glycerol (25%) and PVS2 (<10%). The images of the buds exposed to PVS3 shows no tissue damage unlike to PVS2 and glycerol, were not sufficient to preserve buds tissue. The results shown here suggest that using PVS3 as protocol can be considered for buds grapevine germplasm preservation.

INTRODUCCIÓN

La vid (*Vitis vinifera* L.) es considerada uno de los cultivos económicamente hablando más importantes en el mundo (Liu et al., 2012). Dicho cultivo se encuentra en constante peligro debido a factores bióticos y abióticos, por lo que es necesario conservar variedades de importancia agronómica y prevenir la pérdida del material genético. La

crioconservación es una alternativa muy eficiente para la subsistencia a largo plazo del material vegetal, basado en la reducción de las funciones metabólicas a la temperatura del NL (-196°C) (Engelmann, 2012, p. 255).

La técnica de crioconservación involucra el uso de crioprotectores, vitrificación, deshidratación, encapsulación, microgoteo y microplacas (Kavianí, 2011; Pathirana, McLachlan, Hedderley, Panis, & Carimi, 2016); los cuales tienen el objetivo de proteger y evitar daño letal en las membranas celulares, y eliminar así el efecto negativo sobre la viabilidad posterior a la crioconservación. Existen crioprotectores de bajo peso molecular y permeables como el etilenglicol, propilenglicol, dimetilsulfóxido (DMSO), glicerol y otros alcoholes; los de bajo peso molecular y no permeables como glucosa, sacarosa, trehalosa y prolina; los de alto peso molecular y no permeables como la polivinilpirrolidona, alcohol polivinílico, hialuronidato de sodio y otros polímeros (Benson, 2008, p. 15), que tienen la propiedad de incrementar la osmolaridad celular, la viscosidad y deshidratar, disminuyendo el punto de congelación e inducir la vitrificación (Benson, 2008); todo esto con la finalidad de evitar el daño por formación de cristales de hielo durante la congelación (Bhattacharya & Prajapati, 2016). Muchas técnicas de crioconservación incluyen un paso inicial para reducir el contenido de agua en los tejidos (deshidratación) e incrementar la viscosidad interna del citoplasma (mediante los crioprotectores), un segundo paso es el congelamiento rápido en nitrógeno líquido y el tercero involucra el descongelamiento rápido (Teixeira, González-Benito, & Molina-García, 2013).

La vitrificación es el método más utilizado en los tejidos vegetales, empleando soluciones crioprotectoras (mezcla de diferentes crioprotectores) altamente concentradas que tienen la función de mantener el estado vítreo en el citoplasma y evitan la formación de hielo intra y extracelular (González-Arno, Panta, Roca, Escobar, & Engelmann, 2008; Sakai & Engelmann, 2007). En vid se han implementado algunas de estas técnicas en diferentes tipos de tejidos (Ganino et al., 2012; Vasanth & Vivier, 2011). Se ha reportado la encapsulación-deshidratación en suspensiones celulares (Ben-Amar, Daldoul, Allel, Reustle, & Mliki, 2013; González-Benito, Martín, & Vidal, 2009) y en meristemos apicales (Bayati, Shams-Bakhsh, & Moini, 2011; Marković, Chatelet, Sylvestre, Kontić, & Engelmann, 2013). El protocolo de vitrificación mediante la solución PVS2 se ha aplicado sa-

tisfactoriamente. Matsumoto y Sakai (2003) crioconservaron brotes axilares de "Cabernet Sauvignon" utilizando PVS2 obteniendo 60-80% de recuperación. Zhai, Wu, Engelmann, Chen y Zhao (2003) crioconservaron "Cabernet franc", "Chardonnay", "Fengh 51" y "LN33" y reportaron en promedio 36% de regeneración.

Por otro lado, durante el congelamiento y descongelamiento en los tejidos se puede llegar a producir daño a las membranas, dando un incremento del flujo de iones y solutos orgánicos a través de las membranas celulares. El catión más importante que pierde la célula es el K⁺ (Al-Zoubi & Normah, 2015; Kaczmarczyk et al., 2012). Pocos reportes existen acerca del análisis de la pérdida de iones relacionado con el daño en los tejidos debido a los protocolos de crioconservación (Martínez-Montero, Martínez, & Engelmann, 2008; Pukacki & Juszczak, 2015). Por tanto, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de los crioprotectores en la morfología y pérdida iónica de yemas axilares de vid bajo tres condiciones de crioconservación basadas en la vitrificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron yemas axilares de vid (*Vitis vinifera* L.) cv. "Flame seedless" provenientes del viñedo Casas Grandes, ubicado en el kilómetro 40 carretera 36 norte, en la Costa de Hermosillo, Sonora, México (29°02'41.0"N, 111°43'59.3"W). Las varetas conteniendo entre 5 y 7 yemas axilares fueron desinfectadas de acuerdo a lo reportado por Lazo-Javalera et al. (2016).

Protocolos de crioconservación

La metodología de vitrificación se desarrolló de acuerdo con lo descrito por Matsumoto y Sakai (2003) con algunas modificaciones. Se evaluaron tres soluciones crioprotectoras: (1) la solución de vitrificación PVS2 (Sakai, Kobayashi, & Oiyama, 1990), la cual contiene glicerol 30% (p/v), etilen-glicol 15% (m/v), DMSO 15% (p/v) y sacarosa 0.4 M disueltos en medio MS (Murashige & Skoog, 1962); (2) la solución de vitrificación PVS3 (Nishizawa, Sakai, Amano, & Matsuzawa, 1993), compuesta de glicerol 50% (p/v) y sacarosa 50% (p/v) disueltos en medio MS; (3) glicerol 100% (m/v). Se utilizaron cinco réplicas de cinco yemas por criovial de 1.5ml para cada tratamiento. Las yemas disectadas y previamente desinfectadas se incubaron en cada solución crioprotectora en

agitación a 100 rpm a 25 ± 2 °C durante 0, 30, 60, 90, 120, 180, 210, 240, 300 y 420 min, incluyendo el control sin crioprotección. De manera posterior a cada tiempo de incubación se sumergieron por una hora en NL y se descongelaron en un baño María a 38 °C por tres min.

Cuantificación de viabilidad

La viabilidad se cuantificó con base en la pérdida iónica de acuerdo con lo reportado por Martínez-Montero et al. (2008). Inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos, las yemas tratadas y controles de cinco réplicas conteniendo cinco yemas cada una fueron incubadas en 20ml de agua desionizada y colocadas en agitación a 100 r.p.m. a 25 °C por 24 h para medir la conductividad utilizando un conductímetro (Cole Palmer Instrument Co., Chicago, Illinois). Aparte, en otro grupo de tres réplicas conteniendo tres yemas, a cada una se le realizó un corte longitudinal y fueron observadas en un microscopio-estereoscópico (Daigger Scientific Inc.) para detectar posibles cambios en la morfología del tejido. Los datos se analizaron mediante varianza de una vía (ANOVA) y la prueba de rango múltiple de Tukey-Kramer a un nivel de significancia de 95%, por medio de NCSS versión 2007.

RESULTADOS

El porcentaje de viabilidad después de los diversos tiempos de contacto con la solución PVS2 con y sin NL se muestra en la figura 1 (A) y se observó un decremento en la viabilidad al aumentar el tiempo de exposición con la solución PVS2, alcanzando un valor mínimo de 35% a los 300 min de incubación, con una reducción de viabilidad cerca de 50%. Por otro lado, después de una hora de almacenamiento en NL (figura 1[A]) se detectó que los valores de viabilidad se mantuvieron constantes, sin diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tiempos de incubación. En estos tejidos (PVS2+NL) la viabilidad máxima fue de 10%.

El porcentaje de viabilidad de las yemas expuestas a la solución crioprotectora PVS3 con o sin NL se muestran en la figura 1(B). Los valores de viabilidad en yemas expuestas a PVS3 tienden a disminuir con respecto al tiempo de incubación alcanzando un mínimo de 60% a los 400 min; sin embargo, la reducción en la viabilidad con respecto al tiempo inicial fue de 30%. Por otro lado, la viabilidad de las yemas en PVS3 y una hora en NL mostraron un comportamiento de campana, donde

a los 120 min se obtiene un máximo en la viabilidad (35%). Al comparar los porcentajes de viabilidad máxima obtenida después de NL con las soluciones crioprotectoras utilizadas, se encontró que las yemas tratadas con PVS3 mostraron una mayor viabilidad (35%) en comparación con la observada con el tratamiento PVS2 (10%) (figuras 1 [A y B]).

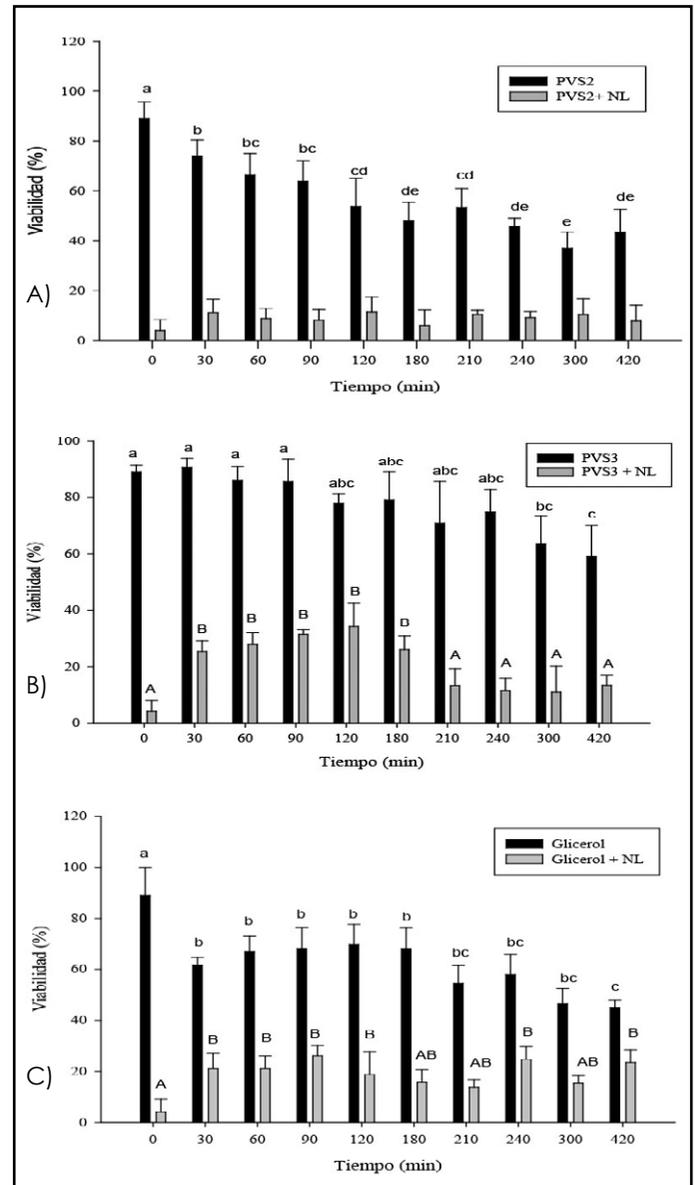


Figura 1. Porcentaje de viabilidad de yemas axilares de vid (*Vitis vinifera* L.). (A) Sometidas a la solución crioprotectora PVS2 (barras oscuras) y PVS2 y una hora en NL (barras grises) (B) Exposición en la solución crioprotectora PVS3 (barras oscuras) y PVS3 y una hora en NL (barras grises). (C) exposición en glicerol (barras oscuras) y glicerol y una hora en NL (barras grises). Valores con la misma letra son estadísticamente iguales con base en la prueba de Tukey-Kramer ($P < 0.05$). Elaboración propia.

Los valores de viabilidad empleando como crioprotector al glicerol con y sin NL se muestran en la figura 1 [C]. En este caso, se observa un decremento desde 90% hasta 60% de viabilidad a partir de los 30 min de exposición, lo que indica un drástico daño al tejido. Después de estos primeros 30 min la viabilidad se mantuvo en esos niveles hasta alcanzar un mínimo de 45% a los 300-420 min. Después de una hora en NL se obtuvieron valores promedio de 20-25% de viabilidad para todos los tiempos de incubación.

Las imágenes del corte longitudinal de las yemas expuestas a PVS2 y crioconservadas se muestran en la figura 2. Se observó un ligero oscurecimiento

en los tejidos después de 30 min de contacto con la solución crioprotectora PVS2 (figura 2 [A]). De igual forma, se detectó un incremento en el daño (enturbiamiento del tejido meristemático) de las yemas conforme aumenta el tiempo de incubación. Por otra parte, en las imágenes después de PVS2 y una hora en NL (figura 2 [C, E, G, I, K, M, O, Q y S]) aumentó el oscurecimiento o afectación en las yemas, se expresa con mayor intensidad en tiempos de mayor exposición (300 y 420 min) (figura 2 [Q y S]). Este comportamiento concuerda con los bajos niveles (<10%) de viabilidad observados en las yemas expuestas a PVS2 y una hora en NL (figura 1 [A]).

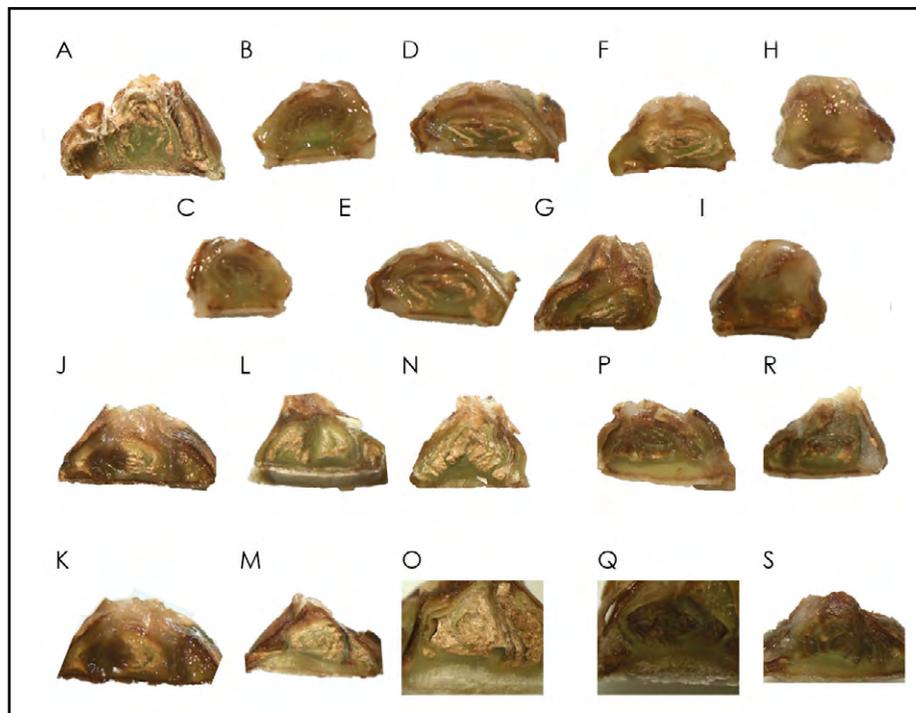


Figura 2. Yemas axilares de vid sometidas a vitrificación-crioconservación mediante PVS2. A) yema control sin ningún tratamiento, B) después de 30 min de incubación, C) 30 min en PVS2 + 1h en NL, D) 60 min de incubación, E) 60 min en PVS2 + 1h en NL, F) 90 min de incubación, G) 90 min en PVS2 + 1h en NL, H) 120 min de incubación, I) 120 min en PVS2 + 1h en NL, J) 180 min de incubación, K) 180 min en PVS2 + 1h en NL, L) 210 min de incubación, M) 210 min en PVS2 + 1h en NL, N) 240 min de incubación, O) 240 min en PVS2 + 1h en NL, P) 300 min de incubación, Q) 300 min en PVS2 + 1h en NL, R) 420 min de incubación y S) 420 min en PVS2 + 1 h en NL. Elaboración propia.

En las imágenes de las yemas sometidas a PVS3 y crioconservadas mostradas en la figura 3 se detectó un menor daño en los tejidos después de la incubación con PVS3 (figura 3 [B, D, F y H]) con respecto al tiempo inicial (figura 3 [A]), solamente al tiempo máximo de exposición de 420 min (figura 3 [R]) se encontró un ligero oscurecimiento en la parte

superior de la yema (figura 1 [B]). En las imágenes de las yemas en PVS3 y NL (Figura 3 [C, E, G, I, K, M, O, Q y S]) se observó que mantienen las características similares a las yemas sin NL y el control. Mayores daños se detectaron en los tejidos después de 210 min de incubación en PVS3 y NL (Figura 3 [M, O, Q y S]) y precisamente estos tejidos presentaron menor

viabilidad (10-15%) (figura 1 [B]). De acuerdo con esto, se considera un rango de tiempo óptimo de incubación entre los 90-120 min en PVS3, que fue donde se obtuvo mayor viabilidad (35%) después de NL. Además, las yemas no mostraron oscurecimiento (figura 3 [G e I]), lo cual indica que este tiempo de incubación con la solución PVS3 puede ser el adecuado para la crioconservación de yemas axilares de vid.

De igual forma, al observar las yemas en el estereoscopio empleando al glicerol como crioprotector se puede ver que es insuficiente para proteger a las yemas del congelamiento, debido a que se detectó un mayor oscurecimiento y una reducción en el espacio meristemático (pérdida de compartimentalización) en los tejidos con respecto al control. Esto fue en todos los tejidos, tanto en

glicerol como en glicerol y NL en los distintos tiempos de incubación (figura 4).

DISCUSIÓN

En la crioconservación de vid utilizando PVS2 como crioprotector se observó un decremento en la viabilidad en las yemas axilares después de los diversos tiempos de contacto con la solución PVS2 con y sin NL al aumentar el tiempo de exposición. Dicho comportamiento ha sido previamente reportado por Shatnawi (2011), donde evaluó dos soluciones de vitrificación PVS2 y MPVS2 (compuesto con glicerol al 20%, DMSO al 20%, etilenglicol al 20% y sacarosa al 20%) en meristemas de *Capparis spinosa* expuestos a distintos tiempos de incubación y observaron que conforme aumentaba el tiempo de incubación se obtenía un decremento muy marcado en la regeneración.

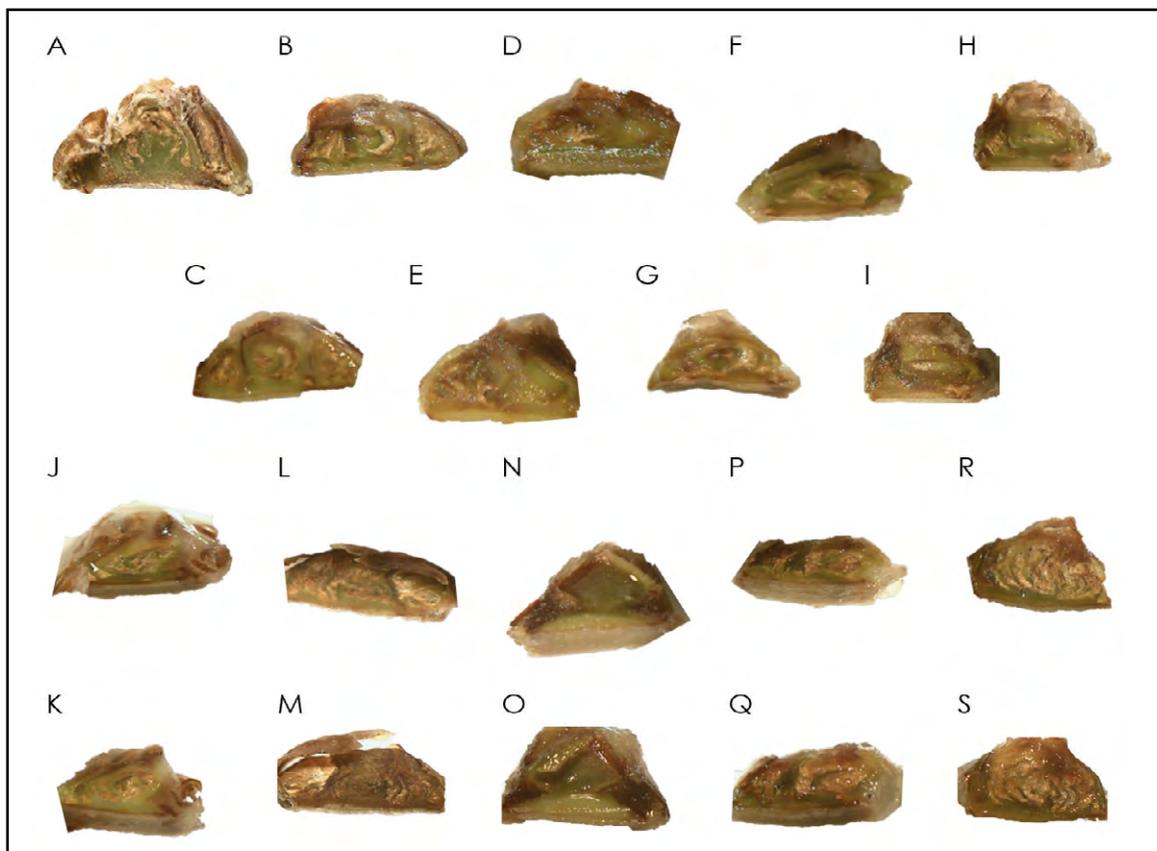


Figura 3. Yemas axilares de vid sometidas a vitrificación-crioconservación mediante PVS3. A) Yema control sin ningún tratamiento, B) después de 30 min de incubación, C) 30 min en PVS3 + 1h en NL, D) 60 min de incubación, E) 60 min en PVS3 + 1h en NL, F) 90 min de incubación, G) 90 min en PVS3 + 1h en NL, H) 120 min de incubación, I) 120 min en PVS3 + 1h en NL, J) 180 min de incubación, K) 180 min en PVS3 + 1h en NL, L) 210 min de incubación, M) 210 min en PVS3 + 1h en NL, N) 240 min de incubación, O) 240 min en PVS3 + 1h en NL, P) 300 min de incubación, Q) 300 min en PVS3 + 1h en NL, R) 420 min de incubación y S) 420 min en PVS3 + 1 h en NL. Elaboración propia.

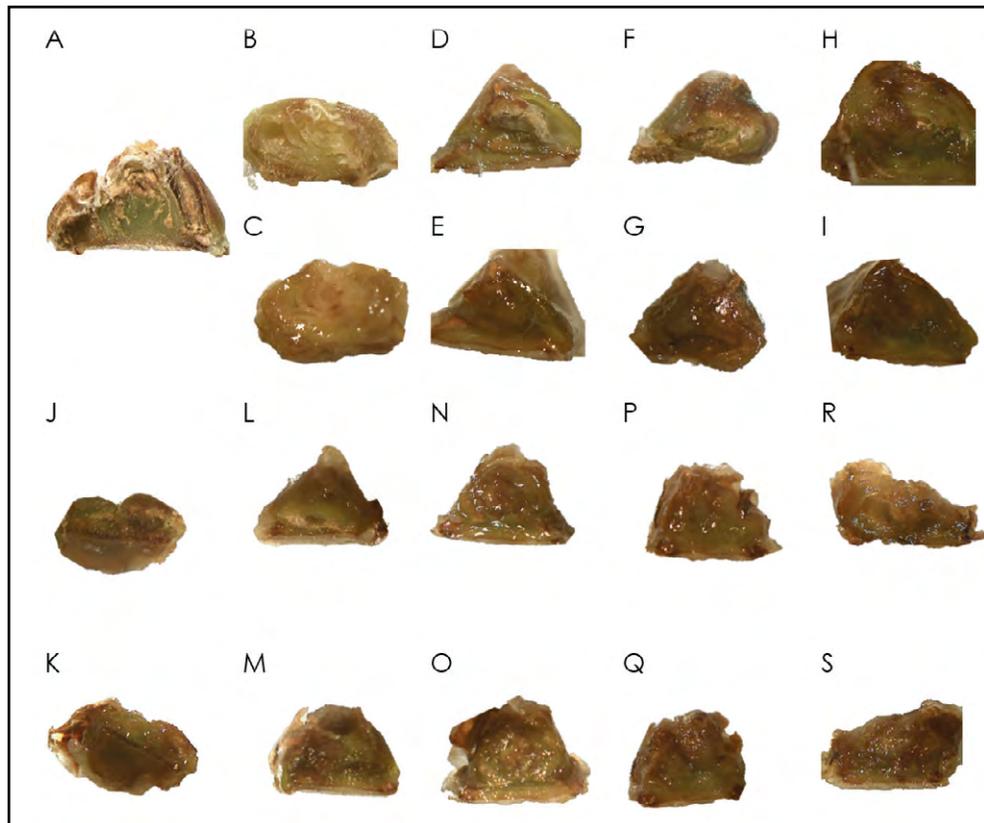


Figura 4. Yemas axilares de vid sometidas a vitrificación-crioconservación utilizando glicerol como crioprotector. A) Yema control sin ningún tratamiento, B) después de 30 min de incubación, C) 30 min en glicerol + 1h en NL, D) 60 min de incubación, E) 60 min en glicerol + 1h en NL, F) 90 min de incubación, G) 90 min en glicerol + 1h en NL, H) 120 min de incubación, I) 120 min en glicerol + 1h en NL, J) 180 min de incubación, K) 180 min en glicerol + 1h en NL, L) 210 min de incubación, M) 210 min en glicerol + 1h en NL, N) 240 min de incubación, O) 240 min en glicerol + 1h en NL, P) 300 min de incubación, Q) 300 min en glicerol + 1h en NL, R) 420 min de incubación y S) 420 min en glicerol + 1 h en NL. Elaboración propia.

Por otro lado, después de una hora de almacenamiento en NL se observó que los valores de viabilidad se mantuvieron constantes y bajos, indicando que ninguno de los tiempos de contacto con PVS2 fue adecuado para brindar protección a las yemas y, por tanto, mantener su viabilidad celular. Estos resultados son similares a lo reportado por Wang et al. (2014), donde observaron que la solución de PVS2 causó mayor daño en los ápices de papa, dando como resultado más tiempo de recuperación y baja regeneración de los tejidos después estar en NL; así como lo reportado en brotes adventicios de *Paraisometrum mileense*, donde el tratamiento con PVS2 afectó considerablemente la regeneración y se obtuvo un óptimo de sobrevivencia a los 90 min (Lin, Yuan, Wang, & Li, 2014).

Se observó también un incremento en el daño (oscurecimiento de tejido meristemático)

de las yemas conforme aumentaba el tiempo de incubación. Lo anterior puede deberse a que el etilenglicol y el DMSO, componentes de la solución PVS2, moléculas permeables, pueden inducir permeabilidad a la membrana e incrementar la difusión del glicerol. El incremento intracelular que se lleva a cabo pudiera provocar un efecto dañino a las células en lugar de una crioprotección (Volk, Harris, & Rotindo, 2006, p. 305). En este sentido, se reportó en brotes de *Mentha x piperita* L. cv Todd Mitchman Peppermint (PI 557973) expuestos a soluciones de crioprotectores (PVS2 y PVS3), que la solución PVS2 fue más dañina que PVS3 para la sobrevivencia de los tejidos y este efecto fue atribuido al glicerol presente en la solución en combinación con los otros crioprotectores, como el DMSO y etilenglicol (Volk et al., 2006). También el tiempo de exposición es clave para el mantenimiento de la integridad celular. Ganino et al. (2012) detectaron la presencia de

células plasmolizadas en tejidos de *Vitis Berlandieri* x *V. riparia* desde los primeros 30 min de exposición a PVS2. Un corte transversal de yema axilar de vid se muestra en la figura 5.



Figura 5. Corte transversal de una yema axilar de vid (*Vitis vinifera* L.). Elaboración propia.

Los valores de viabilidad observados en el presente trabajo en las yemas expuestas a PVS3 tienden a disminuir con respecto al tiempo de incubación, en donde es mayor la pérdida de viabilidad en tejidos expuestos a PVS2. Se ha sugerido que los grupos OH presentes en los azúcares/polialcoholes que se encuentran en mayor cantidad en la solución PVS3, comparada con la cantidad de estos compuestos en PVS2, reemplazan el agua e interactúan con los fosfolípidos y forman uniones con los estos elementos de la membrana. Esto ayuda a estabilizar las membranas celulares durante la deshidratación y congelamiento en NL y brinda una mayor integridad de membranas (Pereira & Hünenberger, 2006, p. 15572). En el presente trabajo se obtuvo mayor porcentaje de viabilidad en las yemas tratadas con PVS3 a un tiempo de exposición de 120 min después de NL, se mostró mayor protección con respecto a la solución PVS2; al igual que los resultados obtenidos en ápices de ajo, donde compararon dichas soluciones crioprotectoras y obtuvieron mayor regeneración con la solución PVS3 (Makowska, Keller, & Engelmann, 1999).

En este sentido, Volk et al. (2006) reportaron que el glicerol y la sacarosa, componentes de la solución PVS3, pueden ejercer mejor efecto protector, pero requieren de mayor tiempo de exposición para que

el glicerol y la sacarosa puedan penetrar dentro de la célula y lograr así su acumulación, a diferencia de PVS2, que contiene DMSO y etilenglicol, los cuales por ser más permeables requieren menor tiempo de exposición. Por otra parte, la capacidad del glicerol para penetrar la membrana celular y de la sacarosa agente no penetrante actúan incrementando la osmolaridad dentro y fuera de la célula, así como reduciendo el contenido de agua. Por tanto, los crioprotectores contenidos en PVS3 pueden generar un ambiente propicio para conservar los tejidos (Benson, 2008, p. 15) y proteger mejor a las yemas de vid que PVS2 y glicerol.

Los valores obtenidos de viabilidad empleando como crioprotector al glicerol con y sin NL muestran mayor daño al tejido. Este comportamiento no se presentó con las soluciones crioprotectoras PVS2 y PVS3. Sin embargo, al observar las yemas en el estereoscopio se puede ver que el glicerol como crioprotector fue insuficiente para proteger a las yemas del congelamiento, debido a que se detectó mayor oscurecimiento y reducción en el espacio meristemático (pérdida de compartimentalización) en los tejidos respecto al control. En este sentido, Mazur (1960) reportó que el oscurecimiento del tejido es una de las primeras señales de daño detectable y ocurre como resultado de las bajas temperaturas, debido que el congelamiento provoca excesiva deshidratación y/o la formación de cristales de hielo; además de la pérdida de compartimentalización celular debido al eflujo de compuestos fenólicos y otros iones y como consecuencia la formación de complejos insolubles, los cuales tienden a oxidarse, dando como resultado el oscurecimiento en los tejidos (Chalker-Scott, Fuchigami, & Harber, 1989). Los datos aquí mostrados concuerdan con el hecho de que es imprescindible la optimización de la concentración, del tipo y tiempo de exposición de los crioprotectores para mantener la integridad y viabilidad celular en los tejidos crioconservados, lo cual también es dependiente del tejido y cultivar (Bhattacharya & Prajapati, 2016).

CONCLUSIONES

Los resultados aquí mostrados sugieren que el protocolo basado en la vitrificación mediante PVS3 puede ser considerado para la preservación del germoplasma de vid mediante crioconservación.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindar el soporte económico para llevar a cabo este proyecto bajo el proyecto No.

000000000168895. Los autores agradecen de igual forma al Ing. Ramiro Domínguez-Martínez por su apoyo técnico en campo para la colecta de las variedades de vid.

REFERENCIAS

- Al-Zoubi, O. M., & Normah, M. N. (2015). Ultrastructural response of embryonic axes of *Fortunella polyandra* to dehydration and cryopreservation. *Cryo-Letters*, 36(6), 379-391. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/cryo/cryo/2015/00000036/00000006/art00004>
- Bayati, S., Shams-Bakhsh, M., & Moini, A. (2011). Elimination of Grapevine virus A (GVA) by cryotherapy and electrotherapy. En *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(3), 443-450. Recuperado de http://journals.modares.ac.ir/article_4713_c51d0b2176daee020a071e9d33f2aa51.pdf
- Ben-Amar, A., Daldoul, S., Allel, D., Reustle, G., & Mliki, A. (2013). Reliable encapsulation-based cryopreservation protocol for safe storage and recovery of grapevine embryogenic cell cultures. En *Scientia Horticulturae*, 157, 32-38. doi:10.1016/j.scienta.2013.04.005
- Benson, E. E. (2008). Cryopreservation Theory. En B. M. Reed (Ed.), *Plant Cryopreservation: A Practical Guide* (pp. 15-30). New York, NY: Springer.
- Bhattacharya, S., & Prajapati, B. G. (2016). A review on cryoprotectant and its modern implication in cryonics. *Asian Journal of Pharmaceutics*, 10(3), 154-159. doi: 10.22377/ajp.v10i3.721
- Chalker-Scott, L., Fuchigami, L. H., & Harber, R. M. (1989). Spectrophotometric measurement of leached phenolic compounds as an indicator of freeze damage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114, 315-319. Recuperado de <https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/25663/CHALKERSCOTTLINDA1989.pdf?sequence=1#page=74>
- Engelmann, F. (2012). Germplasm collection, storage and preservation. En A. Altman & P. M. Hazegawa (Eds.), *Plant biotechnology and agriculture-Prospects for the 21st Century* (pp. 255-268). Oxford, UK: Academic Press.
- Ganino, T., Silvanini, A., Beghé, D., Benelli, C., Lambardi, M., & Fabbri, A. (2012). Anatomy and osmotic potential of the *Vitis* rootstock shoot tips recalcitrant to cryopreservation. *Biologia Plantarum*, 56(1), 78-82. doi: <https://doi.org/10.1007/s10535-012-0019-0>
- González-Arno, M. T., Panta, A., Roca, W. M., Escobar, R. H., & Engelmann, F. (2008). Development and large scale application of cryopreservation techniques for shoot and somatic embryo cultures of tropical crops. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 92(1), 1-13. doi: 10.1007/s11240-007-9303-7
- González-Benito, M., Martín, C., & Vidal, J. (2009). Cryopreservation of embryogenic cell suspensions of the Spanish grapevine cultivars 'Albariño' and 'Tempranillo'. *Vitis*, 48(3), 131-136. Recuperado de <http://www.vitis-vea.de/admin/volltext/w1%2009%201298.pdf>
- Kaczmarczyk, A., Menon, A., Al-Hanbali, A., Funnekotter, B., Bunn, E., Phang, P. Y., & Mancera, R. L. (2012). Current issues in plant cryopreservation. En I. Katkov (Ed.), *Current frontiers in cryobiology* (592 pp.). Rijeka, Croatia: InTech Open Access Publisher. doi: 10.5772/32860
- Kaviani, B. (2011). Conservation of plant genetic resources by cryopreservation. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), 778-800. Recuperado de http://www.cropj.com/kaviani_5_6_2011_778_800.pdf
- Lazo-Javalera, M. F., Troncoso-Rojas, R., Tiznado-Hernández, M. E., Martínez-Téllez, M. A., Vargas-Arispuro, I., Islas-Osuna, M. A., & Rivera-Domínguez, M. (2016). Surface disinfection procedure and *in vitro* regeneration of grapevine (*Vitis vinifera* L.) axillary buds. *SpringerPlus*, 5, 453. doi: 10.1186/s40064-016-2081-0
- Lin, L., Yuan, B., Wang, D., & Li, W. (2014). Cryopreservation of adventitious shoot tips of *Paraisometrum Mileense* by droplet vitrification. En *CryoLetters*, 35(1), 22-28. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/cryo/cryo/2014/00000035/00000001/art00004>
- Liu, G. T., Wang, J. F., Cramer, G., Dai, Z. W., Duan, W., Xu, H. G.,..., Li, S. H. (2012). Transcriptomic analysis of grape (*Vitis vinifera* L.) leaves during and after recovery from heat stress. *BMC Plant Biology*, 12, 174. doi:10.1186/1471-2229-12-174
- Makowska, Z., Keller, J., & Engelmann, F. (1999). Cryopreservation of apices isolated from garlic (*Allium sativum* L.) bulbils and cloves. En *CryoLetters*, 20(3), 175-182. Recuperado de <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010018253>
- Marković, Z., Chatelet, P., Sylvestre, I., Kontić, J., & Engelmann, F. (2013). Cryopreservation of grapevine (*Vitis vinifera* L.) *in vitro* shoot tips. *Open Life Sciences*, 8(10), 993-1000. doi: 10.2478/s11535-013-0223-8
- Martínez-Montero, M. E., Martínez, J., & Engelmann, F. (2008). Cryopreservation of sugarcane somatic embryos. *CryoLetters*, 29(3), 229-242. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/cryo/cryo/2008/00000029/00000003/art00006>

- Matsumoto, T., & Sakai, A. (2003). Cryopreservation of axillary shoot tips of *in vitro*-grown grape (*Vitis*) by a two-step vitrification protocol. *Euphytica*, 131(3), 299-304. doi: 10.1023/A:1024024909864
- Mazur, P. (1960). Physical factors implicated in the death of microorganisms at subzero temperatures. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 85, 610-629. doi: 10.1111/j.1749-6632.1960.tb49986.x
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
- Nishizawa, S., Sakai, A., Amano, Y., & Matsuzawa, T. (1993). Cryopreservation of asparagus (*Asparagus-Officinalis* L.) embryogenic suspension cells and subsequent plant regeneration by vitrification. *Plant Science*, 91(1), 67-73. doi: 10.1016/0168-9452(93)90189-7
- Pathirana, R., Mclachlan, A., Hedderley, D., Panis, B., & Carimi, F. (2016). Pre-treatment with salicylic acid improves plant regeneration after cryopreservation of grapevine (*Vitis* spp.) by droplet vitrification. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38, 12. doi: 10.1007/s11738-015-2026-1
- Pereira, C. S., & Hünenberger, P. H. (2006). Interaction of the sugars trehalose, maltose and glucose with a phospholipid bilayer: a comparative molecular dynamics study. *The Journal of Physical Chemistry B*, 110(31), 15572-15581. doi: 10.1021/jp060789l
- Pukacki, P. M., & Juszczak, K. (2015). Desiccation sensitivity and cryopreservation of the embryogenic axes of the seeds of two *Acer* species. *Trees*, 29(2), 385-396. doi: 10.1007/s00468-014-1118-7
- Sakai, A., & Engelmann, F. (2007). Vitrification, encapsulation-vitrification and droplet-vitrification: A review. *CryoLetters*, 28(3), 151-172. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/cryo/cryo/2007/00000028/00000003/art00002>
- Sakai, A., Kobayashi, S., & Oiyama, I. (1990). Cryopreservation of nucellar cells of navel orange (*Citrus sinensis* Osb. var. *brasiliensis* Tanaka) by vitrification. *Plant Cell Reports*, 9(1), 30-33. doi: 10.1007/BF00232130
- Shatnawi, M. A. (2011). Cryopreservation of *Capparis spinosa* shoot tips via vitrification, encapsulation dehydration and encapsulation vitrification. *World Applied Sciences Journal*, 15(3), 318-325. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/3391/bbb8d5458f05f7a1a7fe3bc57002925c94b0.pdf>
- Teixeira, A. S., González-Benito, M. E., & Molina-García, A. D. (2013). Glassy state and cryopreservation of mint shoot tips. *Biotechnology Progress*, 29(3), 707-717. doi:10.1002/btpr.1711
- Vasanth, K., & Vivier, M. A. (2011). Improved cryopreservation procedure for long term storage of synchronised culture of grapevine. *Biologia Plantarum*, 55(2), 365-369. doi: 10.1007/s10535-011-0056-0
- Volk, G. M., Harris, J. L., & Rotindo, K. E. (2006). Survival of mint shoot tips after exposure to cryoprotectant solution components. *Cryobiology*, 52(2), 305-308. doi: 10.1016/j.cryobiol.2005.11.003
- Wang, B., Li, J. W., Zhang, Z. B., Wang, R. R., Ma, Y. L., Blystad, D. R.,..., Wang, Q. C. (2014). Three vitrification-based cryopreservation procedures cause different cryo-injuries to potato shoot tips while all maintain genetic integrity in regenerants. *Journal of Biotechnology*, 184, 47-55. doi: 10.1016/j.jbiotec.2014.04.021
- Zhai, Z., Wu, Y., Engelmann, F., Chen R., & Zhao, Y. (2003). Genetic stability assessments of plantlets regenerated from cryopreserved *in vitro* cultured grape and kiwi shoot-tips using rapid. *CryoLetters*, 24(5), 315-322. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/cryo/cryo/2003/00000024/00000005/art00006>

Selección de bacterias ácido lácticas del queso artesanal de leche de cabra de Coahuila para su uso como cultivos iniciadores

Selection of lactic acid bacterias from Coahuila artisanal goat cheese for their use as starter cultures

Blanca Liliana Narváez Guillén*, Mario A. Cruz Hernández*, Francisco Hernández Centeno*, Mildred Inna Marcela Flores Verastegui*, Dolores Gabriela Martínez Vázquez*, Sarahí del C. Rangel Ortega*✉

Narváez Guillén, B. L., Cruz Hernández, M. A., Hernández Centeno, F., Flores Verastegui, M. I. M., Martínez Vázquez, D. G., & Rangel Ortega, S. C. (2017). Selección de bacterias ácido lácticas del queso artesanal de leche de cabra de Coahuila para su uso como cultivos iniciadores. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 45-52.

RESUMEN

El estado de Coahuila, México, se caracteriza por la producción de queso artesanal elaborado a partir de leche de cabra. Este estudio se enfocó en el aislamiento, identificación y caracterización de bacterias ácido lácticas (BAL) presentes en este tipo de queso para usarlas como cultivo iniciador. Durante la investigación, se llevó a cabo el aislamiento e identificación de las BAL, caracterizándolas bajo pruebas bioquímicas tales como actividad acidificante, capacidad de inhibición, producción de CO₂ y producción de aromas, y se seleccionaron aquellas que presentaron mejores características en las pruebas mencionadas anteriormente. Las BAL seleccionadas fueron preparadas para ser inoculadas en leche pasteurizada de cabra y, posteriormente, en la elaboración del queso. Los quesos se evaluaron mediante una prueba sensorial empleando la prueba diferencia de control, los resultados mostraron que los quesos enriquecidos con BAL presentaron características sensoriales globales diferentes al queso de cabra sin adición

Palabras clave: leche cruda; cuajo; pasteurización; patógenos; ácido láctico; evaluación sensorial.

Keywords: raw milk; rennet; pasteurization; pathogens; lactic acid; sensory evaluation.

Recibido: 23 de febrero de 2017, aceptado: 11 de septiembre de 2017

* Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, División de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, Col. Buenavista, C. P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: narvaez_lili@hotmail.com; myke1380@hotmail.com; francisco.hdez@gmail.com; mildred.flores@uaaan.mx; gabymtz70@gmail.com; scro7@hotmail.com

✉ Autor para correspondencia

de BAL. Por tanto, las BAL seleccionadas podrían ser empleadas como cultivos iniciadores.

ABSTRACT

The state of Coahuila, Mexico, is characterized by the production of artisanal cheese made from goat's milk. This study focuses on isolation, characterization and selection of lactic acid bacterias (LAB) from artisanal goat cheese for their use as starter cultures. During this reseach, the isolation and identification of BAL were carried out characterizing them under biochemical tests, such as acidifying activity, inhibition capacity, CO₂ and aroma production, selecting those that presented better characteristics of the tests described above. Selected BAL were prepared to be inoculated in pasteurized goat milk and later in the cheese making. The cheeses were evauated by control difference. A sensory test result showed similar characteristics in goat cheese. Therefore, the selected BAL are useful as starter cultures.

INTRODUCCIÓN

Se consideran quesos artesanales los elaborados con leche bronca, sin la adición de cepas iniciadoras. Sin embargo, se consideran alimentos que pueden llegar a alterar la salud del consumidor, debido a la flora microbiana patógena existente en la leche cruda, que puede persistir al no recibir ningún tratamiento térmico para disminuir su carga (Alvarado Rivas, Chacón Rueda, Rojas, Guerrero Cárdenas, & López Corcuera, 2007). Las BAL son microorganismos responsables de proporcionar las características típicas como sabor y textura en quesos artesanales, que se ven afectadas al recibir

un tratamiento térmico como la pasteurización, debido a la destrucción de la microflora natural de la leche cruda; sin embargo, este proceso se considera esencial para satisfacer las normas de inocuidad de los alimentos (Ramos-Izquierdo, Bautista-Muñoz, Aranda-Ibáñez, & Izquierdo-Reyes, 2009; Serpa Fajardo, Pérez de la Ossa, & Hernández R., 2016). En la actualidad las BAL son utilizadas sobre todo en las fermentaciones, debido a las propiedades que brindan al ser aplicadas en diversos alimentos (Martín del Campo M., Gómez H., & Alaníz de la O., 2008). Hoy día los cultivos iniciadores son preparaciones de microorganismos vivos, con el fin de hacer uso de su metabolismo microbiano, principalmente utilizados en la industria alimentaria. Estos tipos de cultivos se encuentran formados principalmente por BAL; entre los géneros más comunes destacan *Lactococcus*, *Lactobacillus* y *Leuconostoc*, ya que su principal función es la producción de ácido láctico (Alvarado Rivas et al., 2007).

En el queso de cabra venezolano artesanal se ha identificado a *Leuconostoc mesenteroides* como uno de los principales contribuyentes de las características de este producto, fresco y de color blanco, que se define por ser elaborado con leche cruda de cabra y la adición de suero fermentado, a modo de cultivo iniciador; por lo anterior, es un producto desigual en cuanto a propiedades físicas y químicas (Mago, Sanabria, Cova, Alvarado, & Durán, 2015). De igual manera, el queso artesanal de cabra producido en las comunidades del sureste de Coahuila se elabora a partir de leche cruda de cabra y como agente coagulante el abomaso fermentado en suero de leche. Las anteriores condiciones le otorgan a este queso un sabor característico, muy apreciado gracias a las BAL nativas; no obstante, a pesar de su sabor, es un producto que está perdiendo presencia en el mercado local debido a las alteraciones a la salud que ocasiona en los consumidores. Por lo anterior, si se emplean BAL nativas del queso artesanal de cabra como cultivos iniciadores y se agregan a la leche pasteurizada, se podría obtener un producto inocuo que rescate el sabor característico del queso artesanal, sin poner en riesgo la salud del consumidor.

El objetivo de este trabajo fue aislar BAL nativas de muestras de leche, cuajo y queso artesanal de cabra del sureste de Coahuila, seleccionando las cepas microbianas que mejor respondieron a diferentes pruebas bioquímicas para la elaboración de un cultivo iniciador, el cual permitió la producción

de diferentes quesos a partir de leche pasteurizada de cabra, con la idea de obtener quesos de cabra con características sensoriales globales distintas al queso de leche pasteurizada de cabra sin adición de cultivos iniciadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento de las BAL

Las BAL se aislaron a partir de muestras de leche, cuajo y queso de diferentes queserías ubicadas en los municipios Arteaga y Saltillo, Coahuila. Para aislar las bacterias se realizaron diluciones seriadas (10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}), sembradas por duplicado mediante el método de superficie en placa en medio agar Man, Rogosa y Sharpe (MRS), incubadas de 24 a 48 h y $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ en condiciones de anaerobiosis. Al observar crecimiento fueron seleccionadas diferentes colonias de cada dilución de las diferentes muestras. Las colonias seleccionadas fueron sembradas en agar MRS por estría cruzada e incubadas en condiciones de anaerobiosis a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h para su posterior identificación (Tuncer, 2009).

Identificación de las BAL

A cada una de las colonias aisladas se le realizó la prueba de tinción Gram propuesta por Cristian Gram en 1884, con el fin de seleccionar las bacterias Gram positivas (López-Jácome et al., 2014); así como también la prueba de la catalasa, con el fin de obtener bacterias catalasa negativa, característica propia de las BAL (Ruíz Ruíz, 2010). Posterior a esto, las cepas fueron conservadas en caldo MRS a congelación ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), empleando la metodología de Sánchez, Corrales, Corrales y Oñate-Sánchez (2005), para su uso en las pruebas posteriores.

Caracterización de las BAL

Después de la conservación, las cepas de BAL fueron reactivadas en tubos con 2 ml de caldo MRS estéril agregando 1% v/v del inóculo en conservación (0.02 ml) e incubadas a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 h en anaerobiosis. Posteriormente, cada una de las cepas identificadas como BAL fueron sometidas a las siguientes pruebas:

Actividad acidificante. Como medio de crecimiento se empleó leche *light* (leche en polvo comercial baja en grasa preparada de acuerdo con las instrucciones del fabricante) en frascos de 50 ml, esterilizada a $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 25 min. Se inoculó 1% v/v (0.50 ml) del microorganismo reactivado, incubado bajo las mismas condiciones descritas anteriormente. La acidez fue determinada a las 0, 6, 12 y 24 h de

incubación, por triplicado para cada cepa. El ácido láctico se determinó por medio de titulación con NaOH al 1N y fenolftaleína como indicador, y se obtuvieron resultados en porcentaje de acidez (Guerrero, Muset, & Pacheco, 1997).

Capacidad de inhibición de bacterias patógenas. Las bacterias patógenas empleadas fueron *Salmonella* spp., *S. aureus* y *E. coli*, esta metodología se adaptó de acuerdo con lo descrito por Vinderola et al. (2008), utilizando la técnica de difusión en hoyo con tres repeticiones por cepa, se obtuvieron lecturas de diámetros de halos de inhibición en cm.

Producción de CO₂. Tubos Pyrex con 5 ml de caldo MRS estéril y campanas Durham fueron inoculados con 1% v/v de las cepas de BAL reactivadas, se incubaron en las mismas condiciones anteriormente citadas, este procedimiento se realizó por triplicado para cada cepa (Ramos-Izquierdo et al., 2009).

Producción de aromas en leche. Se inoculó 1% v/v de cada cepa reactivada en tubos con 5 ml de leche light estéril (preparada conforme las instrucciones del fabricante), los tubos se llevaron a incubación a 35 °C por 24 h. Con el fin de seleccionar las cepas capaces de producir aromas típicos lácteos, las leches fermentadas por las cepas contenidas en tubos fueron evaluadas sensorialmente por tres jueces expertos. Cada uno de los jueces evaluó el aroma producido, seleccionaron las que presentaron aromas típicos a lácteos como yogurt, mantequilla, queso, crema, etc. (Heredia, 2011).

Preparación de BAL para manufactura de queso pasteurizado de leche de cabra

Se seleccionaron cepas que presentaron producción de ácido láctico y capacidad alta de inhibición de bacterias patógenas y que fueran productoras de olores lácteos característicos. Se realizaron las siguientes curvas para medir las fases de crecimiento:

Curva de calibración. Se emplearon matraces con 70 ml de caldo MRS inoculados con 1% de cultivo fresco de las cepas. Se incubaron a 35 °C y se tomaron muestras a las 2, 4, 8 y 12 h, las cuales se leyeron en espectrofotómetro de rango visible a 600 nm, utilizando como blanco caldo RMS estéril. Se elaboraron diluciones seriadas en cada tiempo de incubación para disminuir la población celular, las diluciones fueron plaqueadas con el fin de contabilizar la UFC. Se tomó en cuenta la absorbancia (Y), así como las UFC/ml (X) de cada lectura (Díaz, 2011).

Curva de crecimiento. Se utilizaron matraces con 50 ml de caldo MRS inoculado con 1% v/v de las cepas. Se incubaron a 35 °C y se tomaron muestras a las 2, 4, 8 y 12 h, las cuales se leyeron en espectrofotómetro de rango visible a 600 nm, utilizando como blanco caldo RMS estéril. Y posteriormente las UFC/ml correspondientes a cada densidad óptica. Los resultados fueron graficados para visualizar el crecimiento que presentó cada una de las cepas seleccionadas (Díaz, 2011). Las concentraciones de UFC/ml presentadas por cada cepa al inicio de la fase estacionaria fueron empleadas para llevar a cabo la inoculación de la leche de cabra y posteriormente la elaboración de queso.

Elaboración de queso de leche pasteurizada de cabra utilizando las BAL seleccionadas

Utilizando las cepas seleccionadas QJ2 y QR2 se elaboraron cuatro quesos: uno con la cepa QJ2, otro con QR2, uno combinado con ambas cepas (COM) y uno control (testigo), sin bacterias agregadas. La leche de cabra se pasteurizó a 72 °C por 1 min, seguido de un enfriamiento rápido a 40 °C, posteriormente, la leche se inoculó con 1% v/v de las cepas seleccionadas, QR2 (9.0 log UFC/ml) y QJ2 (9.0 log UFC/ml). En la elaboración del COM la leche se inoculó con 0.5% v/v de cada cepa. Para lograr la coagulación de la leche se utilizó 1ml de cuajo artificial (Normex) por cada 10 l de leche, se permitió actuar por 10 min para proceder al corte y desuerado. Se agregaron 30 gr de NaCl por cada 10 l de leche, la masa fue moldeada en aros metálicos, se maduró en refrigeración a 4 °C durante toda la noche (Ramos-Izquierdo et al., 2009).

Evaluación sensorial del queso de cabra

Los productos fueron evaluados mediante la prueba de diferencia de control, con el objetivo de identificar diferencias sensoriales globales entre los diferentes quesos comparadas contra un control (testigo). De tal manera que se midió el queso QJ2 contra el control, el QR2 contra el control, el COM contra el control; además esta prueba contempla un par placebo; es decir, se midió la diferencia del control contra sí mismo. Las diferencias fueron evaluadas por un total de 20 jueces semientrenados en una escala del 0 (No hay diferencia) al 9 (Diferencia muy grande), de acuerdo con la metodología de Hernández Montes (2007).

Análisis estadísticos

Los resultados obtenidos de la actividad acidificante e inhibición de bacterias patógenas fueron analiza-

dos con un diseño completamente al azar mediante comparación de Tukey, mientras que los resultados de la prueba sensorial del queso de cabra se analizaron mediante análisis de varianza con diseño de bloques completamente al azar ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS

Aislamiento e identificación de las BAL

Se identificaron 21 cepas positivas a la tinción de Gram y negativas a la prueba de la catalasa, con un periodo de crecimiento menor a 24 h.

Caracterización de las BAL

Actividad acidificante. Durante la acidificación de las bacterias, los rangos de ácido láctico alcanzados por las 21 cepas fueron de 0.26-0.45% a las 12 h, 0.35-0.6% a las 24 h y 0.47-0.94% a las 48 h (figuras 1, 2 y 3). Fueron QC4, QR1, QR2, CC3 QR3 y CJ4 las cepas que presentaron mayor porcentaje de ácido láctico al finalizar el periodo de incubación para esta prueba con 0.94, 0.92, 0.89, 0.89, 0.85 y 0.85%, respectivamente ($P > 0.05$), como puede apreciarse en la figura 3.

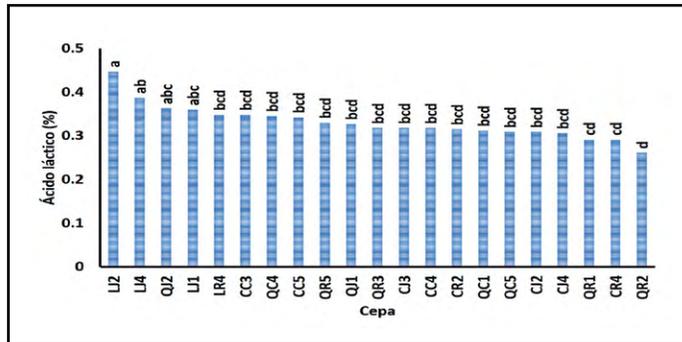


Figura 1. Actividad acidificante de las BAL a las 12 h de incubación. Elaboración propia.

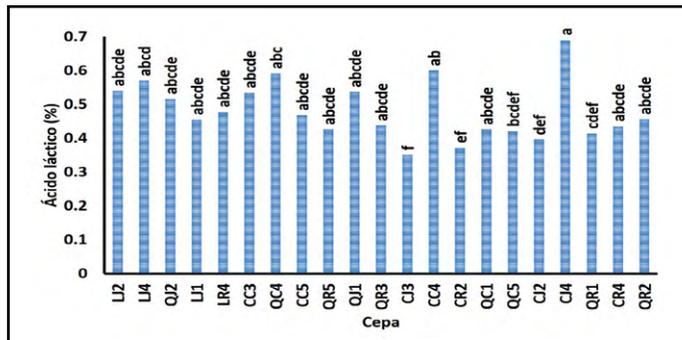


Figura 2. Actividad acidificante de las BAL a las 24 h de incubación. Elaboración propia.

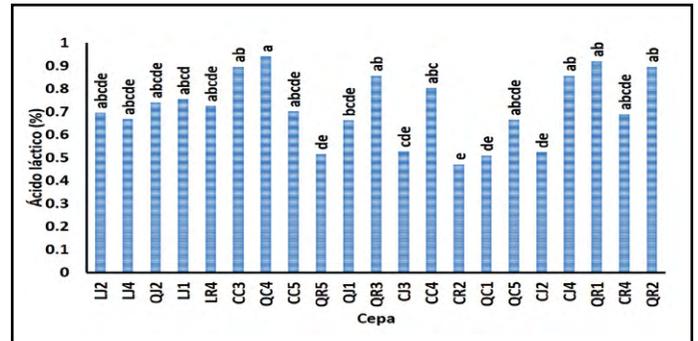


Figura 3. Actividad acidificante de las BAL a las 48 h de incubación. Elaboración propia.

Capacidad de inhibición de bacterias patógenas. La inhibición de las cepas de BAL frente a *Salmonella* se presentó en un rango de 1.13-1.76 cm de diámetro, CJ2 y QR2 presentaron la mayor inhibición ante este patógeno con 1.76 y 1.73 cm de diámetro, respectivamente (figura 4). Los rangos de inhibición frente a *E. coli* se presentaron en 0.93-1.60 cm de diámetro, QJ2 y QR1 con diámetros de 1.60 y 1.60 cm, respectivamente, presentaron la mayor inhibición (figura 5), mientras que frente a *Staphylococcus aureus*, las 21 cepas de BAL se comportaron estadísticamente similar ($P > 0.05$), inhibiendo en un rango de 1.46-1.83 cm de diámetro (figura 6).

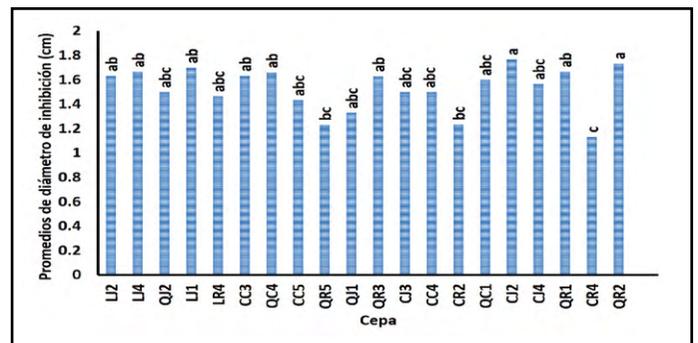


Figura 4. Capacidad inhibitoria de las BAL frente a *Salmonella*. Elaboración propia.

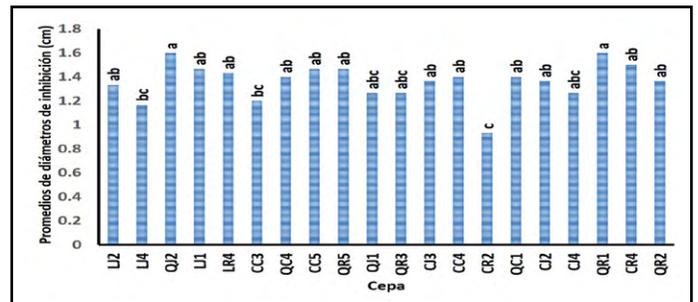


Figura 5. Capacidad inhibitoria de las BAL seleccionadas frente a *Staphylococcus aureus*. Elaboración propia.

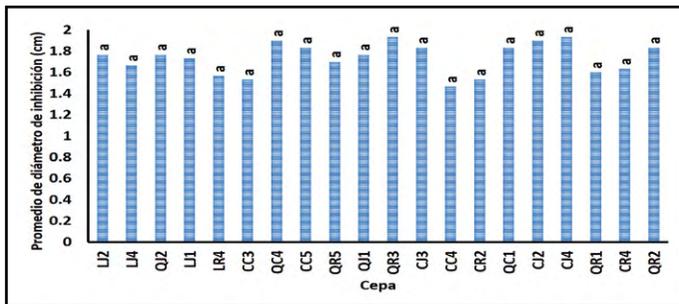


Figura 6. Capacidad inhibitoria de las BAL frente a *Escherichia coli*. Elaboración propia.

Producción de CO₂. Ninguna de las 21 cepas de BAL registró producción de gas.

Producción de aromas en leche. De las 21 cepas evaluadas, 17 produjeron aromas agradables, de estas, sólo seis (LJ2, QR2, CC4, LJ4, QJ2 y CR4) presentaron aromas con notas lácticas.

Preparación de BAL para elaboración de queso de leche pasteurizada de cabra

Fueron seleccionadas las cepas QR2 y QJ2 para la elaboración de los productos, tomando en cuenta su desempeño en cada una de las pruebas anteriores.

Curva de calibración. Se obtuvo una concentración en un periodo final a las 12 h de 9.4 UFC/ml con una R² de 0.96 para QR2, mientras que QJ2 presentó una concentración final de 9.5 UFC/ml a las 12 h de incubación y una R² de 0.94.

Curva de crecimiento. En la curva de crecimiento, para QR2 (figura 7) en un tiempo de 9 h y una concentración de 9.04 log UFC/ml, se puede distinguir el final de la fase de crecimiento e inicio de

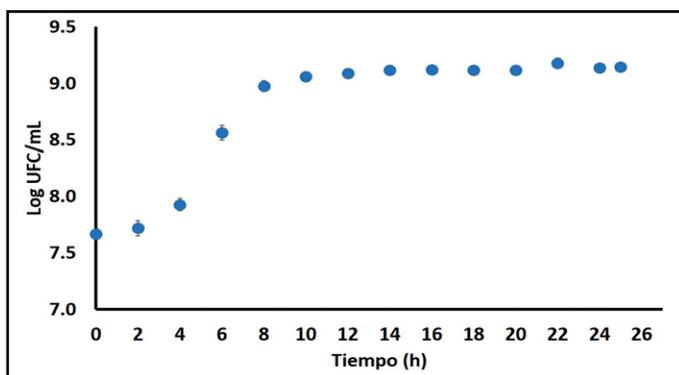


Figura 7. Curva de crecimiento de QR2. Elaboración propia.

la fase estacionaria; mientras que para QJ2 (figura 8) en un tiempo de 10 h, con una concentración de 9 log UFC/ml, se aprecia el mismo comportamiento.

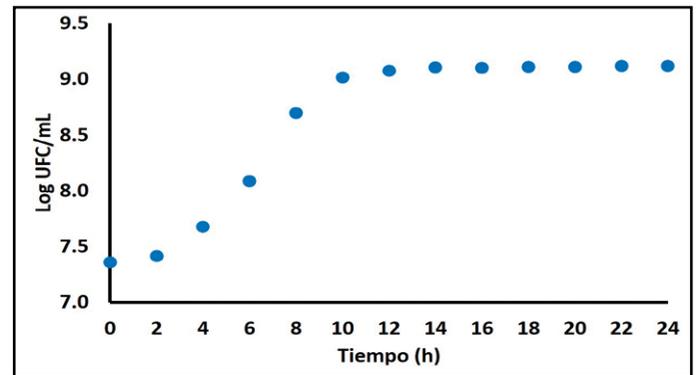


Figura 8. Curva de crecimiento de QJ2. Elaboración propia.

Elaboración de queso de leche pasteurizada de cabra utilizando las BAL seleccionadas

Para cada versión de queso, a partir de las cepas seleccionadas, se elaboraron tres unidades de 300 g cada una; al primer tipo de queso se inoculó la cepa QJ2 (figura 9), al segundo la cepa QR2, al tercero las dos cepas anteriores en combinación, nombrado como COM y el cuarto fue el testigo elaborado únicamente con leche de cabra pasteurizada, sin la adición de cepas.

Evaluación sensorial del queso de cabra

Los quesos QJ2 y COM obtuvieron promedios de 5.15 y 5.10, respectivamente, en la escala de diferencia con respecto al control ($P < 0.05$), lo anterior indica



Figura 9. Queso elaborado con leche pasteurizada de cabra adicionada con BAL (QJ2). Fotografía de Liliana Narváez Guillén.

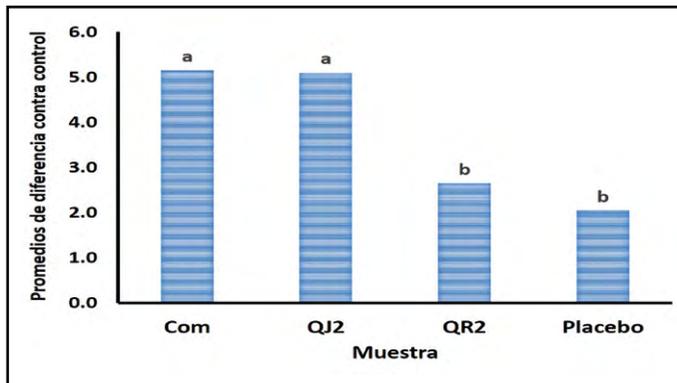


Figura 10. Medias de la diferencia de las muestras con respecto al control.

Elaboración propia.

que mientras mayor es la diferencia de una muestra con respecto al control (queso sin BAL añadidas), las características sensoriales globales tales como sabor, olor, textura y consistencia, también son diferentes. Por otra parte, los QR2 y placebo, con promedios en la escala de diferencia con respecto al control de 2.65 y 2, respectivamente ($P < 0.05$), fueron evaluados por los jueces como las muestras con las características sensoriales globales afines al control; es decir, que en el caso del QR2 no hubo impacto en el desarrollo de características sensoriales globales en el queso, mientras que en la muestra placebo (control contra control), dado que es la misma muestra, se esperaba una calificación baja en la escala; es decir, no deberían encontrarse diferencias (figura 10).

DISCUSIÓN

La capacidad de acidificación de las BAL es criterio importante para la elaboración de quesos, un medio ácido reduce la posibilidad de crecimiento microbiano no deseable, además las cepas que llegan a producir un medio ácido en corto periodo de tiempo se consideran viables para procesos en fermentación de productos lácteos, así como para ser empleados como cultivos iniciadores primarios (Tuncer, 2009). En este estudio se encontraron cepas que durante las primeras 12 h de acidificación mostraron incrementar el contenido de ácido láctico en el medio a tasas de 0.45 y 0.39%, tal es el caso de LJ2 y LJ4, respectivamente; sin embargo, a las 48 h de acidificación la mayor producción del metabolito lo produjeron QC4, QR1, QR2, CC3 QR3 y CJ4, con valores de 0.94, 0.92, 0.89, 0.89, 0.85 y 0.85%, respectivamente ($P < 0.05$); estos valores difieren de lo reportado por Nieto-Arribas, Poveda, Palop y Cabezas (2008), quienes en su

estudio para seleccionar cultivos nativos para la manufactura de queso manchego, reportan a los géneros *Lactobacillus* y *Lactococcus* como los mejores productores de ácido láctico, con un rango de 0.18-0.79% para *Lactobacillus* y de 0.16-0.27% para *Lactococcus*. Las BAL aisladas del queso de cabra presentan una mayor actividad acidificante, característica que influye en la capacidad de inhibición contra patógenos.

El ácido láctico es considerado un metabolito antimicrobiano debido a la capacidad de inhibir a bacterias patógenas (Ramírez Cuenca, 2005). Los resultados de este trabajo permitieron identificar que las cepas que mayor producción de ácido láctico presentaron, también lograron inhibir en mayor cantidad a las bacterias patógenas en estudio. Estas cepas fueron QR2 y QJ2 con 0.9 y 0.74% de producción de ácido láctico a las 48 h, respectivamente, así como 1.36 y 1.6 cm de diámetro de inhibición para *E. coli* y para *Salmonella*, 1.73 y 1.5 cm de diámetro de inhibición, respectivamente. Aguilar y Klotz (2011) mencionan que cocultivos de *L. plantarum* han logrado inhibir a *E. coli* hasta tres ciclos logarítmicos. La inhibición de *E. coli* en este estudio, si bien no se conoce en ciclos logarítmicos, se puede considerar como aceptable y de interés para posteriores estudios.

En este estudio, las 21 cepas de BAL mostraron un comportamiento semejante ante la inhibición de *Stafilococcus aureus*, con un rango de 1.4-1.83 cm. Un estudio semejante por Martín del Campo M., Gómez H. y Alaníz de la O (2008) reportó inhibición de *Stafilococcus aereus* por siete cepas de BAL aisladas de quesos frescos; las cepas que mostraron actividad antagónica positiva fueron las aisladas de queso panela, adobera y fresco, la técnica empleada fue la de picadura, y se reporta en mm de inhibición. Las cepas de BAL aisladas del queso de cabra en este estudio son más eficientes contra este patógeno, probablemente porque además de tener actividad acidificante suficiente, podrían estar generando bacteriocinas capaces de inhibir crecimiento bacteriano.

Las bacterias homofermentativas son las que obtienen como producto final ácido láctico de un 90-99%, los géneros de *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Vagococcus*, *Streptococcus* y junto con algunos *Lactobacillus*, pertenecen a este grupo (Parra Huertas, 2010). El tipo de fermentación final de las BAL empleadas en el presente trabajo se conside-

ró homofermentativo, debido a que no se presentó desarrollo de CO₂ en ninguna de las 21 cepas. Esta característica es propia de la mayor parte de la flora bacteriana acidificante de la leche (Villegas de Gante, 2004), lo que le permite formación de ácido láctico como producto mayoritario y que este, a su vez, inicia una fermentación rápida en la leche ejerciendo además un efecto de preservación. Asimismo, las BAL homofermentativas presentan capacidad proteolítica que forma péptidos amargos que impactan en el sabor y olor del queso como resultado de la conversión de aminoácidos como metionina, leucina y fenilalanina (Parra Huertas, 2010).

Los principales aromas desarrollados por las cepas aisladas en este estudio identificados por jueces expertos fueron notas de yogurt y productos fermentados. Nieto-Arribas, Seseña, Poveda, Palop y Cabezas (2009) mencionan en su estudio que los principales aromas desarrollados por las BAL después de siete días de incubación pertenecen a yogurt y mantequilla, lo que coincide en las notas aromáticas con las de este estudio. Alvarado Rivas et al. (2007) demostraron que las cepas aisladas de *Lactobacillus* y *Lactococcus* a partir de un queso artesanal, al ser inoculadas en quesos experimentales elaborados a partir de leche pasteurizada, son equivalentes a las que se elaboran con leche cruda, y que estas bacterias son las responsables de proporcionar las características particulares del queso.

Alvarado Rivas et al. (2007) demostraron que al inocular cepas de *Lactobacillus* y *Lactococcus* aisladas de un queso artesanal en quesos experimentales elaborados a partir de leche pasteurizada, no existen diferencias significativas en atributos de sabor, textura y color con respecto a un queso control elaborado con leche cruda. Esto indica que las cepas autóctonas agregadas logran desarrollar características sensoriales semejantes a las que tendría uno elaborado a partir de leche cruda. En el mismo contexto, los elaborados con las cepas QJ2 y el combinado (COM) de este estudio, presentaron di-

ferencias estadísticas en cuanto a las características globales (sabor, olor, textura y consistencia) con respecto al control elaborado con leche pasteurizada sin cepas añadidas, lo cual deja de manifiesto que existen características presentes en los quesos QJ2 y COM que son atribuidas a las cepas adicionadas.

Por otra parte, Mago et al. (2015) en un estudio de aceptabilidad, encontró que un queso elaborado a partir de leche pasteurizada e inoculado con bacterias autóctonas (*Leuconostoc mesenteroides*) presentó mayor aceptabilidad frente a uno manufacturado en las mismas condiciones del anterior, pero inoculado con una cepa comercial (*Lactococcus lactis*); dichos resultados ponen de manifiesto las ventajas en las capacidades metabólicas de las BAL autóctonas con respecto a las cepas comerciales. Lo anterior es una alternativa para obtener quesos de mejor calidad sanitaria sin afectar las características sensoriales propias de un queso artesanal.

CONCLUSIONES

Los quesos elaborados a partir de leche de cabra pasteurizada e inoculados con las cepas QJ2 y en combinación con QJ2 y QR2, según la evaluación sensorial, presentaron características globales estadísticamente diferentes a las del queso pasteurizado sin adición de cepas (control). Por tanto, las cepas aisladas en este estudio pueden ser empleadas como cultivos iniciadores, y son adecuadas para producir queso de leche de cabra con características semejantes al artesanal, empleando leche pasteurizada. Sin embargo, si se desea conocer dichas características de manera cualitativa y cuantitativa, es necesario realizar un estudio sensorial descriptivo, pues con la prueba sensorial aplicada en este estudio sólo se determinan diferencias globales entre productos. Adicionalmente, son necesarios estudios genéticos para identificar género y especie de las cepas seleccionadas como BAL en el presente trabajo.

REFERENCIAS

- Aguilar, C., & Klotz, B. (2011). Inhibición del crecimiento de *Escherichia coli* por bacterias ácido lácticas: presencia de quórum sensing? *Alimentos hoy. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 13(13), 18-26.
- Alvarado Rivas,, C., Chacón Rueda, Z., Rojas, J. O., Guerrero Cárdenas, B., & López Corcuera, G. (2007). Aislamiento, identificación y caracterización de bacterias ácido lácticas de un queso venezolano ahumado andino artesanal. Su uso como cultivo iniciador. *Revista Científica*, 17(3), 301-308.
- Díaz, C. (2011). *Adherencia y colonización de Pseudomonas fluorescens sobre sustratos sólidos: Influencia de la topografía y composición química de la superficie* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires.
- Guerrero, L., Muset, G., & Pacheco, L. (1997). Evaluación de las actividades enzimáticas de cultivos comerciales usados para la elaboración de quesos. *Revista científica FCV-LUZ*, 7(3), 209-214.
- Heredia, P. (2011). *Caracterización del proceso de producción del queso cocido artesanal y de las principales bacterias ácido lácticas generadoras de aroma* (Tesis de maestría). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, México.
- Hernández Montes, A. (2007). *Evaluación sensorial de productos agroalimentarios*. Texcoco, Estado de México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- López-Jácome, L. E., Hernández-Durán, M., Colín-Castro, C. A., Ortega-Peña, S., Cerón-González, G., & Franco-Cendejas, R. (2014). Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología. *Investigación en Discapacidad*, 3(1), 10-18.
- Mago, Y., Sanabria, N., Cova, A., Alvarado, C., & Durán, L. (2015). Maduración de queso de cabra con cepa autóctona de *Leuconostoc mesenteroides* aislada de queso artesanal. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 56(1), 3-9.
- Martín del Campo M., C. I., Gómez H., H. E., & Alaníz de la O, R. (2008). Bacterias ácido lácticas con capacidad antagonista y capacidad bacteriocinogénica aislada de quesos frescos. *E-Gnosis*, 6, 1-17.
- Nieto-Arribas, P., Poveda, J. M., Palop, Ll., & Cabezas, L. (2008). Comparative study of methods for the determination of proteolytic activity in lactic acid bacteria and selection of an autochthonous starter to manufacture manchego cheese. *Milchwissenschaft*, 63, 61-63.
- Nieto-Arribas, P., Seseña, S., Poveda, J. M., Palop, Ll., & Cabezas, L. (2009). Genotypic and technological characterization of *Lactococcus lactis* isolates involved in traditional processing of artisanal Manchego cheese. *Journal of Applied Microbiology*, 107(5), 1505-1517.
- Parra Huertas, R. A. (2010). Bacterias ácido lácticas: Papel funcional en los alimentos. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1), 93-105.
- Ramírez Cuenca, M. S. (2005). *Actividad inhibitoria de cepas de bacterias ácido lácticas frente a bacterias patógenas y deterioradoras de alimentos* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Ramos-Izquierdo, B., Bucio-Galindo, A., Bautista-Muñoz, C., Aranda-Ibáñez, E., & Izquierdo-Reyes, F. (2009). Aislamiento, identificación y caracterización de bacterias ácido lácticas para la elaboración de queso crema tropical. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 25(2), 159-171.
- Ruíz Ruíz, F. (2010). Pruebas bioquímicas: Catalasa [Fragmento de manual en pdf]. *Manual de Prácticas de Biología de Procariontes* (Práctica 11). Recuperado el 21 de febrero de 2017, de <https://biolprocariontes.files.wordpress.com/2010/03/pract-112.pdf>
- Sánchez, L., Corrales, R., Corrales, L., & Oñate-Sánchez, L. (2005). Evaluación de la congelación para conservación de especies autóctonas bacterianas. *NOVA-PUBLICACIÓN CIENTÍFICA*, 3(4), 21-29.
- Serpa Fajardo, J. G., Pérez de la Ossa, T. I., & Hernández R., Elvis J. (2016). Effect of pasteurization and starter cultures on physicochemical and microbiological properties of costeño cheese. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 69(2), 8007-8014.
- Tuncer, Y. (2009). Some technological properties of phenotypically identified enterococci strains isolated from Turkish tulum cheese. *African Journal of Biotechnology*, 8(24), 7008-7016.
- Villegas de Gante, A. (2004). *Tecnología quesera*. Distrito Federal, México: Trillas.
- Vinderola, G., Capellini, B., Villarreal, F., Suárez, V., Quiberoni, A., & Reinheimer, J. (2008). Usefulness of a set of simple in vitro tests for the screening and identification of probiotic candidate strains for dairy use. *LWT-Food Science and Technology*, 41(9), 1678-1688.

Aproximación e impacto directo de ciclones tropicales a la cuenca del río Conchos, Chihuahua, México

Tropical cyclones approach and direct impact on the Conchos river basin in Chihuahua, Mexico

Daniel Sayto Corona*, Humberto Silva Hidalgo*✉, Samuel Sandoval Solis**, Cornelio Álvarez Herrera*, Eduardo Herrera Peraza***

Sayto Corona, D., Silva Hidalgo, H., Sandoval Solis, S., Álvarez Herrera, C., & Herrera Peraza, E. (2017). Aproximación e impacto directo de ciclones tropicales a la cuenca del río Conchos, Chihuahua, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 53-61.

RESUMEN

Los ciclones tropicales contribuyen a la generación de precipitaciones en las zonas continentales. Estos fenómenos naturales pueden incidir mediante el impacto directo o mediante su aproximación a una región interior (no costera) de México. La precipitación total en las zonas áridas o semiáridas en México está modificándose; lo que pudiera asociarse con el incremento en el número de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico y Pacífico en los últimos años. En el periodo de análisis, comprendido desde el año 1949 hasta el año 2013, se determinó que 6.28% y 8.64% del total de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico y Pacífico, respectivamente, impactaron las costas mexicanas. En ese mismo periodo únicamente 10 ciclones tropicales impactaron directamente a la cuenca del río Conchos y 142 se aproximaron a menos de 500 km de la misma. El número de ciclones tropicales originados en el Océano Pacífico está incrementándose.

Palabras clave: ciclón tropical; impacto directo; aproximación; precipitación; tendencia.

Keywords: tropical cyclone; direct hit; approximation; precipitation; trend.

Recibido: 2 de febrero de 2017, aceptado: 22 de agosto de 2017

* Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Universitario Campus II, C. P. 31160, Chihuahua, Chihuahua, México. Correo electrónico: danielsayto@gmail.com; silvah@gmail.com; calvarez@uach.mx

** College of Agricultural and Environmental Sciences, University of California, Davis, 150 Mrak Hall Dr, Davis, CA, 95616, United States of America. Correo electrónico: samsandoval@ucdavis.edu

*** Centro de Investigación en Materiales Avanzados de Chihuahua. Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua, C. P. 31136, Chihuahua, Chihuahua, México. Correo electrónico: eduardo.herrera@cimav.edu.mx

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

Tropical cyclones provide precipitation in continental regions. These natural events can bring rainfall due to the direct impact or close approximation to inland regions (without coast) of Mexico. In recent years, the total precipitation in arid and semi-arid regions of Mexico has been modified due to the increase in the number of hurricanes originated in the Atlantic and Pacific oceans. For the period of analysis (1949 to 2013), this study estimated the share of the total number of tropical cyclones that impacted Mexico's coast from the Atlantic and Pacific Ocean, 6.28% and 8.64, respectively. For the same period, only 10 tropical cyclones directly impacted the Conchos river basin and 142 had a close trajectory to the Conchos river basin (less than 550 kilometers). In summary, there is an increase in the frequency of tropical cyclones generated in the Pacific Ocean.

INTRODUCCIÓN

La precipitación de origen ciclónica tropical es una fuente importante de agua dulce para amplias extensiones en zonas continentales. Un ciclón tropical se define como un sistema de baja presión, de escala sinóptica, de origen no frontal; que se desarrolla sobre las aguas tropicales o subtropicales, y que se caracteriza por una convección profunda y organizada, y circulación cerrada de los vientos en la superficie alrededor de un centro bien definido (Holland, 1993). Estos sistemas climáticos llegan a tener diámetros del orden de 500 a 1,000 km y presentan rapidez de translación promedio del orden de 15 km/h.

Dichos fenómenos naturales pueden originar precipitaciones máximas diarias en el rango de 500 a

800 mm que podrían llegar a cubrir hasta 400,000 km² (Rakhecha & Singh, 2009). Los ciclones tropicales se caracterizan por presencia de intensos vientos cambiantes en dirección, que producen oleajes, mareas altas y lluvias torrenciales. Sus efectos pueden originar inundaciones, e incluso ocasionar pérdidas económicas y/o pérdidas de vidas humanas (Díaz Castro, 2010). Nueve de cada 10 muertes ocasionadas por estos fenómenos climatológicos se deben a mareas de tormenta que se presentan en las costas donde ocurre el impacto (Rakhecha & Singh, 2009). La intensidad de los ciclones tropicales se clasifica de acuerdo con la rapidez de sus vientos sostenidos y van desde depresiones tropicales, hasta huracanes que suelen ser considerados como catastróficos (tabla 1).

La precipitación pluvial producida por un ciclón tropical no tiene una alta correlación con la intensidad del mismo, ya que existen depresiones tropicales con alta producción de lluvia y huracanes de alta categoría muy pobres en producción de lluvia (Rosengaus Moshinsky, 2010). Las lluvias que traen consigo los ciclones tropicales no se restringen únicamente a las áreas costeras, sino que la humedad puede llegar a las regiones interiores de los continentes (Díaz Castro, 2010). Aunque la mayoría de los ciclones tropicales tienden a disiparse al impactar en las zonas costeras, la humedad remanente se manifiesta en forma de precipitación con duración de uno hasta tres días adicionales sobre las costas e interior del continente.

En general, la presencia de los ciclones tropicales en las costas suele traer efectos destructivos, mientras que el territorio continental suele beneficiarse de estos remanentes que dejan volúmenes

considerables de agua que escurren por los cauces y se almacenan en las presas. Los remanentes de los ciclones tropicales tienen una fuerte penetración hacia el interior de los continentes y pueden aportar desde unos cuantos centímetros hasta 80 cm de lluvia en el transcurso de dos a tres días (Rakhecha & Singh, 2009). En el caso de México se observa que las trayectorias típicas de los ciclones tropicales originados en el Océano Atlántico, una vez que llegan al Golfo de México, presentan una dirección de traslación perpendicular a las costas de Veracruz y Tamaulipas, lo que provoca lluvias abundantes, de larga duración y gran extensión en estados interiores (sin costa). En el Océano Pacífico se presentan direcciones de traslación preferentemente paralelas al litoral mexicano con casos de penetración a estados en el interior, como Sonora. En ambos casos las trayectorias típicas de los ciclones tropicales tienen una incidencia hacia las zonas interiores de la República Mexicana (Rosengaus Moshinsky, Jiménez Espinosa, & Vázquez Conde, 2002).

México es uno de los países en el mundo con mayor incidencia de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico y Pacífico (Rosengaus Moshinsky, 2010). Méndez González, Nívar Cháidez y González Ontiveros (2008) indican que durante un periodo de análisis comprendido desde 1920 hasta 2004, los regímenes pluviométricos de las zonas áridas y semiáridas de México (figura 1) están siendo modificados substancialmente. La lluvia que se presentó en estas regiones tuvo tendencia a incrementarse en 1.8% en promedio. Esto pudiera atribuirse a que cada vez más ciclones tropicales han ingresado a territorio mexicano por ambos litorales a partir de la década de los ochenta (Jáuregui, 2003).

Tabla 1
Clasificación de ciclones tropicales según la rapidez del viento Saffir-Simpson

Clasificación	Rapidez de vientos sostenidos	Características
Depresión tropical	≤ 62 km/hr	Localmente destructivo
Tormenta tropical	62.1 – 118 km/hr	Tiene efectos destructivos
Huracán categoría 1	118 – 154 km/hr	Potencial mínimo
Huracán categoría 2	154 – 178 km/hr	Potencial moderado
Huracán categoría 3	178 – 210 km/hr	Potencial extensivo
Huracán categoría 4	210 – 250 km/hr	Potencial extremo
Huracán categoría 5	≥ 250 km/hr	Potencial catastrófico

Nota: Elaboración propia con datos de Rosengaus Moshinsky et al. (2002).

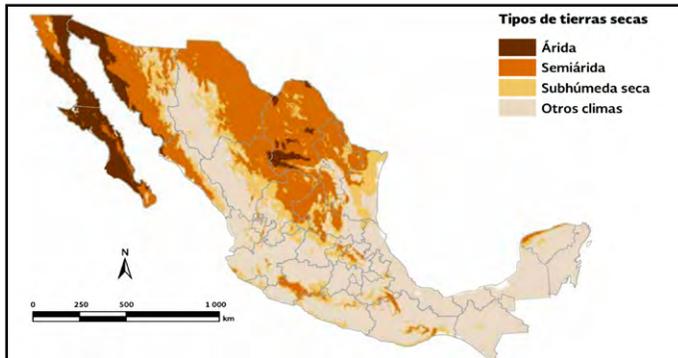


Figura 1. Distribución de las tierras secas de México. Imagen tomada de SEMARNAT (2013).

El clima del estado de Chihuahua es considerado como árido y semiárido; la precipitación promedio anual para regiones de la República Mexicana que presentan este tipo de climas es de 445.54 mm anuales, siendo que 78.48% de esta precipitación anual ocurre durante los meses de junio a noviembre (Méndez González et al., 2008). Este lapso coincide con la temporada de ciclones tropicales que comienza el 15 de mayo en el Océano Pacífico y el 1 de junio en el Atlántico, mientras que el término de esta es el 30 de noviembre en ambos océanos (Rosengaus Moshinsky et al., 2002).

Se considera necesario conocer con mayor detalle el grado de exposición del estado de Chihuahua a la influencia de los ciclones tropicales y sus efectos, especialmente para fines de administración de los recursos hídricos, así como para la prevención de inundaciones. Para fines de esta investigación se tomó como zona de estudio la cuenca del río Conchos (figura 2), que se localiza casi en su totalidad en el estado de Chihuahua y que es



Figura 2. Río Conchos en el Cañón del Pegüis, Ojinaga, Chihuahua. Fotografía de Daniel Sayto Corona.

identificado como uno de los sistemas ribereños más importantes de todo el norte de México (Kelly, 2001).

Este trabajo tiene el objetivo de conocer la frecuencia con la que los ciclones tropicales han incidido en la cuenca del río Conchos, ya sea por impacto directo o por su aproximación. Por su ubicación geográfica (figura 3), en una zona semidesértica interior del país resguardada por las Sierras Madre Occidental y Oriental, se podría asumir que la cuenca de dicho río exhibe una frecuencia de impacto de ciclones tropicales considerablemente menor, comparado con otras zonas del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las trayectorias de los ciclones tropicales se obtuvieron del Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos (NHC, por sus siglas en inglés). La base de datos HURDAT2 (National Hurricane Center [NHC], 2016) contiene información de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico (1851 al año 2015) y Pacífico (1949 al año 2015). Para homogeneizar el análisis se determinó analizar todas las trayectorias de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico y Pacífico desde el año 1949 hasta el

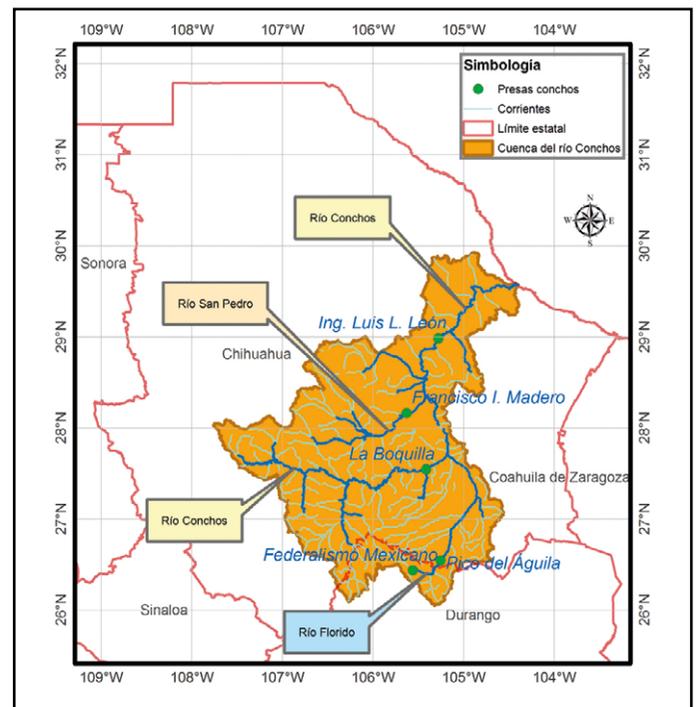


Figura 3. Localización de la cuenca del río Conchos en el estado de Chihuahua, México. Elaboración propia.

año 2013. La información del HURDAT2 presenta limitaciones con respecto a la exactitud de las trayectorias y clasificación de los ciclones tropicales según el año que fueron registrados. Antes de la era del reconocimiento aéreo y satélites climatológicos, la detección de estos fenómenos dependía de encuentros fortuitos con embarcaciones o con su impacto en áreas pobladas. Los primeros vuelos de reconocimiento se realizaron en el Océano Pacífico en 1956, la información satelital estuvo disponible a partir de 1961; sin embargo, no fue hasta 1970 que la calidad de las imágenes satelitales permitió determinar la ubicación y clasificación de los ciclones tropicales de una manera más confiable (Blake et al., 2009).

Las trayectorias se forman a partir de la información de ubicación e intensidad del centro de circulación de los ciclones tropicales en intervalos de seis horas, hasta que termina el tiempo de vida del mismo. Cuando la ubicación del centro del ciclón tropical llega a costas o al interior del continente, se considera como un impacto directo que viene acompañado de vientos y lluvias. Por otro lado, trabajos previos como el de Englehart y Douglas (2001) indican que la precipitación registrada en un radio de 550 km o menor; en forma general, se puede considerar como de origen ciclónica, por lo que este parámetro puede usarse para definir la posible área de incidencia de un ciclón tropical con respecto a algún punto de interés.

Se analizaron las trayectorias de los ciclones tropicales históricos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y mediante esta herramienta se definieron áreas de influencia de 550 km a partir del centro de los ciclones tropicales que permitieron identificar su aproximación a la cuenca del río Conchos. Adicionalmente, se determinó el número de veces que estos fenómenos climatológicos han incidido directamente en cada uno de los estados de la República Mexicana.

Para definir la frecuencia y tendencia de los ciclones tropicales que se han originado en ambos océanos, que han incidido directamente en México o que se han aproximado a la cuenca del río Conchos, se realizó un análisis estadístico. Las tendencias se evaluaron mediante una correlación lineal y significancia con el fin de valorar y confirmar los datos obtenidos. La correlación de Pearson tiene dos propiedades importantes que son los coeficientes de determinación (r^2) y el coeficiente de correlación

(r). El coeficiente de correlación puede tener valores de -1 hasta 1, cuando el valor es 1 se dice que existe grado de correlación positivo perfecto. Para evaluar la confiabilidad de los datos obtenidos mediante correlación se obtuvo su significancia estadística (α) de dos colas ($N-2$).

RESULTADOS

En el periodo de análisis se registraron 1,990 ciclones tropicales, de los cuales 993 se originaron en el Océano Atlántico y 997 en el Pacífico. Considerando el total de los ciclones tropicales registrados, se pudo determinar que el litoral mexicano del Atlántico ha sido impactado directamente en 125 ocasiones (6.28%), mientras que en el litoral del Pacífico han sido 172 (8.64%). En promedio, la temporada ciclónica en el Océano Atlántico es de 15.28 ciclones tropicales por año, de los cuales aproximadamente dos impactan directamente la República Mexicana. En el caso del Océano Pacífico, el promedio anual es de 15.34 ciclones tropicales, de los cuales un promedio de tres impacta las costas del Pacífico mexicano. Las entidades federativas más afectadas en el Atlántico son Quintana Roo, Veracruz y Tamaulipas; mientras que en el Pacífico son Baja California Sur, Sinaloa y Colima. El estado de Chihuahua ha sido impactado directamente por 16 ciclones tropicales durante el periodo analizado (figura 4).

Con referencia a la cuenca del río Conchos, un total de 142 (7.14%) ciclones tropicales se han aproximado a un radio igual o menor de 550 km. En este análisis se observa que únicamente 33 ciclones tropicales se han aproximado por el litoral

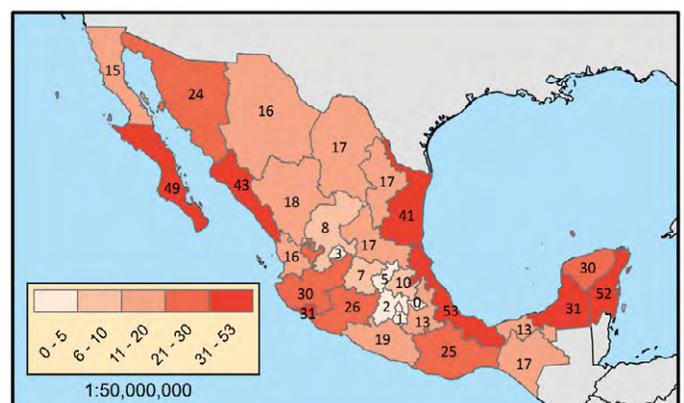


Figura 4. Número de trayectorias de ciclones tropicales que han impactado directamente en los estados de la República Mexicana. Elaboración propia.

Tabla 2
Ciclones tropicales que han impactado directamente la cuenca del río Conchos durante el periodo de análisis del año 1949 al año 2013

Nombre	Océano	Mes	Año	Intensidad máxima	Duración (h)	Distancia recorrida (km)	Rapidez promedio de traslación (km/h)
Unnamed	Pacífico	Octubre	1957	Huracán 1	48	1,360	28.33
Doreen	Pacífico	Octubre	1962	Huracán 1	96	1,895	19.74
Helga	Pacífico	Septiembre	1966	Huracán 1	192	2,904	15.13
Naomi	Pacífico	Septiembre	1968	Huracán 1	108	2,428	22.48
Orlene	Pacífico	Septiembre	1974	Huracán 2	84	1,973	23.49
Rachel	Pacífico	Septiembre	1990	T. Tropical	144	3,193	22.17
Lidia	Pacífico	Septiembre	1993	Huracán 4	138	3,634	26.33
Fausto	Pacífico	Septiembre	1996	Huracán 3	114	2,121	18.61
Norbert	Pacífico	Octubre	2008	Huracán 4	204	3,053	14.97
Dolly	Atlántico	Julio	2008	Huracán 2	156	3,027	19.40

Nota: Elaboración propia.

del Atlántico, mientras que 109 lo han hecho por el Pacífico. En cuanto a los ciclones tropicales que han impactado directamente a la cuenca, se han registrado nueve por el océano Pacífico y uno por el Atlántico (figura 5 y tabla 2). Se observa que las trayectorias originadas en el Océano Pacífico tienden a desplazarse paralelamente al territorio mexicano para luego introducirse por los estados de Baja California Sur y Sinaloa. En el caso del Atlántico sólo se presentó el huracán Dolly en 2008. En la tabla 2 se muestra una relación de estos ciclones tropicales. Se observa que los últimos cuatro ciclones tropicales que han impactado la cuenca han tenido una intensidad mayor o igual al nivel 2 según la escala Saffir-Simpson (tabla 1). El promedio de duración de

los ciclones tropicales es de alrededor de cinco días y la distancia recorrida promedio es de 2,500 km.

Méndez González et al. (2008) señalan que es necesario analizar los cambios graduales de las variables climáticas, con la finalidad de evidenciar la existencia de un posible cambio climático. Las figuras 6 a 8 muestran gráficas que ayudan a visualizar las tendencias que se están presentando en relación con el total de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico y Pacífico y sus trayectorias. En la figura 6 se muestran el número de ciclones tropicales que se originaron en ambos océanos durante el periodo de análisis. En la figura 7 se muestra el número de ciclones que impactaron directamente a la República Mexicana. Por último, en la figura 8 se muestran el número de ciclones tropicales que se aproximaron a la cuenca del río Conchos.

En las figuras 6 a la 8, se observa visualmente un incremento en la línea de tendencia en el número de ciclones tropicales que se generan en ambos océanos, ocurre lo mismo con el número de ciclones que impactan de forma directa al territorio mexicano, así como los que se aproximan a menos de 550 km a la cuenca del Conchos. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de correlación y significancia estadística que ayudaron a valorar los datos observados en las líneas de tendencia.

Adicionalmente, se analizaron las precipitaciones máximas acumuladas durante el tiempo de vida

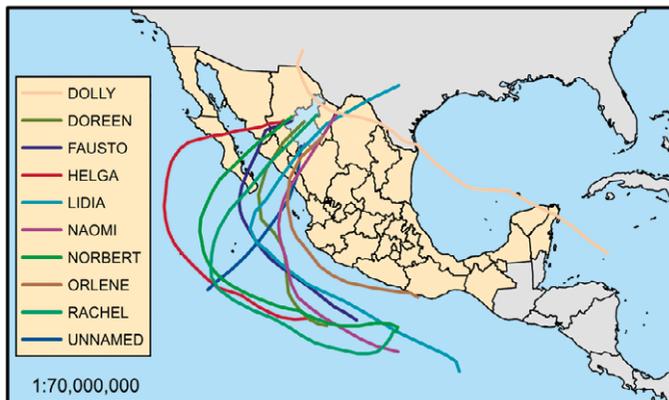


Figura 5. Trayectorias de ciclones tropicales que han impactado directamente la cuenca del río Conchos. Elaboración propia.

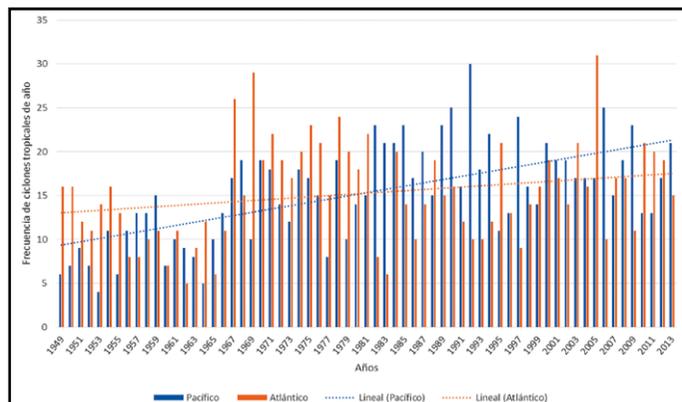


Figura 6. Total de ciclones tropicales originados en los océanos Pacífico y Atlántico y su línea de tendencia durante el periodo comprendido de 1949 a 2013. Elaboración propia.

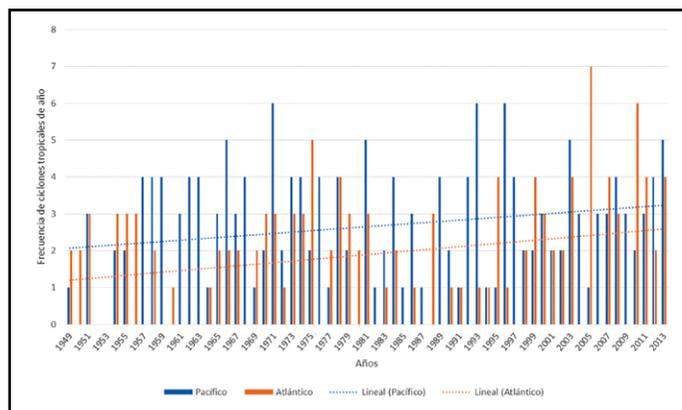


Figura 7. Número de ciclones tropicales originados en los océanos Pacífico y Atlántico que impactaron directamente al territorio nacional y su línea de tendencia en el periodo comprendido de 1949 a 2013. Elaboración propia.

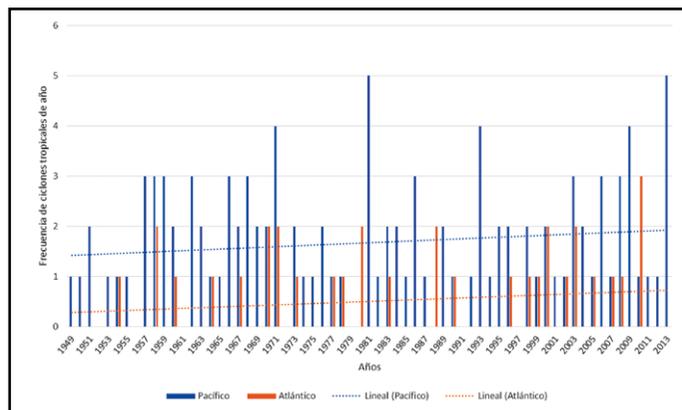


Figura 8. Número de ciclones tropicales originados en los océanos Pacífico y Atlántico en el lapso de 1949 a 2013 que se aproximaron a menos de 550 km de la cuenca del río Conchos. Elaboración propia.

de cada ciclón tropical que incidió directamente en la cuenca del río Conchos. La finalidad fue comparar las precipitaciones registradas en las zonas costeras y las observadas en la cuenca del río Conchos, considerando que el fenómeno natural ingresó hasta el área de estudio. Para ello se recurrió a datos de precipitación en forma de gráficas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a través de la plataforma web del CICESE (Servicio Meteorológico Nacional [SMN], 2017). En la tabla 4 se muestran los rangos de precipitación máxima acumulada en zonas costeras del territorio nacional y en algún punto dentro de la cuenca del río Conchos con fines de comparación.

DISCUSIÓN

Durante el periodo de análisis se observó que el número de ciclones tropicales que se han originado en el Océano Atlántico es similar a los originados en el Pacífico. Las líneas de tendencia indican de forma visual que el número de ciclones tropicales está aumentando; sin embargo, este crecimiento puede estar asociado a la falta de tecnología para detectar los ciclones tropicales anteriores a 1970. De acuerdo con el análisis de correlación se puede establecer que únicamente el número de ciclones tropicales originados en el Océano Pacífico podría estar incrementando al tener una correlación de 62% con una significancia estadística alta ($\alpha = 0.005$ para N-2). Debido a los valores obtenidos de los coeficientes de correlación y significancia no es posible asegurar que los ciclones tropicales que impactan al territorio nacional y se aproximan a la cuenca del río Conchos estén incrementando. En el caso de los ciclones que se originan en el Atlántico no fue posible determinar estadísticamente que hay un incremento en el número de eventos por año.

La incidencia directa de los ciclones tropicales al territorio nacional y su aproximación a la cuenca del río Conchos se da en mayor medida por el Océano Pacífico, siendo los estados de Baja California Sur y Sinaloa los más afectados en este litoral. Sin embargo, en el total de impactos directos es el estado de Quintana Roo, ubicado en el litoral del océano Atlántico, el que ha sido más veces afectado por algún ciclón tropical. Es importante apuntar que existen eventos que indican una mayor incidencia sobre el territorio nacional de los ciclones tropicales originados en el Océano Atlántico en las últimas décadas. Por ejemplo, en la temporada de ciclones del año 2005 se tuvieron hasta siete impactos por el

Océano Atlántico, cuando el promedio del periodo de análisis es cercano a dos. Hasta el año 2011 se aproximaron por primera vez (en el registro histórico) tres ciclones tropicales a menos de 550 km de la

cuenca del río Conchos por el litoral del Atlántico. En 2008 se presenta Dolly, el primer huracán en impactar directamente la cuenca de este cuerpo de agua por el litoral Atlántico.

Tabla 3

Valores obtenidos mediante el análisis estadístico de regresión lineal de Pearson para evaluar la confiabilidad de las líneas de tendencia

Océano	Condición de aproximación	Análisis de correlación			Análisis de la tendencia de los ciclones tropicales con base en la correlación y significancia estadística.
		r^2	r	α (N-2)	
Pacífico	Total de CT originados en el océano	0.39	0.62	0.005	Correlación positiva de moderada a alta, 62% con significancia estadística muy alta. Se están incrementando el número de ciclones.
	Incidencia directa de CT en México	0.04	0.21	0.055	Correlación positiva débil, 21%, con significancia estadística alta. El aparente incremento en el número de ciclones puede ser aleatorio.
	Incidencia de CT a menos de 550 km de la cuenca del río Conchos	0.01	0.12	0.34	Correlación positiva muy débil, 12% con significancia estadística muy baja. El aparente incremento en el número de ciclones puede ser aleatorio.
Atlántico	Total de CT originados en el océano	0.06	0.24	0.055	Correlación positiva débil, 24% con significancia estadística alta. El aparente incremento en el número de ciclones puede ser aleatorio.
	Incidencia directa de CT en México	0.06	0.25	0.045	Correlación positiva débil, 25% con significancia estadística alta. El aparente incremento en el número de ciclones puede ser aleatorio.
	Incidencia de CT a menos de 550 km de la cuenca del río Conchos	0.03	0.17	0.17	Correlación positiva muy débil, 17% con significancia estadística baja. El aparente incremento en el número de ciclones puede ser aleatorio.

Nota: Elaboración propia.

Tabla 4

Rangos de precipitación máxima acumulada en zonas costeras del territorio nacional y cuenca del río Conchos durante la duración de los ciclones tropicales que impactaron directamente el área de estudio

Nombre	Fecha	Rango de precipitación máxima acumulada en territorio nacional (mm)	Rango de precipitación máxima acumulada en la cuenca del río Conchos (mm)
Doreen	01 - 05 oct 1962	300 a 350	0 a 50
Helga	9 - 17 sep 1966	300 a 350	100 a 150
Naomi	9 - 13 sep 1968	560 a 640	0 a 80
Orlene	21 - 24 sep 1974	560 a 640	80 a 160
Rachel	27 sep-3 oct 1990	210 a 240	90 a 120
Lidia	8 - 14 sep 1993	240 a 280	80 a 120
Fausto	10 - 14 sep 1996	360 a 420	0 a 60
Norbert	4 - 12 oct 2008	280 a 320	0 a 40
Dolly	20 - 27 jul 2008	210 a 240	60 a 90

Nota: Elaboración propia con datos del SMN (2017).

En términos generales, las precipitaciones máximas acumuladas de origen ciclónico que se observaron en la cuenca del río Conchos representan menos de 20% de las registradas en las zonas costeras. Únicamente el caso del ciclón tropical Lidia representa cerca de 50% de la precipitación máxima acumulada que se presentó en el estado de Sinaloa del 8 al 14 de septiembre de 1993 (figura 9).

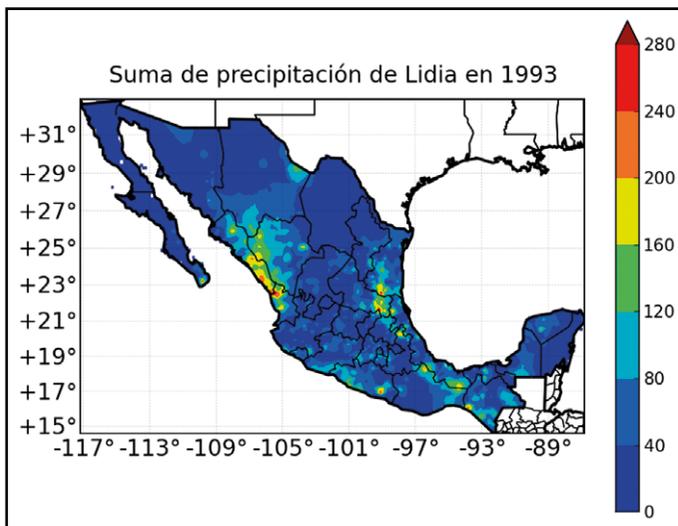


Figura 9. Precipitación acumulada durante la formación y disipación del ciclón tropical Lidia en 1993. Imagen tomada de SMN (2017).

CONCLUSIONES

El número total de ciclones que se originaron en ambos océanos durante el lapso de 1949 a 2013 presentaron cierta paridad. La tendencia de ciclones tropicales originados en el Océano Pacífico ha aumentado según el análisis estadístico efectuado.

Los ciclones tropicales que surgen en el Océano Pacífico (172 eventos) impactan directamente México con mayor frecuencia que los que se

originan en el Atlántico (125 eventos). No ha sido posible confirmar estadísticamente que los ciclones tropicales originados en ambos océanos y que han impactado directamente la República Mexicana estén incrementándose. El aparente incremento que se observa en las líneas de tendencia podría ser aleatorio y estar asociado con la variabilidad de estos fenómenos naturales o con las deficiencias en los recursos tecnológicos de seguimiento que se tenían antes del año 1970.

La cuenca del río Conchos no está exenta de la incidencia directa de algún ciclón tropical y de los efectos de los mismos. Los ciclones tropicales que inciden directamente en la cuenca de dicho río pueden aportar hasta 160 mm de precipitación acumulada durante el tiempo de vida del ciclón tropical. Este valor podría considerarse bajo si se compara con la lluvia que generan en la costa; sin embargo, una precipitación mayor a 50 mm en un solo evento representa un aporte significativo con respecto a los 445.54 mm anuales en promedio (Méndez González et al., 2008) que se presentan en zonas áridas como la cuenca del río Conchos.

El incremento de ciclones tropicales originados en el Océano Pacífico y los eventos extraordinarios que se han presentado últimamente en el Atlántico sugieren que estos fenómenos meteorológicos podrían continuar aumentando su incidencia tanto en impacto directo como en aproximación a zonas interiores del país, como la cuenca del río mencionado. La influencia relacionada con el paso de los ciclones tropicales tiene efectos hidrometeorológicos, sociales y de seguridad de los habitantes. Esta información sirve como base para incrementar el interés de los autores del presente trabajo en la investigación de sus efectos en áreas relacionadas con meteorología, hidrología, hidráulica, planes de prevención y alertamiento a la sociedad.

REFERENCIAS

- Blake, E. S., Gibney, E. J., Brown, D. P., Mainelli, M., Franklin, J. L., & Kimberlain, T. B. (2009). *Tropical Cyclones of the Eastern North Pacific Basin, 1949-2006*. Asheville, NC: National Climatic Data Center-National Hurricane Center.
- Díaz Castro, S. C. (2010). Variabilidad de los ciclones tropicales que afectan a México. *Interciencia*, 35(4), 306-310.
- Englehart, P. J., & Douglas, A. V. (2001). The role of Eastern North Pacific tropical storms in the rainfall climatology of Western Mexico. *International Journal of Climatology*, 21(11), 1357-1370. doi:10.1002/joc.637
- Holland, G. J. (1993). Ready Reckoner. En *Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting* (Chapter 9). WMO/TC-No. 560. Report TCP-31. Geneva: World Meteorological Organization.
- Jáuregui, E. (2003). Climatology of landfalling hurricanes and tropical storms in Mexico. *Atmósfera*, 16(4), 193-204.
- Kelly, M. E. (2001). *El río Conchos: Un informe preliminar*. Austin, TX: Texas Center for Policy Studies.
- Méndez González, J., Návar Cháidez, J. de J., & González Ontiveros, V. (2008). Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 65, 38-55.
- National Hurricane Center. (2016). *NHC Data Archive, Best Track Data (HURDAT2)* [Base de datos]. Recuperado de <http://www.nhc.noaa.gov/data/?text>
- Rakhecha, P.R., & Singh, V.P. (2009). *Applied Hydrometeorology*. New Dehli: Springer.
- Rosengaus Moshinsky, M. (2010). Impacto de los ciclones tropicales en las cuencas de México. En H. Cotler Ávalos (Coord.), *Las cuencas hidrográficas de México* (pp. 32-37). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología-Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Rosengaus Moshinsky, M., Jiménez Espinosa, M., & Vázquez Conde, M. T. (2002). *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México (Centro Nac)* (106 pp.). Distrito Federal, México: CENAPRED. Recuperado de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/37.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012*. México: Autor.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2017). *Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE* [Base de datos]. Recuperado de <http://clicom-mex.cicese.mx>

Diagnóstico y escenarios de peligro por inundación fluvial en Ciudad Insurgentes, Baja California Sur, México

Diagnosis and potential dangers of river flooding in Ciudad Insurgentes, Baja California Sur, Mexico

Saúl Chávez López*✉, Eric Avilés Canett*

Chávez López, S., & Avilés Canett, E. (2017). Diagnóstico y escenarios de peligro por inundación fluvial en Ciudad Insurgentes, Baja California Sur, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 62-74.

RESUMEN

La elaboración de mapas de peligro se efectuó identificando eventos históricos asociados con inundaciones y la estimación de su periodo de retorno. Los aspectos geomorfológicos e hidrográficos de la cuenca del arroyo Insurgentes no son factores que durante lluvias intensas incrementen el riesgo de inundaciones; estas se presentan como respuesta a la pérdida de área de escurrimiento, debido al incremento de la mancha urbana, que se incorpora como factor inducido. De los resultados del modelaje se encontró que la inundación producida al paso del huracán Jimena en 2009 fue similar a la estimada para un periodo de retorno de 10 años, con un área inundable de 1.2 km², la cual puede llegar a incrementarse en 94% para un periodo de retorno de 1000 años, por lo cual se infiere que en el poblado de Ciudad Insurgentes durante la temporada de huracanes se pueden alcanzar situaciones críticas de inundación.

ABSTRACT

River flood risk maps were generated based on the identification of historic events associated with

Palabras clave: cuenca; geomorfología; huracán; riesgo inducido; inundaciones; periodos de retorno.

Keywords: basin; geomorphology; hurricane; induced risk; flooding; return period.

Recibido: 8 de marzo de 2017, aceptado: 15 de septiembre de 2017

* Programa de Planeación y Conservación Ambiental, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo Santa Rita Sur, C. P. 23096, La Paz, B. C. S., México. Correo electrónico: schavez04@cibnor.mx; ericavilescanett@gmail.com

✉ Autor para correspondencia

flooding and the estimation of their return period. The geomorphological and hydrographic aspects of the Insurgentes stream basin are not factors that during intense rains increase the risk to floods in the town for natural effect; these comes like answer to the loss of area of glide, due to the increment of the urban area, that incorporate like induced factor lacking of territorial planning in the environment geomorphological of the basin. Based on the modelling results, the flood produced in the wake of Hurricane Jimena in 2009 was similar to that estimated for a 10-year period, with a flood plain of 1.2 km²; the flood plain could increase by 94% for a 1,000-year return period. In conclusion, the population of Ciudad Insurgentes faces a critical flood risk during the hurricane season.

INTRODUCCIÓN

Ciudad Insurgentes se fundó en 1953 como una colonia agrícola, según el Instituto Nacional para el Federalismo (INAFED, 1987), destacando en el estado de Baja California Sur desde la década de los sesenta a la de los ochenta del siglo pasado por su producción de algodón y trigo, la cual colapsó debido a la sobreexplotación de sus mantos acuíferos (INEGI, 1996; Troyo-Diéguez et al., 2010). Dicho colapso se vio reflejado en una reducción en su población entre los años de 1990 y 2000, de 8,463 a 7,654 habitantes, respectivamente; para el año 2015 en el sitio en estudio la población aumentó a 10,767 habitantes; cuya economía se encuentran recuperando gracias al auge que está tomando la agricultura en la producción de hortalizas (Gobierno del estado de Baja California Sur, 2015). Sin embargo, su economía también se ha visto afectada por inundaciones producto de lluvias intensas asociadas

a huracanes. La alta incidencia de estos en la región hace que los fenómenos meteorológicos sean la principal amenaza a la que se encuentra expuesta la población de Ciudad Insurgentes, al ocasionar daños a viviendas, negocios, servicios públicos, así como pérdidas en la producción agrícola, de la cual depende la mayor parte de la población, como encontró el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2009).

Los primeros antecedentes de inundaciones en Ciudad Insurgentes son de octubre de 2008, a partir de ahí han sido recurrentes; sin embargo, la información referente a inundaciones tanto a nivel local como regional es escasa y se encuentra dispersa en dependencias de orden municipal como las oficinas del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (SAPA) y el Comité de Protección Civil del Municipio de Comondú. Aunado a la escasa información, así como al lento pero constante crecimiento demográfico en Ciudad Insurgentes y a la importancia agrícola y económica que tiene para el estado de Baja California Sur, se justifica elaborar el diagnóstico de riesgo a inundaciones, partiendo de los aspectos geomorfológicos y patrón fluvial de la cuenca. Estos son aspectos que Gutiérrez Elorza (2008) refiere como importantes a considerar para el diagnóstico de inundaciones fluviales, en donde la combinación de su forma con el sistema de drenaje influye en los máximos o picos de la inundación; así como el modelar escenarios de peligro por inundaciones fluviales para diferentes periodos de retorno. Para justificar el presente trabajo los autores plantean a manera de hipótesis que los problemas de inundación en Ciudad Insurgentes se presentan como un riesgo inducido debido al incremento del área urbana carente de planeación y ordenamiento. Aspectos que aun cuando en el presente trabajo se presentan como una realidad local, es posible afirmar que situaciones muy parecidas se presentan en todo México.

Área de estudio

La cuenca del arroyo Insurgentes corresponde a la región hidrológica RH03, Baja California Sur-Oeste, Magdalena (INEGI, 1996), en cuya porción media se encuentra el poblado de Ciudad Insurgentes (figura 1).

El clima en la región es seco semicálido, con temperaturas mensuales más altas y mayores precipitaciones acumuladas entre los meses de agosto y septiembre, de 29 a 35 °C y de 50 a 60 mm, respecti-

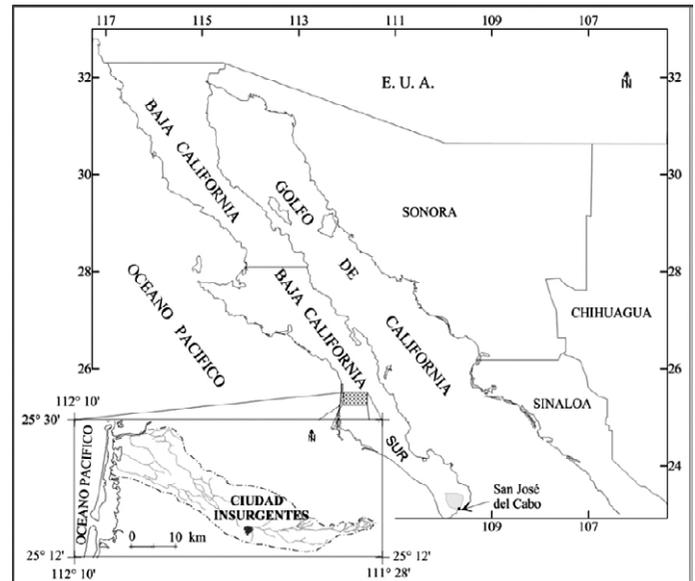


Figura 1. Localización del área en estudio.
Elaboración propia.

vamente (INEGI, 1996). Los aspectos climáticos se reflejan en la vegetación, con predominancia de cactáceas como son el cardón (*Pachycereus pringlei*), pitahaya agria (*Machaerocereus quimmosus*), pitahaya dulce (*Stenocereus thurberi*), entre otras, que se encuentran en la mayor parte de la región, exceptuando las áreas deforestadas para uso agrícola (Arriaga, Coria, & Bastida-Zavala, 1992; INEGI, 1996). Los suelos predominantes son arenosol, caracterizados por una textura gruesa, baja capacidad de retención de nutrientes y muy permeables; si se riegan pueden soportar una gran variedad de cultivos (Silva Machorro, 1978). Desde el punto de vista fisiográfico INEGI (1996) ubica al área de estudio en la subprovincia Discontinuidad Llanos de Magdalena, la cual coincide con la subprovincia geológica que López Ramos (1979) denomina como Llanos Iray-Magdalena, integrada por depósitos Cuaternarios derivados de la sierra La Giganta.

Los aspectos descritos ubican a la cuenca del arroyo Insurgentes y al poblado del mismo nombre en una llanura caracterizada por su aridez, por lo que los arroyos son de régimen intermitente; aspectos que no son condicionantes para ocasionar inundaciones. Se han producido en el poblado como inundaciones súbitas, debido a fenómenos meteorológicos, que ocasionan lluvias intensas y cuyos aspectos se retoman con más detalle en el apartado de resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo sigue la metodología del CENAPRED (CENAPRED, 2013; Ramos Radilla, 2006; Salas Salinas, 2011) para modelar los escenarios de peligro por inundaciones fluviales para diferentes periodos de retorno; lo cual consiste en determinar el peligro mediante la delimitación de inundaciones históricas e identificación del evento asociado a esta y la estimación de su periodo de retorno (CENAPRED, 2013).

Como plataforma de trabajo se empleó el sistema de información geográfica Arc-GIS ver. 10.2, apoyados con el programa Surfer versión 8 para la elaboración de figuras. Para las bases de datos de precipitación e incidencia de huracanes, así como elaboración de gráficos, se empleó la hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2010. El mapa base se elaboró con las cartas topográficas vectoriales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 1998, 2000): G12C37 (Ciudad Insurgentes) y G12C47 (Benito Juárez), escala 1:50,000; con cuya información a su vez se generó el modelo digital de elevación (MDE) con resolución de 15 m, con el cual se trazó el parteaguas de la cuenca del arroyo Insurgentes y se obtuvieron sus aspectos morfométricos y patrón de drenaje fluvial, tipificado de acuerdo con los órdenes de corrientes de Horton.

El trabajo de campo se efectuó del 9 al 14 de marzo y del 29 de junio al 4 de julio de 2015 y consistió en el reconocimiento de la cuenca y descripción de unidades geomorfológicas, apoyados con un GPS MobileMapper 6 de la marca Magellan; así como recolección de información de inundaciones históricas y bibliografía, con funcionarios del Municipio de Comondú, Protección Civil y pobladores de Ciudad Insurgentes, la cual se empleó para la delimitación de inundaciones históricas y para validar el modelaje realizado para los escenarios de peligro a inundaciones fluviales.

El análisis de precipitaciones se realizó con datos por día para los años comprendidos desde 1940 hasta 2012, de las estaciones meteorológicas que se muestran en la figura 3, cuya información fue proporcionada por la Subdirección de Asistencia Técnica Operativa de la Comisión Nacional del Agua, Baja California Sur. La incidencia de huracanes se obtuvo con la depuración de la base de datos de las estaciones meteorológicas antes referidas, reportadas como lluvias máximas y complementadas con información de la *National Oceanic Atmospheric*

Administration (NOAA, 2016). Con la base de datos de lluvias máximas y empleando el método Gumbel se estimaron las lluvias para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, corroboradas con los mapas de isoyetas de Ramos Radilla (2006). Los periodos de retorno y el método empleado para la elaboración de mapas de isoyetas fueron seleccionados con la finalidad de que los resultados del modelaje fueran compatibles con los de los Atlas de Riesgos Municipales y Estatales, según la metodología del CENAPRED (CENAPRED, 2013; Ramos Radilla, 2006; Salas Salinas, 2011).

Como parte de dicho método se empleó la información generada en los apartados de geomorfología, hidrología y precipitaciones e incidencia de huracanes; así como el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL del INEGI (2016b); de donde se obtuvo el coeficiente de escurrimiento de la cuenca y los cálculos de caudales del arroyo Insurgentes para los diferentes periodos de retorno estimados. Para el modelaje de escenarios de peligro se empleó el programa HEC-RAS (Hidrologic Engineering Centers River Analysis System), que permite realizar simulaciones hidráulicas unidimensionales.

Para el análisis del aumento poblacional se empleó información de los Censos de Población y Vivienda del (INEGI, 2016a), complementada con datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2015) y del Gobierno del estado de Baja California Sur (2015). El incremento del área urbana se analizó mediante la sobreposición de las áreas digitalizadas en fotografía aérea de Ciudad Insurgentes para el año de 1973, R-713 de la zona de vuelo 47A línea 3 de INEGI; para los años de 1978 y 1993 se emplearon las cartas topográficas escala 1:50,000, en formato raster de INEGI, G12C37 y G12C47 segunda edición de 1988 y 2000, elaboradas con fotografías aéreas de 1978 y 1993, respectivamente; para digitalizar el área urbana del año 2010 se emplearon las imágenes pancromáticas SPOT 559299 y 559300 y para el año 2015 se emplearon las cartas topográficas G12C37 y G12C47, escala 1:50,000, en formato vectorial de INEGI con actualización al año 2015.

RESULTADOS

Geomorfología

En la región de la cuenca donde se ubica Ciudad Insurgentes se distinguen dos unidades geomorfológicas: 1) Llanura aluvial y 2) franja costera (figura 2).

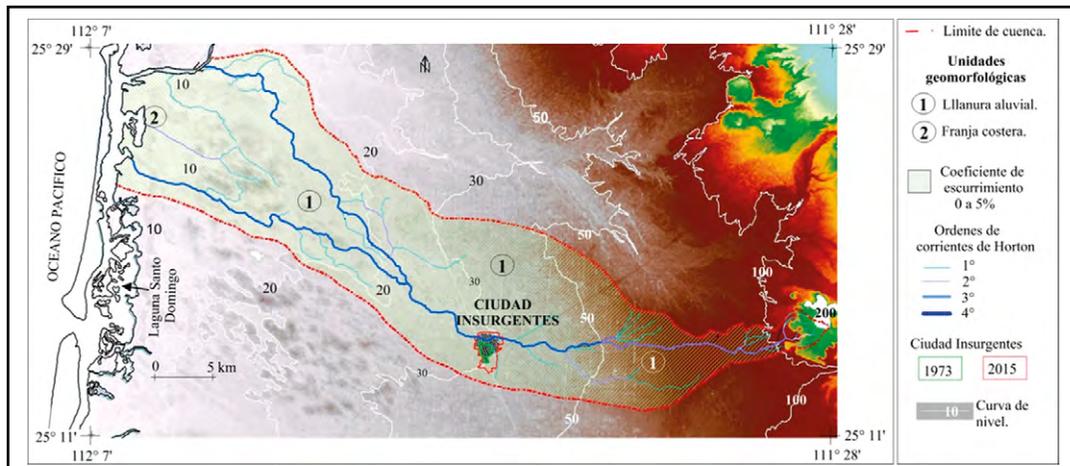


Figura 2. Modelo digital de elevación, unidades geomorfológicas e hidrografía de la cuenca del arroyo Insurgentes. Elaboración propia basada en cartas topográficas vectoriales del INEGI.

1) Llanura aluvial: integra prácticamente la totalidad del área de estudio, y se extiende de oeste a este desde la cota de los 200 m.s.n.m., en donde inicia la zona de bajada con lomeríos (ladera) de la sierra La Giganta, hasta la cota de los 10 m.s.n.m., en donde limita con la franja costera. Presenta una pendiente media de 0.3% (SIATL), que buza hacia el oeste y se integra por depósitos de aluvión derivados de la sierra La Giganta. Su relieve se ve interrumpido por el drenaje fluvial y el área urbana del poblado de Ciudad Insurgentes ubicado entre los 20 y 30 m.s.n.m., así como por un campo de paleodunas entre la cota de los 10 y 20 m.s.n.m., las cuales integran un paisaje de lomeríos con cimas redondeadas que no sobrepasan los 10 m de altura.

2) Franja costera: forma parte de la laguna costera Santo Domingo que mantiene comunicación con el Océano Pacífico. Esta unidad geomorfológica integra la desembocadura de la cuenca, con una extensión aproximada de 13.6 km. Su amplitud es variable entre 10 y 50 m, con pendiente suave desde la cota de los 10 m.s.n.m. hasta la línea de costa. Se integra por depósitos litorales Cuaternarios de playas arenosas, así como sedimentos limoarenosos en los pantanos de manglar.

Hidrología superficial

Dado el relieve plano que caracteriza a la unidad geomorfológica de la llanura aluvial, el parteaguas de la cuenca del arroyo Insurgentes, se traza como del piso del valle (García Gutiérrez, 2003; Lugo Hubp, 1989), lo cual se refleja en un escaso coeficiente de escurrimiento de 0 a 5%. La cuenca es de tipo exorreica, con un perímetro de 170 km y área de

632 km²; presenta forma de embudo alargado con dirección sureste-noroeste; su porción más angosta con 2 km se ubica aguas arriba alcanzando su mayor amplitud en su parte media con 13.8 km, que es en donde se ubica Ciudad Insurgentes y se reduce ligeramente hacia su desembocadura a 13.6 km (figura 2). De acuerdo con los órdenes de corrientes de Horton, la red hidrográfica es de cuarto orden, integrada por un drenaje dendrítico de escasa densidad y régimen intermitente; el cauce principal es el arroyo Insurgentes con 74 km de longitud, cuyo recorrido inicia en la zona de bajada de la sierra La Giganta a 200 m.s.n.m. (cabecera de la cuenca). En esta área se integra la mayor densidad de drenaje, que confluye formando un cauce de tercer orden, con un recorrido de 18.56 km hasta la altura de los 50 m.s.n.m.; a esta altura se integra un tributario de tercer orden, por lo que a partir de esta zona el cauce principal pasa a ser de cuarto orden, lo cual se conserva en el resto de su recorrido, que próximo a la cota de los 20 m.s.n.m. se bifurca en dos ramales que desembocan en la laguna Santo Domingo (figura 2).

De los aspectos físicos de la cuenca destacan su forma de embudo invertido y su escasa pendiente y densidad de drenaje, ya que de acuerdo con Gutiérrez Elorza (2008, p. 330) estos aspectos son importantes a considerar para el diagnóstico de inundaciones fluviales; ya que "una vez que la precipitación llega al suelo, la conversión del flujo dependerá de las características físicas de la cuenca". De acuerdo con los aspectos geomorfológicos e hidrográficos descritos podemos asumir que no son factores que durante lluvias intensas incrementen el riesgo de

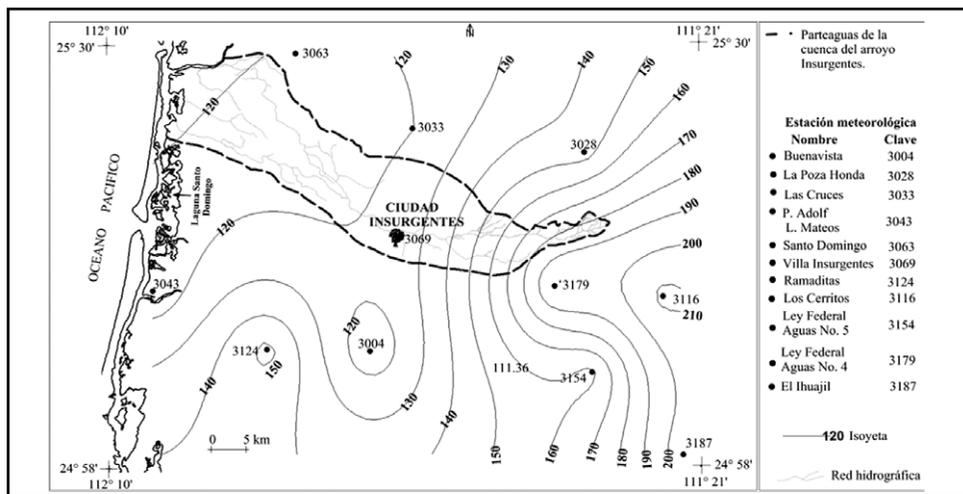


Figura 3. Ubicación de estaciones climatológicas e isoyetas de precipitación media anual de la cuenca del arroyo Insurgentes. Elaboración propia con datos de la Subdirección de Asistencia Técnica Operativa de la Comisión Nacional del Agua Baja California Sur, México.

inundaciones en el poblado de Ciudad Insurgentes; como lo son en cuencas como la de San José del Cabo (figura 1), integrada por rocas impermeables, pendientes pronunciadas y forma de embudo, que condiciona una amplia área de captación de lluvia en su cabecera con alta densidad de drenaje, cuyo escurrimiento se reduce hacia su desembocadura en un cauce de sexto orden; aspectos asociados a la cuenca que durante lluvias intensas incrementan de manera natural el riesgo de inundaciones fluviales en el poblado de San José del Cabo (Chávez López & Mendoza Albañez, 2016).

Precipitaciones e incidencia de huracanes

En la figura 3 se muestra la distribución de las estaciones climatológicas ubicadas en la cuenca y periferia del arroyo Insurgentes, así como las isoyetas de precipitación media anual. En esta se observa que los valores con precipitación promedio anual superior a los 190 mm se registran hacia la parte alta de la cuenca, asociados a la zona de bajada de la sierra La Giganta. Ello denota la influencia del gradiente altimétrico de la sierra en la distribución espacial de precipitación, ya que esta se reduce gradualmente conforme se desciende en elevación hacia la franja costera a 120 mm. El área de Ciudad Insurgentes se encuentra en el rango de las isoyetas de 120 a 130 mm de precipitación media anual.

La variación de precipitación interanual en la región de la cuenca distinguen a los meses de noviembre a febrero como lluvias de invierno, con precipitaciones que no superan los 20 mm; de marzo

a junio, la época de estiaje y de julio a octubre los meses más lluviosos pero sin superar en la mayoría de las estaciones los 75 mm de precipitación. A este último periodo se encuentra asociada la mayor probabilidad de incidencia de huracanes, con énfasis en los meses de agosto y septiembre.

De acuerdo con la revisión de la base de datos de fenómenos hidrometeorológicos, se encontró que en el periodo comprendido desde 1949 hasta 2015, pasaron en un radio de 250 km a partir de la cuenca del arroyo Insurgentes 52 huracanes (figura 4), promediando 0.8 huracanes por año; lo que ubica

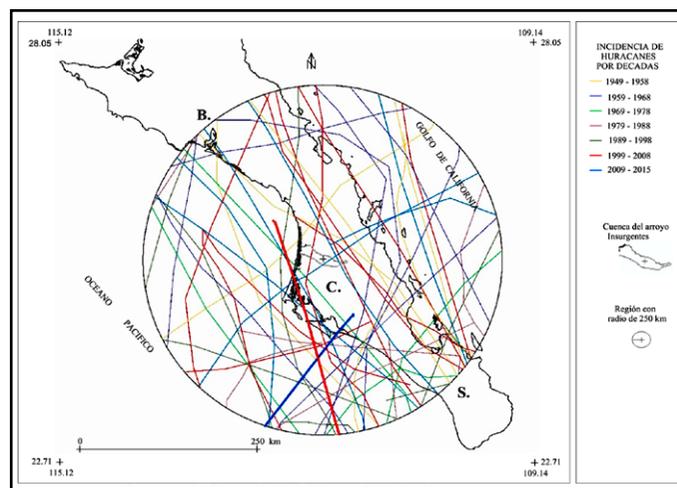


Figura 4. Trayectoria de huracanes que pasaron en un radio de 250 km a partir de la cuenca del arroyo Insurgentes. Se ordenan en periodos de 10 años y se destacan con línea gruesa en color azul la trayectoria del huracán Norbert en 2008 y en rojo el huracán Jimena en 2009. Elaboración propia.

al área de estudio en una región de alta incidencia a huracanes, en donde estos se convierten en la amenaza principal que condiciona el riesgo a inundaciones.

Incremento del área urbana e inundaciones

En la figura 5 se muestra la situación que Ciudad Insurgentes presentaba en el año de 1973, la cual se asume como respuesta a la demanda de vivienda, por el aumento poblacional desde su fundación en 1953, con un grupo de 80 personas, la cual pasó a 2,473 habitantes en el año de 1970, cuando el poblado apenas cubría una superficie de 1 km². De la figura 5 hay que resaltar que el poblado se encontraba a 0.3 km al sur del arroyo Insurgentes y limitando al oeste con uno de sus tributarios de primer orden, que se origina en la llanura aluvial con un recorrido en dirección sureste-noroeste de 3.6 km. También hay que destacar que entre los años de 1953 y 1973, en el radio de 250 km a partir de la cuenca del arroyo Insurgentes (figura 4), pasaron 15 huracanes sin que ninguno de ellos ocasionara inundaciones en el poblado.

En la tabla 1 se resume información del aumento poblacional e incremento del área urbana de Ciudad Insurgentes (AU) y en la figura 6 se muestra su distribución espacial. El efecto que dicho incremento ha tenido en el entorno geomorfológico de la cuenca se evidencia al comparar las figuras 5 y 6. En esta última figura y teniendo como referencia el polígono que ocupaba el poblado en el año de 1973, se observa que la tendencia de incremento de

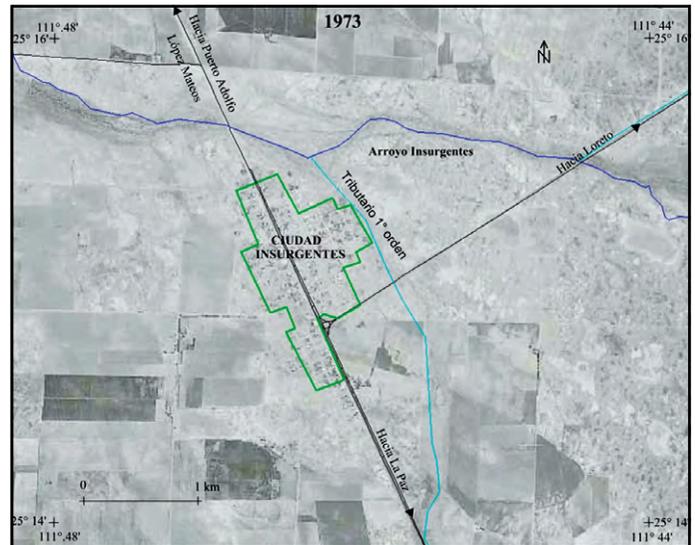


Figura 5. Fotografía aérea del área que ocupaba el poblado de Ciudad Insurgentes en el año de 1973. Imagen basada en datos de R-713 de la zona de vuelo 47A línea 3 del INEGI.

la mancha urbana hasta el año 2015, se ha dado en su mayor parte hacia el norte y noreste, invadiendo los cauces del arroyo Insurgentes y el de su tributario de primer orden, por lo que actualmente parte de los cauces de dichos arroyos quedan inmersos en el poblado. Es en esta situación de incremento del área urbana que se presentan los primeros antecedentes de inundaciones en octubre de 2008, al paso del huracán Norbert y septiembre de 2009 por Jimena, que en un lapso de 24 h dejaron en la estación meteorológica Villa Insurgentes (3069) un registro de 59 y 69 mm de precipitación, respectivamente, superiores a los promedios anuales, lo cual causó el desbordamiento del arroyo Insurgentes.

Según el Sistema de Alcantarillado y Planta de Tratamiento del H. XIII Ayuntamiento de Comondú (2010), el polígono en color azul de la figura 6 indica el área del poblado más afectada por las inundaciones ocurridas al paso de los huracanes antes referidos.

Los habitantes de Ciudad Insurgentes refieren que de los huracanes ocurridos hasta el año 2015, el Jimena en el año 2009 es el que más daños ha causado a viviendas, negocios y servicios públicos, así como pérdidas en la producción agrícola, la cual según el CENAPRED (2009) se estimó en un monto aproximado de 150 millones de pesos.

Tabla 1
Aumento poblacional e incremento de la mancha urbana en Ciudad Insurgentes de 1953 a 2015

Año	Población	AU (km ²)
1953	80	
1960	510	
1970	2473	
1973		1.0
1977	7466	
1978		1.7
1990	8463	
1993		3.6
2000	7654	
2010	8741	4.5
2015	10767	5.6

Nota: Elaboración propia.

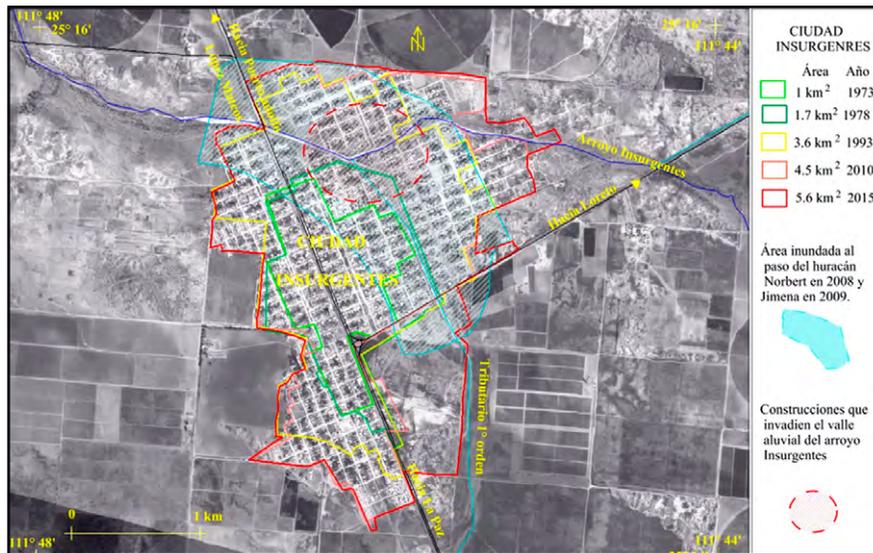


Figura 6. Incremento de la mancha urbana de Ciudad Insurgentes. Elaboración propia con base en datos de R-713 de la zona de vuelo 47A línea 3 de INEGI, cartas topográficas vectoriales de INEGI (1988, 2000) y actualizadas a 2015, y en fotografías satelitales SPOT 559299 y 559300.

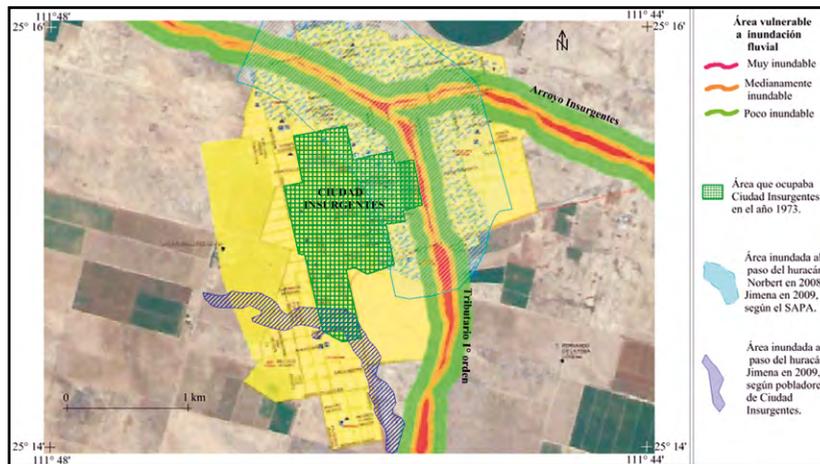


Figura 7. Áreas vulnerables a inundaciones fluviales en Ciudad Insurgentes; el color rojo representa el área muy inundable que corresponde al cauce de los arroyos y el color naranja y verde áreas de mediana a poco inundable, respectivamente, las cuales corresponden a los valles aluviales de los arroyos. Imagen tomada y modificada del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Comondú, Baja California Sur, 2011.

Ante dichos problemas de inundaciones es que la Dirección Municipal de Protección Civil del H. XIV Ayuntamiento de Comondú (2011), en un primer intento de elaboración del Atlas de Riesgos Naturales, presenta un mapa de áreas vulnerables a inundaciones fluviales, el cual se muestra en la figura 7. En esta figura se sobrepone un polígono trazado con información registrada con pobladores de Ciudad Insurgentes; quienes refieren que colonias como La Laguna, aun cuando se encuentra retirada de los arroyos, presentó problemas de inundación durante

el huracán Jimena, debido a las modificaciones hechas en el terreno durante la construcción de nuevos asentamientos.

De esta información destaca que el problema de inundaciones en Ciudad Insurgentes se presenta como efecto de la poca o nula planificación y ordenamiento de la mancha urbana, por lo que la actividad humana ha cobrado importancia como factor de riesgo inducido que condiciona el problema de estos fenómenos en el poblado (figuras 2 y 6).

Escenarios de peligro a inundación

En la tabla 2 se resumen los resultados del modelado de escenarios de inundación fluvial y en la figura 8 (a) los datos de precipitación registrados en las estaciones climatológicas ubicadas en la periferia y

cuenca del arroyo Insurgentes, durante el huracán Jimena en septiembre de 2009, cuya precipitación acumulada alcanzó valores superiores a los 100 mm, similar al de las isoyetas calculadas para un periodo de retorno de 10 años (figura 8 [b]).

Tabla 2
Resumen de resultados del modelado de escenarios de inundación fluvial en Ciudad Insurgentes: 1 Arroyo Insurgentes, 2 Tributario 1° orden

Periodo (Tr)	Precip. (mm/24h) 1	Precip. (mm/24h) 2	Caudal (Q) (m³/s) 1	Caudal (Q) (m³/s) 2	Área inund. (km²) 1	Área inund. (km²) 2	Área total (km²)
2	40	40	16.45	2.76	0.69	0.59	1.28
5	83	70	34.17	4.83	0.81	0.60	1.41
10	112	100	46.12	6.9	0.84	0.60	1.44
25	148	130	60.93	8.98	0.84	0.61	1.45
50	174	150	72.06	10.36	0.85	0.61	1.46
100	201	180	82.78	12.43	0.86	0.61	1.48
200	227	200	93.87	13.81	0.87	0.61	1.49
500	262	230	108.32	15.89	0.89	0.62	1.51
1000	289	260	119	17.96	0.89	0.62	1.51

Nota: Elaboración propia.

En la figura 9 se muestra la simulación de inundación fluvial para el periodo de retorno de 10 años, y se sobreponen las áreas que ocupaban Ciudad Insurgentes en 1973 y en 2015, así como el polígono que destaca el área que según el H. XIII Ayuntamiento de Comondú (2010) fue afectada por la inundación durante los huracanes Norbert y Jimena. En este escenario de inundación la crecida de corriente en el arroyo Insurgentes y su tributario de primer orden superan por 0.4 m el cauce de los arroyos, generando un área inundable total de 1.44 km², con un ancho promedio de afectación de 200 m, lo cual representa por lo menos una cuadra de distancia hacia ambos extremos de los cauces de los arroyos. En este contexto las calles en Ciudad Insurgentes, a falta de drenaje pluvial, se incorporan como parte del entorno geomorfológico, formando una intrincada red de drenaje fluvial en donde el agua corre por las calles y las edificaciones actúan como diques, retardando el flujo y la salida de agua hacia la parte baja de la cuenca, inundando así gran parte del poblado.

Los resultados del modelaje para los escenarios de inundación fluvial de los periodos de retorno de 2, 5, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años vistos en

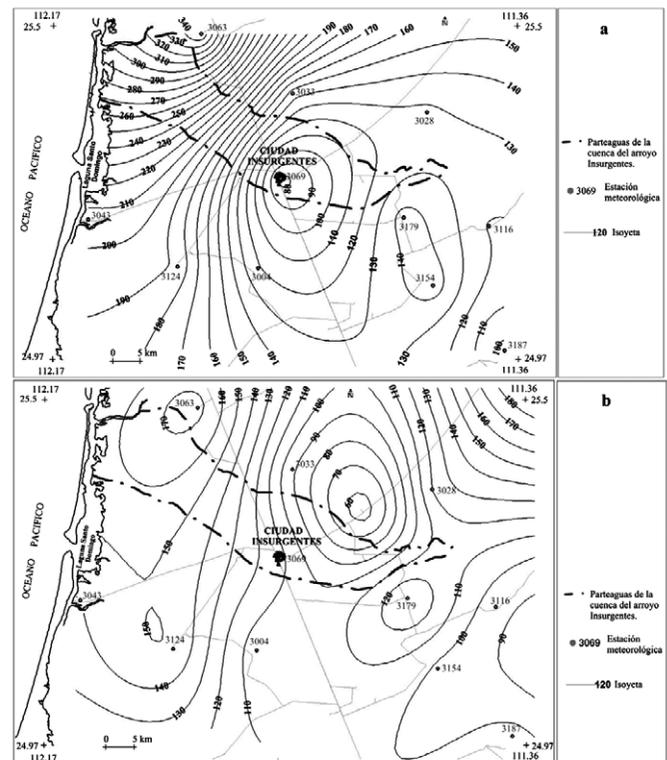


Figura 8. a) Isoyetas del registro de precipitación durante el huracán Jimena en septiembre de 2009; b) Isoyetas calculadas empleando el método Gumbel para un periodo de retorno de 10 años. Elaboración propia.

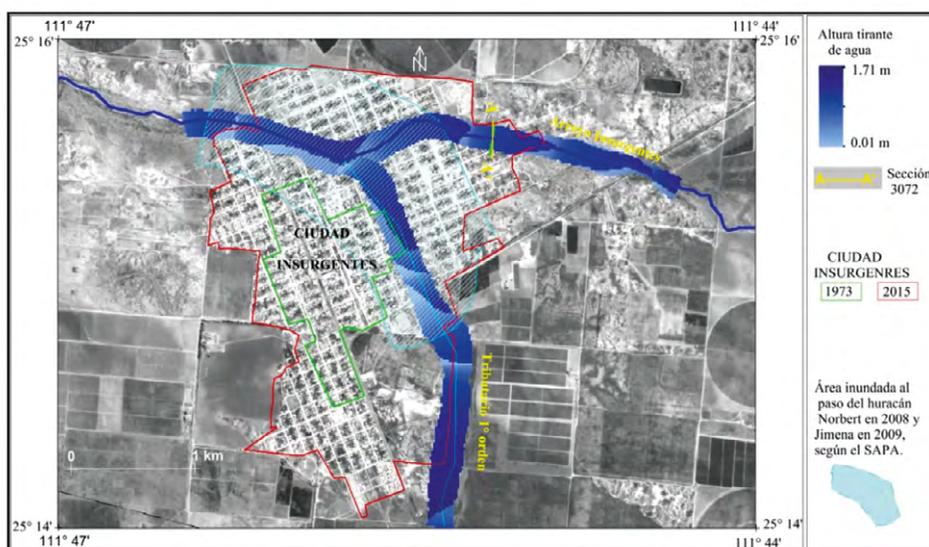


Figura 9. Escenario de inundación fluvial en Ciudad Insurgentes para lluvias estimadas con un periodo de retorno de 10 años.

Elaboración propia basada en R73 de la zona de vuelo 47A línea 3 y en cartas topográficas vectoriales del INEGI.

planta, son muy similares al de 10 años, por lo que para destacar las diferencias de los tirantes de agua generados en los periodos de retorno analizados se emplean los perfiles de la figura 10, cuya ubicación en planta se muestra en la figura 9 como sección 3072 del programa HEC-RAS y en la tabla 3 se resume su información. Cabe mencionar que el tirante de agua y la velocidad que se muestra en los perfiles de la figura 10 varían a lo largo del cauce.

Tabla 3
Resumen de la información de los perfiles de la figura 11, obtenida de la modelación de escenarios de inundación fluvial en Ciudad Insurgentes para diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno (Tr)	Profundidad del cauce (m)	Tirante de agua (m)	Vel. Mínima de caudal (m/s)	Vel. Máxima de caudal (m/s)
2	1	0.90	0.2	0.8
5	1	1.25	0.4	1.0
10	1	1.45	0.6	1.2
25	1	1.60	0.4	1.2
50	1	1.75	0.6	1.4
100	1	1.85	0.6	1.4
200	1	1.95	0.6	1.4
500	1	2.10	0.8	1.6
1000	1	2.20	0.6	1.6

Nota: Elaboración propia.

La información de las tablas 2 y 3 y de las figuras 9 y 10 brindan una idea rápida de los posibles escenarios de inundaciones fluviales en Ciudad Insurgentes, como efecto de lluvias esperadas para los periodos de retorno analizados, lo cual se describe como sigue:

La lluvia esperada para un periodo de retorno de 2 años es de 40 mm/24h (tabla 2), con lo cual se genera un caudal de 16.5 m³/s y un área inundable total de 1.28 km², con un tirante de agua de 0.90 m, en la zona de la sección 3072 (tabla 3, figura 9), por lo que no supera la altura del cauce del arroyo (figura 10 [a]) y la corriente generada fluye sin desbordar el cauce; sin embargo, en aguas abajo donde el canal del arroyo se amplía actualmente se encuentran construcciones invadiendo el valle aluvial, situación que se destaca en el polígono de color rojo de la figura 6, por lo que aun con un tirante de agua reducido dicha situación para los habitantes de esa zona ya representa un problema de inundación. Con lluvias de 83 mm, esperadas para un periodo de retorno de 5 años, el área total inundable aumenta a 1.41 km², así como el tirante de agua a 1.25 m (figura 10 [b]), por lo que su valle aluvial es desbordado con un espejo de agua de 0.25 m, lo que afecta al poblado; tal como ocurrió en la inundación del año 2008 durante las lluvias ocasionadas por el huracán Norbert (figura 11 [a]).

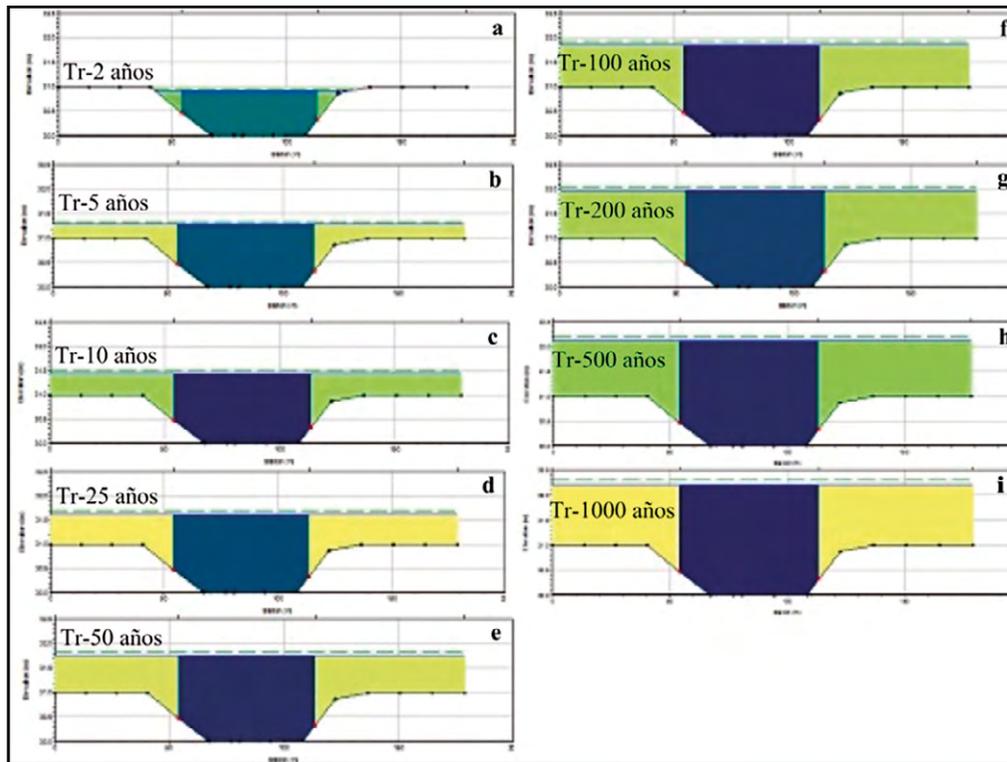


Figura 10. Perfiles de la sección 3072, para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años; su ubicación en planta se muestra en la figura 10. En el eje de las abscisas se indica la amplitud del cauce o canal (80 m) y del valle aluvial (50 m a cada lado) y en el de las ordenadas la profundidad del canal (1m), firante de agua y la altura del espejo de agua que desborda del cauce del arroyo hacia su valle aluvial (zona de influencia). Los colores indican la distribución de velocidad del agua. Se indican las máximas velocidades con las tonalidades más intensas. Elaboración propia.

Para lluvias asociadas a un periodo de retorno de 10 años, descritas anteriormente como similares a las del huracán Jimena en 2009 (figura 9) y de acuerdo con la información de la sección 10c, el tirante de agua es de 1.45 m (tabla 3), por lo que su valle aluvial es inundado con un espejo de agua de 0.45 m, consistente con la información colectada con habitantes de Ciudad Insurgentes, quienes refieren al huracán Jimena como el que mayores daños económicos ha causado (figura 11 [b]). Considerando esto con la información de las tablas 2 y 3, así como la de las figuras 9 y 10, sería de esperar que ante lluvias asociadas a periodos de retorno de 25 y 50 años, las pérdidas económicas en el poblado aumentarían considerablemente (figuras 10 [d] y [e]) y ante escenarios por inundaciones fluviales para periodos de retorno de 100, 200, 500 y 1000 años, adquirirían dimensiones de desastres (figuras 10 [f], [g], [h], [i]). Para validar los resultados del modelaje unidimensional los autores del presente trabajo retomaron la información de la figura 9, consistente

con la de áreas vulnerables a inundaciones fluviales en Ciudad Insurgentes del Atlas de Riesgos Naturales de Comondú, que se muestra en la figura 7.

De igual manera y siguiendo la metodología del CENAPRED (CENAPRED, 2013; Ramos Radilla, 2006; Salas Salinas, 2011) se emplea para validar el modelaje la información colectada en campo, con habitantes de Ciudad Insurgentes, quienes proporcionaron evidencias fotográficas como las que se muestran en la figura 11 (a) para el huracán Norbert en 2008 y figura 11 (b), para el huracán Jimena en 2009, cuya inundación fue generada por un espejo de agua de 0.25 m y 0.45 m, equivalentes al modelaje para periodos de retorno de 5 y 10 años, respectivamente (figura 10 [b] y [c]). Es posible asumir que el modelaje efectuado brinda una buena aproximación de los posibles escenarios de inundación esperados, según la estimación de los periodos de retorno para lluvias intensas.



Figura 11. a) Inundación de Ciudad Insurgentes por lluvias intensas al paso del huracán Norbert en octubre de 2008. El espejo de agua que se observa posterior al paso del huracán es de entre 0.20 y 0.25 m; b) Bulevar Emiliano Zapata inhabilitado por la inundación provocada por el desbordamiento del arroyo Insurgentes debido a las lluvias intensas al paso del huracán Jimena en septiembre de 2009. El espejo de agua que se observa posterior al paso del huracán es de entre 0.40 y 0.50 m. Fotografías proporcionadas por Rubén González González.

DISCUSIÓN

Con la evolución de los medios de comunicación, que permiten enterarse en tiempo real de lo que ocurre al otro lado del mundo, se ha creado una percepción generalizada en el aumento de desastres. De acuerdo con Wijkman y Timberlake (1985, p.31),

aun cuando las fuerzas naturales desempeñan un papel importante en la iniciación de multitud de desastres, ya no deben seguir considerándose como la causa principal de los mismos. Tres parecen ser las causas fundamentales que dominan los procesos de desastre en el mundo en desarrollo, que es, precisamente, donde su incidencia es mayor:

- 1) La vulnerabilidad humana, resultante de la pobreza y la desigualdad
- 2) La degradación ambiental resultante del abuso de las tierras
- 3) El rápido crecimiento demográfico

El riesgo de desastres puede asumirse como la suma de los procesos de origen humano que interactúan con una amplia gama de procesos naturales (Chávez López, 2017). De acuerdo con el análisis y descripción de los aspectos geomorfológicos y del patrón fluvial de la cuenca del arroyo Insurgentes, el problema de inundaciones en el poblado se presenta a partir del año 2008, cuando se registra un incremento demográfico y con este del área urbana, que invade los cauces del arroyo Insurgentes y el

de su tributario de primer orden. Ello puede referirse como degradación ambiental, resultante del abuso de las tierras, que se acentúa con la deforestación de terrenos para la actividad agrícola. La actividad humana se incorpora como factor inducido (antrópico), en el entorno geomorfológico de la cuenca, que se refleja como pérdida de área de escurrimiento. Ante eventos de lluvias extraordinarias asociadas generalmente a la incidencia aleatoria de fenómenos meteorológicos se ha ido incrementando la vulnerabilidad de los habitantes de Ciudad Insurgentes a los efectos causados por las inundaciones.

Situaciones parecidas se presentan en las principales ciudades del estado de Baja California Sur; sin embargo, la información publicada es escasa, como la referente al poblado de San José del Cabo, en donde el entorno geomorfológico de la parte baja de su cuenca ha sido modificado por la actividad turística (Chávez López & Mendoza Albañez, 2016) y la publicada por Wurl, Martínez García e Imaz Lamadrid (2014), para el oasis La Purísima, en donde el poblado del mismo nombre se encuentra en una cañada. En ambos casos las inundaciones se presentan como pérdida de área de escurrimiento debido al incremento del área urbana, en donde el factor común son los cambios indiscriminados de uso del suelo, asentamientos irregulares (invasiones) en zonas consideradas de alto riesgo y la indiferencia de los gobiernos, tanto municipal, como estatal y federal, ante estas situaciones, hasta que ocurre un desastre. También es de destacar el hecho de que aun con la tendencia del llamado *desarrollo sustentable*, se continúa con la

filosofía de adaptar el medio ambiente a nuestras necesidades e intereses; aspectos que no son privativos del estado de Baja California Sur, ya que situaciones muy parecidas se presentan en todo México y en los países de economías emergentes.

Si bien el presente trabajo no tiene el alcance de uno de gestión de riesgos (multidisciplinario), el diagnóstico de los aspectos físico-ambientales de la cuenca, identificación de amenazas (frecuencia, magnitud, intensidad) y elaboración de escenarios de peligro, son aspectos básicos para la gestión no sólo de riesgo, ya que la información generada es de utilidad para los programas de planeación y ordenamiento territorial.

CONCLUSIONES

Se encontró que los aspectos geomorfológicos y morfométricos de la cuenca del arroyo Insurgentes, así como su aspecto climático, que se refleja en la aridez de la región, no son factores que incrementen el riesgo a inundaciones en el poblado de Ciudad Insurgentes. Los problemas de inundaciones se presentan asociados a lluvias intensas ocasionadas por fenómenos meteorológicos y por el incremento del área urbana que invade los cauces del arroyo Insurgentes. Esto último refleja la falta de planeación y ordenamiento en el incremento de su área urbana,

por lo que el peligro de inundaciones en Ciudad Insurgentes debe considerarse como un riesgo inducido por la actividad humana.

Puesto que la construcción de los posibles escenarios de peligro por inundaciones se asume como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino sobre el medio natural y humano en su área de influencia, encontramos que el área inundable, para un periodo de retorno de 1000 años, puede llegar a incrementarse en 94% con respecto al periodo de retorno de 10 años. El poblado de Ciudad Insurgentes puede alcanzar situaciones críticas de inundaciones.

Por la ubicación geográfica de Ciudad Insurgentes, es evidente que no se puede eliminar el riesgo de inundaciones, pero sí reducir sus efectos planificando el incremento de su área urbana. Es fundamental para los gobiernos estatal y municipal un proceso de toma de decisiones frente a la incertidumbre que genera la condición aleatoria de los fenómenos meteorológicos, considerando los periodos de retorno de 100, 200, 500 y 1000 años, como la probabilidad de ocurrencia de lluvias máximas esperadas, para el diseño de obras de protección con un buen margen de confiabilidad y reducir el riesgo de inundaciones que garantice la integridad de la población.

REFERENCIAS

- Arriaga, L., Coria, R., & Bastida-Zavala, R. (Eds.). (1992). *La Sierra de La Laguna, Fundamentos para apoyar la creación de una Reserva de la Biósfera*. Publicación No. 7. La Paz, B. C. S., México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2009). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República mexicana en el año 2008* [Ficha bibliográfica, índice y pdf descargable]. Recuperado de <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc17830/doc17830-contenido.pdf>
- _____ (2013). *Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos Versión 2013* [Listado]. Distrito Federal, México: Autor.
- Chávez López, S. (2017). ¿Cuándo empezamos a definir y conceptualizar el riesgo? *Recursos Naturales y Sociedad*, 3(1), 19-27. Recuperado de <https://www.cibnor.gob.mx/revista-rns/pdfs/vol3num1/RE-a17completo.pdf>
- Chávez López, S., & Mendoza Albañez, A. (2016). Aspectos geomorfológicos e hidrográficos de la cuenca de San José del Cabo, Baja California Sur, México, como factor de riesgo a inundaciones. *Áreas Naturales Protegidas SCRIPTA*, 2(2), 103-126.
- Comisión Nacional del Agua. (20 de abril de 2015). Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Santo Domingo estado de Baja California Sur, México. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102796/DR_0306.pdf
- García Gutiérrez, L. M. (2003). *Glosario de términos geológicos*. Pachuca, México: Consejo de Recursos Minerales y Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgias y Geólogos de México, A. C.
- Gobierno del estado de Baja California Sur. (2015). *Baja California Sur Información Estratégica* [Documento informativo]. Recuperado de <http://www.spyde.bcs.gob.mx/files/die/2015/EstrategicoBCSJulio2015.pdf>

- Gutiérrez Elorza, M. (2008). *Geomorfología*. España: Prentice Hall.
- H. XIII Ayuntamiento de Comondú. (2010). *Estudio para la recuperación del Acuífero del Valle de Santo Domingo*. Baja California Sur, México: Municipium.
- H. XIV Ayuntamiento de Comondú. (2011). *Atlas de Riesgos Naturales de Comondú, Baja California Sur*. México: Municipium.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1988, 2000). Cartas topográficas vectoriales escala 1:50 000. G12C37 Ciudad Insurgentes con fotografía aérea de 1978 y G12C47 Benito Juárez con fotografía aérea de 1993 [Imágenes]. México: Autor.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1996). *Estudio Hidrológico del estado de Baja California Sur*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016a). *Censos y Censos de Población y Vivienda*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016b). *Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas SIATL* [Aplicación operable]. Recuperado de http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (1987). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. 1987-1988. Estado de Baja California Sur. Comondú* [Ficha informativa]. Recuperado de <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM03bajacaliforniasur/municipios/03001a.html>
- López Ramos, E. (1979). *Geología de México. Tomo II* (2ª. ed.). Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lugo Hubp, J. (1989). *Diccionario geomorfológico*. Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- National Oceanic Atmospheric Administration. (2016). *Archives, Other archives: HURDAT, track maps, marine products and more* [Base de datos]. Recuperado de <http://www.nhc.noaa.gov/data/>
- Ramos Radilla, V. (Coord.). (2006). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: Fenómenos hidrometeorológicos. En serie *Atlas Nacional de Riesgos*. México: CENAPRED. Recuperado de <http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/375/1/images/fh.pdf>
- Salas Salinas, M. E. (2011). Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas. En serie *Atlas Nacional de Riesgos*. México: CENAPRED. Recuperado de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/203.pdf>
- Silva Machorro, C. (1978). *Unidades del suelo: Interpretadas para su uso en ingeniería civil y aprovechadas por el campesino en usos agropecuarios*. (2ª. ed.). México: Continental.
- Troyo-Diéguez, E., Cruz-Falcón, A., Norzagaray-Campos, M., Beltrán-Morales, L. F., Murillo-Amador, B., Beltrán-Morales, F. A., ..., Valdez-Cepeda, R. D. (2010). Agotamiento hidro-agrícola a partir de la Revolución Verde: Extracción de agua y gestión de la tecnología de riego en Baja California Sur, México. *Estudios Sociales*, 18(36), 179-201.
- Wijkman, A., & Timberlake, L. (1985). *Desastres naturales ¿Fuerza mayor u obra del hombre?* Washington, DC: Instituto Internacional por el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- Wurl, J., Martínez García, C. N., & Imaz Lamadrid, M. A. (2014). Caracterización del peligro por inundaciones en el oasis La Purísima, Baja California Sur, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 87, 76-87. doi: 10.14350/rig.41858

Mar de fondo: Propuesta para mitigar inundaciones en la calle Juan Serrano de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México

Ground swell: Proposal to mitigate flooding on Juan Serrano Street in Acapulco city, Guerrero, Mexico

Cynthia I. Jaimes Tenorio*✉, Esteban R. Guinto Herrera*, Roberto Arroyo Matus*

Jaimes Tenorio, C. I., Guinto Herrera, E. R., & Arroyo Matus, R. (2017). Mar de fondo: Propuesta para mitigar inundaciones en la calle Juan Serrano de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 75-81.

RESUMEN

Se comenta el problema de inundación de la calle Juan Serrano y parte de la Av. Costera Miguel Alemán de la ciudad de Acapulco, Guerrero, causado por el fenómeno *mar de fondo*. Se explica cómo se ha presentado el fenómeno antes referido, así como los efectos y la alteración de la circulación del tránsito vehicular sobre la Av. Costera Miguel Alemán. A partir de un análisis cualitativo de la problemática y topografía del sitio, se presenta una propuesta para mitigar las inundaciones de la zona antes mencionada, causadas por el fenómeno referido.

ABSTRACT

The flooding problem on Juan Serrano Street and part of Costera Miguel Alemán Avenue in Acapulco city, caused by ground swell phenomenon, is discussed. The way in which the phenomenon has occurred, as well as the effects and the alteration of the movement of traffic in Costera Miguel Alemán Avenue, are explained. A proposal to mitigate the flooding of the above mentioned area, caused by

the ground swell phenomenon, is presented. The proposal is based on a qualitative analysis of the actual situation of the problem and topography.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en la ciudad de Acapulco se han observado inundaciones en diferentes avenidas de la ciudad, por lluvias con precipitaciones a partir de los 100 mm, según la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2015). La calle Juan Serrano y una porción de la Av. Costera Miguel Alemán a menudo son inundadas bajo estas lluvias (comunicación personal con el coordinador de Protección Civil y Bomberos de Acapulco de Juárez, Guerrero) y en presencia del fenómeno *mar de fondo*, definido como el movimiento de las olas que se propaga fuera de la zona donde se ha generado, pudiendo llegar a lugares muy alejados (Mandujano, 2006). Las acciones llevadas a cabo por autoridades, como el uso de retroexcavadoras para abrir un canal sobre la playa y bombas de agua tipo Vactor, con el fin de regresar al mar parte del agua que salió del mismo, también el retiro de arena, basura y automóviles acarreados por las olas o por corrientes de aguas pluviales, y el desazolve de alcantarillas, han sido encaminadas a solucionar el problema, pero no a las causas.

La zona en estudio se ubica en las calles antes mencionadas, entre el hotel Playa Suites y el hotel Emporio. Esta zona, desde el año 2008, de manera marcada viene exhibiendo el fenómeno tratado, el cual se presenta en varias ocasiones durante la temporada de lluvias que inicia en el mes de mayo y termina en el mes de noviembre de cada año. El fenómeno genera un incremento del nivel del mar

Palabras clave: inundación; mar de fondo; mitigación; ciudad de Acapulco.

Keywords: flooding; ground swell; mitigation; Acapulco city.

Recibido: 15 de noviembre de 2016, aceptado: 18 de septiembre de 2017

* Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas s/n, Col. La Haciendita, C. P. 39090, Chilpancingo, Guerrero, México. Correo electrónico: c.jaimes@hotmail.com; rguinto2002@yahoo.com.mx; arroyomatus@hotmail.com

✉ Autor para correspondencia



Figura 1. Ubicación de la zona en estudio.
Imagen modificada de Google Maps 2015.

provocando la entrada de agua en las calles ya citadas. Al momento del estudio se pudo observar que los niveles de desplante de los hoteles Playa Suites y Emporio están 2.00 m por arriba del nivel que alcanza el mar, lo que ayuda a que no se inundan.

En este trabajo se presenta una propuesta para mitigar las inundaciones en la zona de estudio, causadas por el fenómeno mar de fondo. Cabe mencionar que hasta antes del estudio no se tiene registro alguno de soluciones o propuestas de solución al problema similares a la que aquí se presenta.

Antecedentes

El área urbana de la ciudad de Acapulco, Guerrero, ha tenido un crecimiento caótico (Carrascal & Pérez Villegas, 1998); sin embargo, la fisonomía original de la bahía de Acapulco e infraestructura turística, a lo largo de su historia ha sido modificada para dar una buena imagen y atender a los turistas (SECTUR, ANIDE, CESTUR, & Conacyt, 2013), la construcción de la zona hotelera del lado de la franja de playa es un caso de ello; aunado a esta alteración, se ha presentado un incremento en el número de habitantes del municipio de Acapulco (INEGI, 2010), originando con esto más desechos, como basura y –en ocasiones– escombros, que en tiempos de lluvia son arrastrados a la bahía.

Debido al cambio climático en la Tierra, los fenómenos meteorológicos se presentan con mayor severidad (Coumou & Rahmstorf, 2012). Los efectos

del fenómeno mar de fondo generan problemas para la circulación de los ciudadanos, poniendo en peligro su integridad física. Del mismo modo afecta al tránsito vehicular sobre la Av. Costera Miguel Alemán y a los autos que estacionan en la calle Juan Serrano. Cotidianamente esta calle se usa como estacionamiento público; sin embargo, cuando el fenómeno estudiado se presenta, las marejadas se incrementan y el nivel del agua de mar sube, inundando las calles ya referidas. Las inundaciones en esa zona también ocurren cuando se presentan lluvias moderadas o fuertes. Los vehículos estacionados en la calle son cubiertos por el agua y/o arrastrados hacia el mar, causando con ello pérdidas económicas considerables a sus propietarios.

En la figura 1 se muestra la bahía de Acapulco; el círculo rojo indica la ubicación de la zona en estudio. Las figuras 2 y 3 muestran algunos de los efectos y escenarios que se presentan durante las inundaciones ocasionadas por el mar de fondo en las calles referidas con antelación. En la figura 2 (a) puede observarse una inundación de la calle Juan Serrano debido al fenómeno varias veces mencionado; se observan autobuses y un automóvil atrapados, los cuales se encontraban estacionados sobre esta vialidad antes del evento. En la figura 2 (b) se observa otra inundación de la misma calle, donde el mar salió a unos 200 m desde la pleamar; al fondo de la imagen puede verse parte de la bahía de Acapulco. En la figura 3 se muestra una inundación en la Av. Costera Miguel Alemán; en ella pueden



Figura 2. Inundación de la calle Juan Serrano por el fenómeno mar de fondo.
a) Fotografía de Sánchez (2014), b) Fotografía de Trujillo (2014).



Figura 3. Inundación de Av. Costera Miguel Alemán por lluvias.
Fotografía de staff de redacción periódico *Libertad* (2013).

observarse dificultades para el tránsito vehicular y peatonal.

Cada año el fenómeno hace que el oleaje del mar arroje arena, incrementando su cota en 1.87 m y haciendo que el agua de mar se desborde hacia las calles de la zona en estudio, a una altura máxima de 1.00 m sobre el nivel de la Av. Costera Miguel Alemán (figura 4).

Durante el huracán Paulina, en 1997, el indicador de inundación por marea de tormenta (IIMT) en la ciudad de Acapulco, determinado a partir de la máxima amplitud de marea de tormenta registrada, fue de 5.24 m (Zepeda Ramos & Sánchez Pérez, 2001). Las áreas más vulnerables a inundaciones por marea de tormenta son la playa Icacos, la desembocadura del río Costa Azul y la zona de la playa Papagayo, frente a las desembocaduras del río Camarón y Grande, sitios donde se tiene una topografía muy baja (SECTUR et al., 2013).

La bahía de Acapulco, debido a su geomorfología (cerrada con puntas que protegen sus flancos del canal de acceso por el sur), únicamente acepta oleaje del sector sur; estos oleajes entran de manera franca a la bahía, pero sufren refracción, lo que genera disminución de su energía (SECTUR et al., 2013). La ciudad de Acapulco tiene una topografía tipo anfiteatro, con diferentes cuencas alrededor que permiten bajar las aguas pluviales provenientes de los cerros para conducir las al mar; en su paso por la ciudad se conectan con las rejillas pluviales de acero, que permiten el desagüe de la parte baja para evitar inundaciones y cumplir con el ciclo de estos residuos. La ciudad tiene un riesgo alto de inundación en la zona costera y un riesgo medio en la zona alejada de la costa. La Dirección de Conservación y Mantenimiento es una dependencia del gobierno municipal encargada del mantenimiento y desazolve de las rejillas, tiene un programa que existe hace más de 20 años y es financiado por el gobierno federal. Cada año se ejercen recursos económicos para la ejecución de estos trabajos (comunicación personal con el jefe de operatividad de la Dirección de Conservación y Mantenimiento de Acapulco de Juárez, Guerrero); sin embargo, el deterioro de las rejillas es constante por la salinidad existente en la brisa natural, que con esfuerzos y uso de antioxidantes permiten que el acero llegue al término de su vida útil; también debe considerarse el robo de las tapas (comunicación personal con Dirección de Conservación y Mantenimiento, H. Ayuntamiento de Acapulco, Guerrero, 2015). En la dependencia a cargo de estas rejillas pluviales no cuenta con registro de las tapas existentes, se realizó una inspección ocular por parte del autor de este artículo y se verificó que en la calle Juan Serrano no existen físicamente rejillas pluviales.

Hipótesis: Un muro de contención, en la calle Juan Serrano, permitirá mitigar las inundaciones que se generan por el fenómeno mar de fondo en esa zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un análisis cualitativo de la problemática y topografía del sitio, se observó que las aceras de los hoteles Playa Suites y Emporio tienen una cota más elevada a la calle Juan Serrano. Se

consultó el historial de eventos y se llevó a cabo un levantamiento topográfico, antes y después de presentarse el fenómeno, con el fin de observar la diferencia en las cotas de los niveles de arena. Uno de los perfiles topográficos puede verse en la figura 4.

Propuesta de solución:

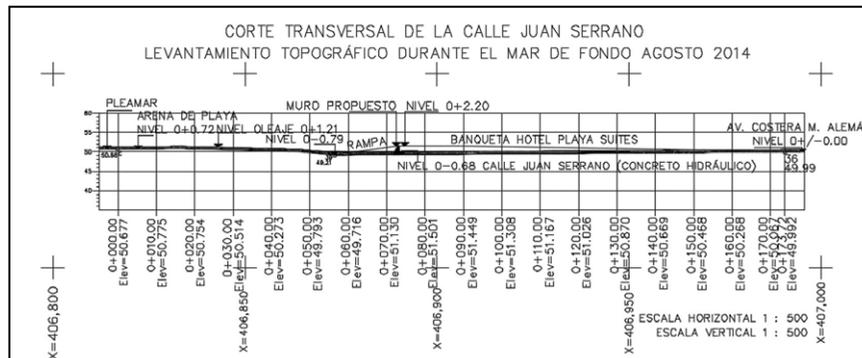


Figura 4. Perfil topográfico durante el mar de fondo. Elaboración propia.

Con base en la información recabada y en los tipos y funciones de estructuras de protección costera (Salles Afonso de Almeida & Silva Cazarín, 2004), se plantea como propuesta de solución un muro de mampostería de piedra con dentellón, que se ubicará en el punto más alto de las banquetas de los hoteles Emporio y Playa Suites, atravesando la calle Juan Serrano, para impedir el paso del agua del mar hacia la calle (figuras 5 y 6).

El muro propuesto tendrá rejillas de desagüe que canalizarán el agua pluvial que se estanque en la calle Juan Serrano y la conducirán a un foso de absorción que estará ubicado dentro de la arena de la playa. Tales rejillas tendrán una trampa para evitar que desechos de basura tapen el conducto, sin embargo, tendrán que desazolverse periódicamente de manera preventiva.

Para evitar que el muro de contención sea un obstáculo visual, en la corona del muro se propone un cantiliver, que servirá de mirador para que los turistas y peatones en general transiten por la calle antes mencionada.

Para el cálculo de la base del muro de piedra braza (B) se usa la ecuación 1.

$$B = H \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma'}} \quad (1)$$



Figura 5. Ubicación del muro propuesto. Imagen modificada de Google Earth 2015.



Figura 6. Montaje en fotografía de la ubicación del muro de piedra. Fotografía tomada por los autores.

Donde:

- B = Base del muro de contención de piedra braza
- H = Altura propuesta del muro de contención
- γ' = Peso específico del agua de mar
- γ = Peso específico de la arena de playa mojada

Para el cálculo de la corona del muro de contención (B') se usa la ecuación 2.

$$B' = h \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma'}} \quad (2)$$

Donde:

- B' = Corona del muro de contención de piedra braza
- H = Nivel del oleaje
- γ' = Peso específico del agua de mar
- γ = Peso específico de la arena de playa mojada

Según el Manual de muros de contención de la SAGARPA (Llenderal Cázares & Fernández Reynoso, 2009), las siguientes medidas de dentellón son aplicables a muros con altura de 2.00 m a 6.00 m (figura 7):

- b2 = 0.80 m
- b1 = 0.30 m
- h = 0.60 m

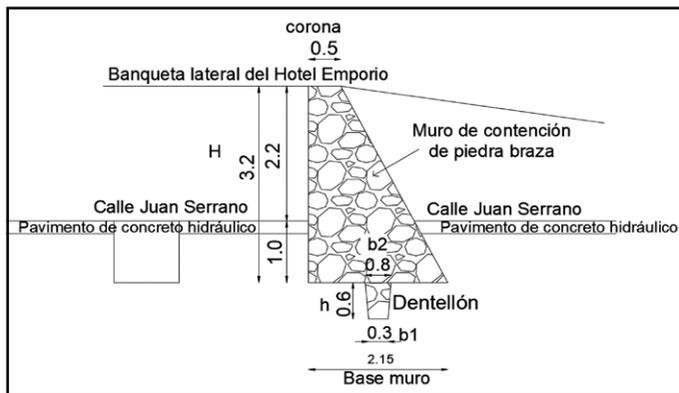


Figura 7. Muro de contención. Elaboración propia.

Para el cálculo de la velocidad del agua pluvial en el canal se utilizan las fórmulas de Chézy y Manning, ecuaciones 3 y 4.

$$V = C\sqrt{R * S} \quad (3)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S} \quad (4)$$

Donde:

- V = Velocidad del agua pluvial
- R = Radio hidráulico (sección/parámetro mojado)
- n = Parámetro de rugosidad
- C = Coeficiente de Manning
- S = pendiente del canal

Para determinar el escurrimiento superficial en estructuras hidráulicas menores como las utilizadas en fraccionamientos, en donde no hay almacenamiento ni retención de agua pluvial, se utiliza el método racional (Beltrán, 2011) que está definido por la ecuación 5.

$$Q = C * id * A * 0.27777 \quad (5)$$

Donde:

- Q = Gasto del escurrimiento superficial en m³/s
- C = Coeficiente de escurrimiento ponderado para el área tributaria por analizar, es igual al porcentaje de la lluvia que aparece como escurrimiento directo
- id = Intensidad media de la lluvia en mm/h para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca
- A = Área tributaria del drenaje por analizar en km²

Para el cálculo del área, se usa la ecuación 6.

$$A = \frac{Q}{V} \quad (6)$$

Donde:

- Q = Gasto del escurrimiento superficial en m³/s
- V = Velocidad del agua pluvial
- A = área total de tubería requerida

Para el cálculo del diámetro de la tubería se usa la ecuación 8, que se obtiene de la ecuación 7.

$$A = \left(\frac{1}{4}\right)\pi D^2 \quad (7)$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (8)$$

Donde:

- D = Diámetro del tubo
- A = Área de tubería requerida

Criterio estructural de la losa de terraza

Se propone una terraza que funcionará como

mirador y que unirá las banquetas de los hoteles Playa Suites y Emporio; la losa quedará apoyada sobre el muro de contención con un ancho de 3.00 m y de largo 12.55 m, siendo este el mismo ancho de la calle Juan Serrano. La losa estará empotrada a la corona del muro, con el armado a 0.60 m de profundidad; estará soportada por traveses cada 2.00 m y una cadena principal del mismo ancho de la corona del muro (figura 8).

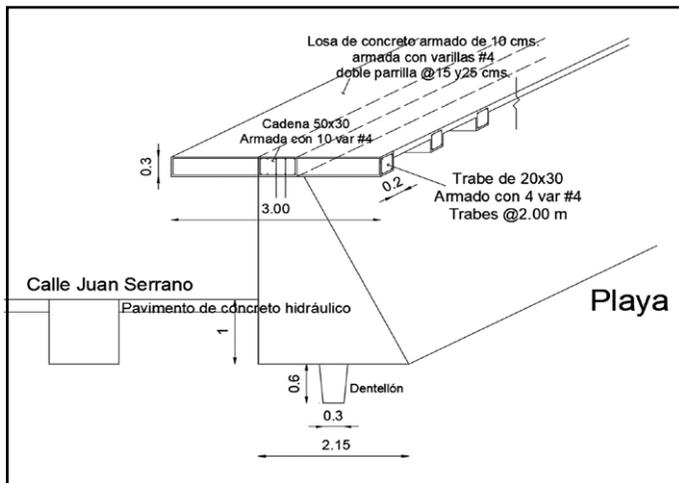


Figura 8. Estructura de la terraza.
Elaboración propia.

RESULTADOS

Se realizaron los cálculos necesarios para el muro de contención, la losa de terraza y la tubería para el desagüe de aguas pluviales, con el fin de mitigar las inundaciones de la zona en estudio, causadas por el fenómeno investigado en el presente trabajo. A continuación se presentan los resultados.

La distancia de los tubos al foso de absorción que se ubicará en la playa tendrá una separación de 20.00 m, a partir de donde termina la cimentación del muro de contención (figuras 9 y 10).

Propuesta final

El diseño final consiste en un muro de piedra braza sobre el cual descansará un cantiliver de 3.00 m, que trabajará como terraza (figura 11). El muro de contención detendrá el paso del oleaje provocado por el mar de fondo. Para el desagüe de las aguas pluviales que se concentran en la calle Juan Serrano se propone una rejilla pluvial junto al muro, que conducirá el agua por gravedad a un pozo de

absorción que se ubicará bajo la arena de la playa (figuras 9 y 10).

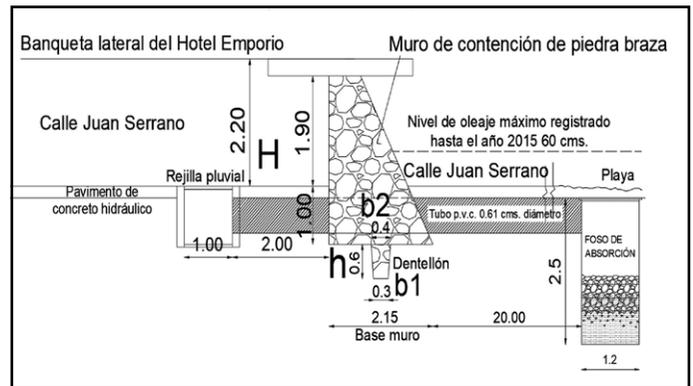


Figura 9. Alzado del muro de contención.
Elaboración propia.

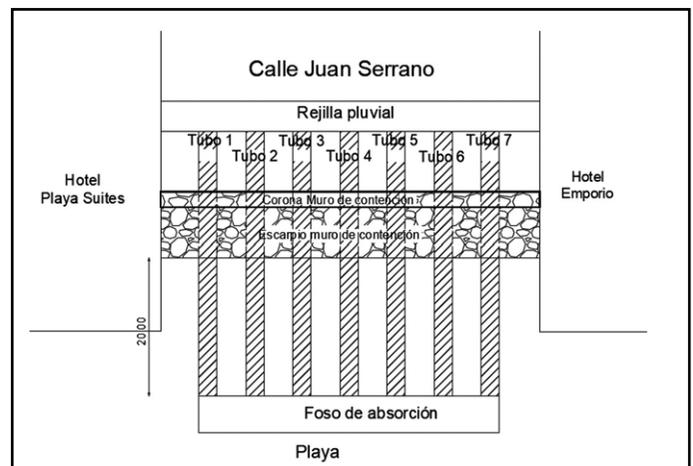


Figura 10. Planta de tubería.
Elaboración propia.

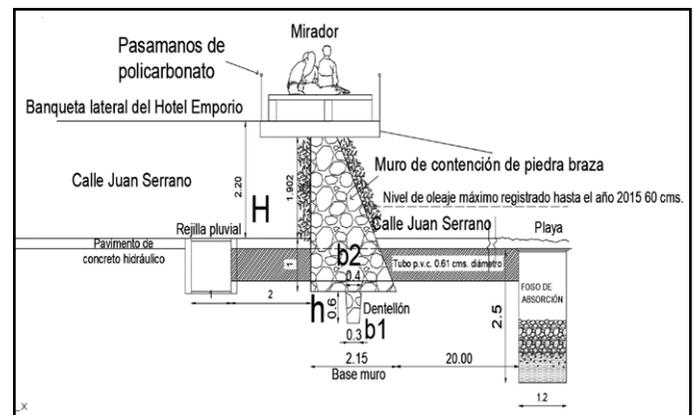


Figura 11. Propuesta final del muro de contención.
Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos hacen que en la actualidad se cuente con una propuesta de solución a la inundación de la zona en estudio, causado por el fenómeno mar de fondo.

Es de suponer que los efectos que tendrá el bloqueo de la salida de la marea provocada por el fenómeno estudiado serán mínimos, ya que el agua que ya no saldrá por la calle Juan Serrano se distribuirá por la playa.

CONCLUSIONES

El muro de contención propuesto está diseñado para recibir los impactos provocados por el oleaje del mar de manera preventiva; es una propuesta de solución que permitirá detener el flujo del agua y, mediante un foso de absorción, ayudará a desalojar

el líquido de origen pluvial retenido en la calle Juan Serrano. Una vez construido, el muro de contención propuesto solucionará el problema de inundación de la calle Juan Serrano y parte de la Av. Costera Miguel Alemán.

Se cuenta con una propuesta de muro de contención que permitirá a las autoridades construirlo con el fin de mitigar las inundaciones que se generan por el fenómeno mar de fondo en las calles citadas.

Las perspectivas son las siguientes:

- Realizar un estudio, con el fin de saber los posibles efectos que tendrá el bloqueo de la salida de la marea provocada por el mar de fondo.
- Difundir la propuesta al Colegio de Ingenieros Civiles.
- Difundir la propuesta al gobierno municipal, con el fin de que esta obra sea ejecutada mediante financiamiento público.

REFERENCIAS

- Beltrán, E. (2011). Proyectos ejecutivos de las redes de distribución de agua potable, drenaje sanitario y drenaje pluvial del Fraccionamiento "Rancho Bellavista", municipio de Querétaro, Edo. de Querétaro (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil). UNAM, México. Recuperada de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/483>
- Carrascal, E., & Pérez Villegas, G. (1998). Ocupación territorial y deterioro ambiental ocasionado por la expansión urbanoturística en Acapulco, Guerrero. *Investigaciones geográficas*, 37, 111-124.
- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia. 2017* [Portal electrónico]. Recuperado de <http://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.
- Coumou, D., & Rahmstorf, S. (2012). A decade of weather extremes. *Nature climate change*, 2, 491-496. doi: 10.1038/nclimate1452
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Información por entidad. Número de habitantes. 2017*. Recuperado de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gro/poblacion/dinamica.aspx?tema=me&e=12>
- Llanderal Cázares, R., & Fernández Reynoso, D. S. (2009). *Muros de contención* [Manual en pdf]. México. SAGARPA.
- Mandujano, L. (2006). *Fenómeno Mar de Fondo*. México: IPN.
- Salles Afonso de Almeida, P., & Silva Cazarín, R. (2004). Infraestructura de protección costera. En E. Rivera-Arriaga, G. J. Villalobos-Zaoata, I. Azuz Adeath, & F. Rosado May (Eds.), *El manejo costero en México* (pp. 179-190). México: Universidad de Quintana Roo-Universidad Autónoma de Campeche-SEMARNAT-CETYS Universidad.
- Sánchez, L. (5 de julio de 2014). Aún continúa inundada parte de la Costera Miguel Alemán por la contracorriente marina de Mar de Fondo en Acapulco. *Punto X Punto Noticias* [Blog informativo]. Recuperado de <http://puntoxpuntonoticias.blogspot.mx/2014/07/aun-continua-inundada-parte-de-la.html>
- Secretaría de Turismo, Asociación Nacional de Investigación y Desarrollo, Centro de Estudios Superiores de Turismo, & Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2013). Vulnerabilidad del destino turístico Acapulco. En *Estudio de la vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta temprana a eventos hidrometeorológicos extremos* (Sección II, 31 pp.). Proyecto 165452. México: Academia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANIDE).
- Staff de Redacción. (29 de mayo de 2013). Inundaciones, arrastres de basura, tierra, piedras y choques vehiculares por «Bárbara». *Libertad periodismo independiente* [Periódico en línea, Dir. F. Cárdenas López]. Recuperado de <http://www.libertadguerrero.net/2013/05/inundaciones-arrastres-de-basura-tierra.html>.
- Trujillo, J. (4 de julio de 2014). Se desborda el mar en zona Dorada de Acapulco. *Milenio.com*. Sección Estados. Recuperado de http://www.milenio.com/estados/Zona_Dorada_de_Acapulco-se_deborda_el_mar-fondo_de_mar-exhortan_a_banistas_y_a_la_poblacion_a_tomar_precaciones_0_329367433.html
- Zepeda Ramos, O., & Sánchez Pérez, T. A. (2001). *Atlas nacional de riesgos de la República Mexicana: Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México*. México: CENAPRED.

Aproximación histórica al concepto de experiencia estética a propósito del diálogo entre la literatura y la enseñanza de las ciencias en la universidad

Historical approach to the concept of aesthetic experience concerning the dialogue between literature and the teaching of sciences at the university

Norberto de Jesús Caro Torres*✉, Mónica Moreno Torres**

Caro Torres, N. J., & Moreno Torres, M. (2017). Aproximación histórica al concepto de experiencia estética a propósito del diálogo entre la literatura y la enseñanza de las ciencias en la universidad. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 82-92.

RESUMEN

El texto responde a las preguntas: ¿Cómo surge el concepto de *experiencia estética* en la obra literaria?, ¿cómo se puede dar el diálogo de saberes entre la literatura y la enseñanza de las ciencias en la universidad? Por ello, parte de una reflexión en torno al hipertexto y la literatura, y aborda el pensamiento de algunos autores clásicos del siglo XVIII y principios del XIX, quienes tuvieron como preocupación principal el tema del arte. Estas reflexiones comienzan a mostrar que la didáctica universitaria debe considerar la relación entre la enseñanza de las ciencias y la estética, como posibilidad para otorgar al futuro profesional una visión holística de su ser y del mundo.

Palabras clave: experiencia estética; didáctica universitaria; enseñanza de las ciencias; literatura; ciencia; estrategia didáctica.

Keywords: aesthetic experience; higher education teaching methods; teaching of sciences; literature; science; didactic strategy.

Recibido: 21 de enero de 2017, aceptado: 4 de septiembre de 2017

* Departamento de Educación Infantil, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. Calle 67 No. 53-108, Medellín, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: norberto.caro.torres@gmail.com

** Centro de Investigaciones Pedagógicas-CIEP, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. Calle 67 No. 53-108, Medellín, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: monica.moreno@udea.edu.co

Este texto hace parte de los resultados parciales de la investigación "Diálogos de la literatura con la enseñanza de las ciencias en la universidad: Construcción de una estrategia didáctica basada en una experiencia estética con el cuento y la novela", adelantada por Norberto de Jesús Caro Torres para su tesis en el Doctorado en Educación de la Universidad de Antioquia, y asesorado por la doctora Mónica Moreno Torres.

✉ Autor para correspondencia

Esta intención comienza a reflejarse en los resultados parciales del diseño y aplicación de una serie de talleres que conducían a la elaboración de un ensayo referido a la formación profesional de los estudiantes de la Escuela de Nutrición y Dietética y de la Facultad de Medicina, ambas unidades académicas de la Universidad de Antioquia, Colombia. Al final del artículo, las conclusiones muestran las posibilidades que brinda la estrategia didáctica en proceso al diálogo de saberes entre la literatura, la ciencia y la didáctica universitaria.

ABSTRACT

This text is the answer to these questions: ¿How the *aesthetic experience* come about in the literary work?, ¿how to reach a dialogue of wisdoms between literature and the teaching of sciences at the university? Because of that, it starts from a reflection around hypertext and literature, and it addresses the thinking of some classic authors of the XVIII and the beginning of the XIX century, who had as a main concern the art topic. These considerations start to show that higher education teaching methods must consider the relation between the teaching of sciences and aesthetics, as a possibility of granting to the future college graduates a more holistic vision of his being and the world. This intent begins to reflect on the partial results of the design and the application of a set of assignments that drove to the elaboration of an essay referred to the professional formation of the students in the School of Nutrition and Dietetics and the Medical Faculty, both are academic units of The University of Antioquia, Colombia. At the end of the article, the conclusions show the possibilities that the didactic strategy in process provides, to the dialogue

of wisdoms between literature, science and higher education teaching methods.

INTRODUCCIÓN

En 1963, con la publicación de la novela *Rayuela* del escritor argentino Julio Cortázar, se vislumbraron y anticiparon revoluciones en el orden científico, técnico, tecnológico, cultural, intercultural y multicultural. Este escritor, con homólogos como Borges (2000), Sábato (1911-2011), Bioy Casares (1914-1999) y Leopoldo Lugones (1874-1938), así como la teoría crítica del hipertexto sustentada por Landow (1995), han posibilitado la convergencia de dos campos del saber sin ninguna conexión aparente, como son las teorías literarias y el hipertexto. Según Landow, se estaba produciendo un cambio de paradigma en los escritos de Jacques Derrida, Theodor Nelson, Roland Barthes y Andries van Dam. A este giro se unen otros especialistas en hipertexto: Argos y Ezquerro (2013), Ianni (2006), Rueda (2007), Rueda Ortiz y Quintana Ramírez (2007) y Vargas Guillén (1998), quienes abandonaron los sistemas conceptuales basados en nociones como centro, margen, jerarquía y linealidad, y los sustituyeron por otros, como multilinealidad, nodos, nexos y redes.

Barthes en *S/Z* (1984) describe un ideal de textualidad que coincide con lo que se conoce como *hipertexto electrónico*. De manera similar, la novela *Rayuela* constituye un hipertexto, en cuanto tiene características hipermediales, pues sus tramas y discursos se pueden leer de manera lineal o discontinua. Esta novela sugiere signos y símbolos

relacionados con las ciencias, tales como límite, infinito, circularidad, caos, la naturaleza química de los procesos mentales y la fragmentación de la existencia, entre otros. Estos elementos están presentes en la enseñanza de diversas ciencias como la matemática, la física y la psicología, entre otras.

Algunos enfoques contemporáneos en la enseñanza de las ciencias (Cachapuz, 2007; García García & González Agudelo, 2007; Gianetti, 2002; Henao, 2014; Maturana & Varela, 1998; Montes, 1999; Moreno Torres & Carvajal Córdoba, 2015; Téllez, 2004) señalan la importancia de brindar a los estudiantes y sus profesores una educación estética que, preocupada por su formación ética, política y académica, reconozca en la recepción estética del cuento y la novela un proceso de mediación capaz de ampliar el horizonte conceptual y vivencial de dichos sujetos. Por su parte, algunos autores de áreas diferentes de la literatura han estudiado dicha relación y hasta han llegado a convertirla en objeto de creación en su calidad de científicos, como Herbert George Wells (1866-1946), Aldous Huxley (1979); Julio Verne (1828-1905); Isaac Asimov (1920-1994), entre otros. Sus propuestas literarias poco se han estudiado en el ámbito universitario, sobre todo, desde el campo de las ciencias básicas. Así que enseñar ciencias desde una visión humanista y estética exige reconocer la importancia que tiene la formación de profesionales en varias direcciones. La lectura que estas personas realicen de los textos científicos no quedaría por fuera de la experiencia estética que los mismos podrían tener con textos literarios, bien sea de ciencia ficción¹, ciencia en ficción² o de ficción³. De ahí que resulte de vital importancia reabrir la reflexión acerca de la relación o el vínculo entre la literatura y la enseñanza de las ciencias, esto es, volver sobre una eterna simbiosis entre el arte y la ciencia, establecida hasta cierto momento de la historia pero que en vista de la necesidad imperante de especializar los discursos se han ido separando y bifurcando a la largo de los siglos XX y XXI.

Por otra parte, cuando se estudia la historia del concepto *experiencia estética* en la obra literaria, se puede observar que las concepciones sobre las cuales se sustenta no están por fuera de una filosofía del ser humano, necesaria para la formación de las futuras generaciones de profesionales; lo que en términos de Leibbrandt (2016) permitiría avanzar, contribuir en su formación estético emocional, porque la literatura aporta significativamente en la manera en que los sujetos perciben y se relacionan con el mundo.

¹ Según Pablo Capanna (1966, p. 7), el concepto de *ciencia ficción* viene del norteamericano Gernsback, quien en 1926 designó el nuevo género comercial-literario como *scientifiction* o *science fiction* o *s-f*. Este concepto alude a un tipo de fantasía que tomaba como tema la ciencia, los científicos y el método; sin embargo, de acuerdo con este autor, la evolución posterior de las *s-f* se desarrolló bajo esta marca inadecuada. Posteriormente, en Francia se impuso *science fiction*, en Norteamérica igual que en Alemania *fantasy fiction*, en Italia *fantascienza* y en España *fantaciencia*. En Francia se ha hablado de *novela de anticipación* desde Julio Verne, además de *ciencia novelada*, *anticipación científica* y *humor científico*. Pierre Versins propuso subsumir este género en el campo de las "literaturas conjeturales"; a su vez, Bergier y Pauwels propusieron el término *literatura diferente*. Por su parte, algunos anglosajones propusieron los términos *science fantasy* (William Tenn), *speculative fantasy* (Michael Moorcock), *ficción especulativa* (Damon Knight) (citados por Capanna, 1966, pp. 10-12).

² Desde la perspectiva de Carl Djerassi (2011), escritor, científico e inventor de la píldora anticonceptiva, *ciencia en ficción* es aquella producción literaria en la cual la trama gira en torno a los problemas cruciales y cotidianos de la ciencia real, y la mayoría de los personajes son científicos, tanto reales como imaginarios.

³ En términos de Garrido (2011, p.18) el ámbito de la literatura es el de la invención, la creación de mundos y la ficción, entendida como mimesis que deviene de la concepción aristotélica.

Asimismo, busca la formación de una competencia literaria y fomenta las emociones, la imaginación y la participación subjetiva, imprescindibles en una experiencia estética. Pero también en palabras de la misma escritora (Leibrandt, 2012) la literatura, las narraciones que incitan a la búsqueda de la propia identidad pueden despertar el interés y el deseo de conocer más acerca del pasado y se puede construir la conciencia histórica desde la infancia a través de las obras literarias. Avanzar en esta perspectiva podría permitir a la didáctica universitaria convertirse en un medio para el docente de la educación superior.

Recorrido histórico de la experiencia estética en la obra literaria

Entre los siglos XVIII y XIX, Alexander Gottlieb Baumgarten en *Reflexiones filosóficas acerca de la poesía* (1975), Karl Philip Moritz en *Propuesta para la unificación de todas las bellas artes y las ciencias bajo el concepto de lo perfecto en sí mismo* (2004) e Immanuel Kant en *Crítica del juicio* (2010) fueron trascendentales, pues tomaron fuerza las concepciones sobre autonomía del arte en consonancia con las teorías del arte por el arte (Aguir e Silva, 1986), al analizar la finalidad de este en la sociedad. Así, Baumgarten, creador del vocablo *estética* en su obra *Reflexiones filosóficas acerca de la poesía*, cuya primera edición salió en 1735, entiende por *poesía* el discurso sensible perfecto; denomina *poética* el complejo de reglas al que aquella se conforma; *filosofía poética*, el hábito o disposición de componer el poema; y *poeta*, el hombre que goza con esta inclinación (1975).

Según Cabot (1999), es Baumgarten quien utiliza por primera vez el término *estética* (en 1735) referido a una determinada disciplina filosófica, en el sentido de una teoría del conocimiento sensible en general y de su forma específica: el gusto. Para este autor, el término *estética* se difundió como nombre de una nueva especialidad o disciplina, y sufrió progresivos cambios de significado hasta Kant. Sin embargo, para María Antonia Labrada (1983) el problema fundamental no radica en el hecho de que en la obra de Baumgarten aparezca por primera vez el término *aesthetica*. Es decir, si la definición que da de la *estética* como "ciencia del conocimiento sensitivo" ha pasado inadvertida en ocasiones, es por la falta de contextualización en el terreno gnoseológico que le corresponde.

Baumgarten define las diferentes partes del poema como representaciones sensibles, y el

nexo entre estas, y las palabras como signos suyos; asimismo, precisa lo poético como todo lo que puede contribuir a la perfección del poema. Igualmente, plantea que las representaciones sensibles que pueden ser oscuras o claras constituyen las partes del poema; es decir, las representaciones de una misma cosa pueden ser oscuras para A, claras para B o distintas para C. Baumgarten considera que las representaciones oscuras no contienen las suficientes representaciones de cosas conocidas como para poder reconocer y distinguir lo representado de todo lo demás, pero ellas están contenidas en las representaciones claras. De esta manera, al poseer esta virtud, proporcionarán mayores elementos para dar a conocer las representaciones sensibles como si fuesen oscuras. Además, considera que entre más claramente se representen las imágenes, más semejantes se harán las impresiones sensibles, hasta el punto de ser equivalentes con alguna frecuencia a una sensación más débil. Es poético representar imágenes lo más claramente posible, pero también lo es hacerlas muy semejantes a las sensaciones. Esto lo lleva a proponer que un poema y una pintura son cosas bastante semejantes. En este punto, los pone en el lugar de la semejanza no desde lo artístico, sino en razón del efecto alcanzado; esto es, la sensación que producen el arte y la poesía en el perceptor. En este contexto propone: "La poesía será como una pintura" (1975, p. 52). Igualmente, plantea que un poema es más perfecto que una pintura en tanto representación de cosas sensibles.

Aquí se pueden considerar dos aspectos: por un lado, el referido a la perfección del poema en relación con la pintura; y por otro, la importancia del carácter sensible del poema. En esta perspectiva, hay un intento por desentrañar el concepto de *sensibilidad* en relación con la experiencia estética del perceptor, pues una vez que este percibe el poema se abren múltiples posibilidades a la sensación y a la imaginación. En palabras de Julio del Valle (2011), con Baumgarten la *estética* nace como un intento por recuperar la particularidad sensible que se había sacrificado en aras de encontrar la verdad, instalada en la lógica; en este sentido, es fundamental la *sensibilidad* particular, no la universal. Se podría decir que Baumgarten hace un llamado a la experiencia estética del sujeto y abre caminos a pensadores como Iser (2005) y Jauss (1992, 2000, 2002), quienes sustentan posteriormente este concepto en relación con la experiencia literaria, en consonancia con los planteamientos de Larrosa (2003) y Farina (2005).

Baumgarten, filósofo de la estética, vuelve a la idea de representaciones confusas que provienen de elementos separados y combinados en la imaginación, en tanto imágenes poéticas; pero los objetos de tales representaciones son posibles o imposibles en el mundo real. Él considera verdaderas estas primeras representaciones ficcionales. A su vez, dice que los objetos denotados por las ficciones son imposibles en el mundo real, o imposibles en cualquiera de los mundos posibles. Ahora bien, llama "utópicas" las cosas absolutamente imposibles; las otras son "heterocósmicas" (Dolezel, 1999). Finalmente, Baumgarten señala que solo son poéticas las ficciones verdaderas y heterocósmicas; es decir, aquellas que hacen parte de un mundo posible. En términos de Eco, los mundos posibles están en relación con una construcción cultural (1993). Bruner (1987) establece que tanto la ciencia como la literatura crean posibilidades de existencia a través de los mundos posibles. Para Albaladejo (1996) los modelos de mundo, que pueden ser de tres tipos: tipo I o de lo verdadero, tipo II o de lo ficcional verosímil y de tipo III de lo ficcional no verosímil, son creados por el autor del relato y responden a su decisión y a su relación con el lector.

Baumgarten convierte la palabra en una bisagra encargada de poner en movimiento el discurso científico y el literario. Cuando habla de la incompatibilidad semántica entre el lenguaje de la escuela y el del arte, parece sugerir la disyunción que históricamente ha convertido la enseñanza de las ciencias en un saber desarticulado del arte en sus múltiples expresiones. Esta dificultad pervive en nuestra contemporaneidad, de allí la importancia de incluir en el currículo universitario una propuesta didáctica que dialogue con la visión estética del profesor y la de aquellos sujetos encargados del desarrollo científico y tecnológico de la sociedad.

El arte como microcosmos en Moritz

Según Aguiar e Silva (1986), fue Karl Philip Moritz en *Sobre la imitación plástica de lo bello*, cuya edición original salió en 1778, quien propuso que la obra de arte constituye un microcosmos, un todo orgánico, completo y perfecto en sí mismo, y bello precisamente porque no tiene necesidad de ser útil. Desde esta perspectiva, la utilidad se mira como un factor extraño a la belleza, en tanto esta posee en sí misma su valor total y la finalidad de su existencia. En este contexto, Jaime Aspiunza (2010) señala que Moritz comenzó por examinar las nociones de útil, bueno, noble y bello, cuando estas se aplicaban a la

condición de un hombre o de una acción. Observó que existía una asociación fundamental entre lo útil y lo bueno, y lo noble y lo bello. Asimismo, explicó la ordenación ascendente de los cuatro conceptos mencionados —útil, bueno, noble, bello— en función de lo que se podría llamar independencia, valor propio; porque el hombre útil atrae la atención en relación con un conjunto de cosas exteriores a él; el bueno, porque se confía en que no va a perturbar la paz de nadie; y solo el noble atrae y admira por sí mismo. En cuanto a lo bello como concepto práctico opone resistencia, porque se diferencia de lo noble como lo exterior de lo interior; es decir, lo noble es una suerte de belleza del alma y en esta misma equiparación queda claro. Aspiunza señala que no es necesario separarlos, porque la belleza exterior es a la vez estampa de la belleza interior del alma, lo que comprende también en sí lo noble (2010).

De esta manera, el objeto meramente útil no es algo acabado o perfecto en sí mismo, deviene una vez lo haya aprehendido el sujeto. Por tanto, lo útil no posee una finalidad en sí, sino fuera de sí; su finalidad es externa y puede ser creada como se quiera. A modo de ejemplo, Moritz afirma que el reloj y el cuchillo tienen su finalidad fuera de sí, puesto que el hombre se sirve de ellos para su comodidad; por ello, no son algo acabado en sí y carecen de valor estricto sin la consecución real o posible de su finalidad externa (2004). En cambio, en lo bello ocurre todo lo contrario: la finalidad no está fuera de sí, ya que existe por su propia perfección interna. En este sentido, lo bello no necesita ser recreado, pero sí necesita ser reconocido por el sujeto. Por ello argumenta que "podemos subsistir muy bien sin la contemplación de bellas obras de arte, estas, sin embargo, no pueden subsistir, al menos como tales, sin nuestra contemplación" (p. 183).

Autonomía del arte en Kant

En el Prólogo de *Crítica del juicio*, publicada originalmente en 1790, Kant plantea que la búsqueda de un principio para la naturaleza del juicio se encuentra en los juicios llamados estéticos, pues ellos "se refieren a lo bello y lo sublime de la naturaleza o del arte" (2010, p. 303). El "juicio estético" es una facultad particular de juzgar las cosas según una regla, pero no según conceptos. Entiende *gusto* como la facultad de juzgar lo bello; y este juicio del gusto no es lógico sino estético, entendido como aquel cuya base determinante es subjetiva. En el § 2 dice que la satisfacción que determina el juicio del gusto es totalmente desinteresada; así, cuando un

objeto es bello y se muestra el gusto, este hace una referencia a la autonomía; esto es, lo que el sujeto piensa realmente y por sí mismo del objeto y no los otros sujetos sobre el mismo objeto. Esta idea lo lleva a plantear en el § 3 que la satisfacción en lo agradable está unida al concepto de *interés*. De esta manera, considera lo *agradable* como aquello que place a los sentidos en la sensación; pero esta última puede tener una doble significación; es decir, la satisfacción en lo bueno y en el interés.

Kant considera que la satisfacción en lo bello tiene que depender de la reflexión sobre el objeto, la cual conduce a tener cualquier concepto, y así se puede distinguir de lo agradable que descansa en la sensación. En el § 4 propone que lo agradable y lo bueno parecieran tener el mismo valor: "Todo deleite es bueno en sí mismo", porque en lo bueno viene siempre el saber si es solo mediata o inmediatamente bueno —útil o bueno en sí— (p. 337). En este mismo sentido, en el § 5 se centra en lo agradable, lo bello y lo bueno. En estos modos de satisfacción, la del gusto en lo bello es la única desinteresada y libre, pues no hay interés alguno, ni el de los sentidos ni el de la razón, que arranque el aplauso. En estos tres casos de satisfacción están presentes la inclinación y la complacencia o estimación, facilitadoras, en cierta medida, del gusto estético; asimismo, Kant se refiere a lo bello como aquello que place universalmente (§ 9, p. 349).

En el § 17 analiza el ideal de la belleza, la que precisa como forma de finalidad de un objeto en cuanto este ideal de belleza es percibida en él sin la representación de un fin. Para Kant, lo bello se define como "objeto de una necesaria satisfacción" (§ 22). Esto indica que el gusto es una facultad de juzgar un objeto en relación con la libre conformidad a las leyes de la imaginación (§ 9, p. 369). De esta manera, surge la pregunta por una presunta contradicción cuando se pretende que la imaginación sea libre y, al mismo tiempo, responda a unas leyes. Sin embargo, Kant dirime esta dicotomía al decir que solo el entendimiento da la ley; esto es, el conocer y el poder tomar decisiones sobre la obra de arte relativa a la cosa misma, sin que la imaginación sea obligada a proceder según una ley determinada, así se determine por conceptos cómo deba ser, según la forma, su producto. Pero la satisfacción no es la que se da en lo bello, sino en lo bueno, dentro de la perfección formal; y el juicio, agrega, no es un juicio por medio del gusto. Esto significaría poder concebir la libre conformidad del entendimiento basado y de

acuerdo con unas leyes que están en relación con la representación que tengamos del objeto bello, y una subjetiva, que está en concordancia con la imaginación y el entendimiento (§ 22, pp. 369-370).

En síntesis, al mostrar la evolución del concepto *obra de arte*, Kant señala que si el arte fuera una mera sensación —algo subjetivo— debería estar acompañado de placer; entonces, ese producto artístico no placería en el juicio más que por medio del sentimiento sensible. Esto quiere decir que la sensibilidad y la contemplación de la obra de arte no serían suficientes sin una valoración o reflexión sobre la misma. Esta reflexión debe realizarse con base en las "leyes de la imaginación", entendiéndose por esto último como "la facultad de conocer productiva" (2010, § 49, p. 440). Así, la obra de arte se presenta ante el hombre, quien se entretiene con ella cuando la experiencia se hace demasiado superflua, pero la transforma por medio de leyes analógicas, y según principios de la razón —naturaleza empírica— se entrega a ella y siente libertad frente a la ley de asociación que está unida al uso empírico de aquella facultad; por tanto, la naturaleza presta materia y el hombre la arregla para que supere la naturaleza.



Figura 1. Pórtico en la parte antigua de la ciudad, Navarra, España. Fotografía de Norberto de Jesús Caro Torres.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación está inscrita en el enfoque de la experiencia hermenéutica desde la perspectiva gadameriana, sustentado y desarrollado por González Agudelo (2011). En esta perspectiva, la investigación hermenéutica comprende el todo —experiencia estética— como anticipación de sentidos, y las partes —novela, cuento, enseñanza de las ciencias, didáctica universitaria— como unidades de significación. De esta manera, de cada parte se configura un todo y de este emergen nuevas partes, dando así sentido al círculo de la comprensión. Este círculo incluye la anticipación de sentidos, que tiene como uno de sus propósitos la comprensión del texto desde la historicidad de su contenido en busca de la verdad como una posibilidad, entre otras. Así, la verdad del contenido del texto se establece por medio del diálogo entre las preguntas y las respuestas que surgen del contacto del hermeneuta con el pasado de su objeto de estudio. En este ir hacia atrás para reconocer los rasgos del pasado en el presente, el diálogo con los textos cumple una función importante; esto es, construir un acuerdo en relación con la cosa investigada —experiencia estética—.

Dicha fusión del pasado y el presente de lo investigado tiene un proceder hermenéutico cuyas partes son: el problema dialéctico, la hipótesis abductiva, la historia de conceptos, el estado en cuestión, el acopio de la información, la cosa creada, el acuerdo con la cosa y la unidad de sentido. Este procedimiento incluye: los *prejuicios*, la *reflexión*, el *análisis*, la *comparación*, la *comprensión*, la *interpretación* y la *síntesis*. Esta es la *praxis*, que en términos de González Agudelo determina al ser y lo hace partícipe de una comunidad de indagación:

Así, desde las vivencias, donde habitan nuestros prejuicios, nos preguntamos, reflexionamos, analizamos y comparamos para comprender. Comprender no es reproducir el pasado del texto, resumirlo, participar en un significado presente, el significado común, en fusión de horizontes. La comprensión es una apropiación. Pero ninguna comprensión es acabada, nunca se comprende completamente, la comprensión no se cierra al futuro. (...) No hay predominio del ser sobre la cosa investigada, pues la fusión de horizontes no es lineal.

⁴ La *abducción* es un tipo de inferencia que se caracteriza por su probabilidad: la conclusión que se alcanza es siempre conjetural, es solo probable, pero al investigador le parece del todo plausible. Es en esa plausibilidad, en ese carácter intuitivo donde radica su validez, y no en su efectiva probabilidad que tiene solo una influencia indirecta (Peirce en Nubiola, 2001, p. 5).

Se avanza mirando el pasado y se retrocede, reconociendo en la historia de los conceptos la proyección de sentido del problema dialéctico y la hipótesis abductiva. (González Agudelo, 2011, pp.129 y 141)

En consonancia con lo anterior, la pregunta de investigación es la siguiente: ¿Cómo una experiencia estética con el cuento y la novela permite a un grupo de estudiantes de educación superior identificar el diálogo entre la literatura y las ciencias? La hipótesis abductiva⁴ se formula a partir de la siguiente pregunta: ¿Una estrategia didáctica fundamentada en la experiencia estética con el cuento y la novela podría contribuir al diálogo entre la literatura y la didáctica universitaria?

La pregunta se dirige a los perceptores de la obra literaria, considerados como interlocutores válidos para avanzar en el diseño, desarrollo y evaluación de la estrategia didáctica en proceso de elaboración. La hipótesis abductiva considera que la formación de profesionales en diversas áreas de la universidad podría incluir, en dichos sujetos y sus profesores, la experiencia estética como un proceso de mediación para el desarrollo de la didáctica universitaria. En síntesis, el proceder hermenéutico se convierte en el punto de partida para avanzar en el diseño de los instrumentos de esta investigación. Para el efecto, a continuación se presentan los resultados de los ensayos de los estudiantes de la Escuela de Nutrición y Dietética y de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia.

RESULTADOS

Parte de la investigación se llevó a cabo con estudiantes de primer semestre de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia en el semestre 2015-II y estudiantes de Medicina de la Facultad de Medicina del segundo semestre de la misma Universidad en el periodo 2016-II. El trabajo final de los cursos *Socialización del conocimiento* y *Comunicación II*, consistía en la elaboración de un ensayo en el cual se diera cuenta de lo aprendido durante el semestre académico. Para ello los estudiantes de Nutrición y Dietética en la medida en que el curso avanzaba en temas de la comunicación, iban leyendo el texto de la escritora mexicana Laura Esquivel (1993): *Como agua para chocolate*. En clase se abordaban temas tratados allí relativos a su campo profesional: alimentos, cuestiones alimentarias, componentes químicos, nutricionales y sus vínculos con el mundo de la vida, sus percepciones estéticas,

lógicas, políticas y éticas en relación con las vivencias evidenciadas en el texto de Esquivel.

Finalmente, en consenso postularon una serie de temas para realizar la producción textual y la propuesta ganadora fue el tema del vino. Se dieron a la tarea de indagar, buscar y dar comienzo al texto. En esta misma lógica, los estudiantes de Medicina habían trabajado con el profesor titular el tema de las emociones y se les propuso leer el texto del escritor colombiano Gabriel García Márquez (1994): *Del amor y otros demonios*. Los estudiantes avanzaban en la lectura del texto y en la clase se realimentaba el proceso leyendo en voz alta y haciendo comentarios alrededor de la trama, la enfermedad, las emociones de los personajes, el panorama histórico en el cual se desarrolla la historia, la política, la ética, la lógica y la estética vista en el texto y la manera en que esos personajes con sus experiencias iban siendo parte de sus vidas. De esta forma, los ensayos se fueron configurando, construyendo, en la medida en que se realizaban una serie de talleres con el fin de consolidar la propuesta y el ensayo final.

DISCUSIÓN

Según la revisión de ensayos elaborados por los estudiantes mencionados, 15 de Medicina y ocho de Nutrición y Dietética, se derivan como resultados parciales los siguientes:

Es importante destacar como generalidades en la construcción de los textos, que en su mayoría los ensayos del programa Nutrición y Dietética sustentan sus argumentos en una más amplia referenciación de fuentes bibliográficas, y en esta misma secuencia los primeros presentan un mayor manejo de la referenciación en cuanto a la cita y bibliografía dentro del texto.

En el caso del Programa de Nutrición y Dietética solo una persona entre ocho no utiliza la citación de alguna fuente bibliográfica, las demás citan no sólo el texto de referencia para el ensayo, sino también otras diferentes fuentes; mientras en el Programa de Medicina sólo siete de 26 estudiantes hacen referencia a alguna fuente de información bibliográfica, en dos de los siete casos sólo referencian como fuente bibliográfica el texto base de lectura para la construcción del ensayo.

A continuación se presenta de manera general lo señalado en los diferentes ensayos. En el Programa

de Nutrición y Dietética en relación con el vino y con el texto *Como agua para Chocolate* de la escritora Laura Esquivel; mientras para el Programa de Medicina el texto *Del amor y otros demonios* del escritor Gabriel García Márquez, así como *La inteligencia Emocional*, del escritor Daniel Goleman (1996).

Se realizó la lectura de información teniendo en cuenta tres categorías. En la primera, *Relación campo específico profesional*, se mencionan algunos fragmentos dentro de los ensayos que se vinculan con el campo o área específica profesional, como argumentos importantes dentro de sus trabajos; la segunda: *Relación entre literatura y ciencia*, con el fin de señalar algunos ejemplos de dicha relación, o argumentos para afirmar o negarla; finalmente la tercera categoría: *Relación con las emociones*, donde se destacan vínculos con el campo personal y de la vida.

Categoría 1: Relación campo específico profesional

En el Programa Nutrición y Dietética en esta primera relación se destaca un componente histórico del origen del vino que más adelante en otras categorías subraya una fuerte relación con la religión y con el consumo de clases socioeconómicamente altas. Se enfatiza en algunos beneficios del consumo de este producto, del consumo como tradición y de la necesidad de fortalecer la investigación del mismo en Colombia. Este programa enfatiza fuertemente en la composición del vino, sus beneficios en el campo de la salud, específicamente de la alimentación.

Para el segundo grupo, estudiantes de Medicina, los textos son puestos al servicio de la medicina para hacer mención de las enfermedades mentales, a la explicación de ciertos comportamientos de los personajes del texto, lo desencadenado en el cuerpo o el campo de la salud en relación con algunos sentimientos. El amor y otras emociones derivadas también de la música, son tomados en cuenta como elementos estimulantes y positivos para el cuerpo y para desencadenar otras sensaciones de bienestar en este. Es significativo el tratamiento del tema del amor en este grupo, hay una constante valoración del término en términos científicos, y de manera directa en afectaciones positivas para el ser humano. En tanto lo positivo como lo mencionado anteriormente, y en la parte negativa, también desencadenando otros sentimientos alrededor, por ejemplo, de los celos.

Categoría 2: Relación entre literatura y ciencia

En esta categoría se destaca en el primer grupo la relación del vino en el campo religioso y desde los aportes científicos. Se vincula el vino con algunas obras, y en este sentido se atribuye un significado al consumo del vino de acuerdo con un contexto histórico, social, religioso, como se ha venido mencionando también en la anterior categoría. Para el segundo grupo, estudiantes de Medicina, hay más información por el mayor número de ensayos, aquí también hay una fuerte relación entre literatura, ciencia y religión.

La relación entre ciencia y religión se percibe como un vínculo estrecho debido a que ambas han buscado explicaciones a diversos cuestionamientos, pero también hay una crítica en algunos ensayos a la religión porque históricamente esta ha limitado los avances científicos. Hay una constante explicación científica de los hechos relatados en los diferentes textos, y una valoración en la relación entre literatura y ciencia como un aporte de la primera para guardar en la historia relatos sobre avances científicos, observar en la historia el campo de la medicina.

Categoría 3: Relación con las emociones

Para el primer grupo respondiendo al tema de los ensayos el consumo del vino es asociado con un estilo de vida de una población en condiciones socioeconómicamente favorables y, por ende, a la generación de cierto estatus. Para el segundo grupo, como se ha mencionado, ante el mayor número de ensayos y de información se destacan más conclusiones. Hay una recurrencia a la explicación científica de las relaciones afectivas y lo que ellas derivan, y a las emociones.

CONCLUSIONES

En la categoría 1 de la relación campo específico profesional en el programa de Nutrición y Dietética, existen cuatro subcategorías: la relación del consumo del vino como beneficio, el consumo como tradición, apuestas a la investigación en Colombia, componentes y origen del vino. En esta misma categoría en el programa de Medicina, emergen también cuatro subcategorías, que son las atribuciones y explicaciones del amor y la música en el campo de la salud, atribuciones positivas al desarrollo de la inteligencia emocional en el campo de la salud, aportes de la literatura en el campo de la salud y la relación ciencia y religión. Se puede observar claramente cómo la literatura emerge con

mayor claridad en los escritos y en las posturas críticas de los estudiantes de Medicina, mientras que en los estudiantes de Nutrición en esta primera categoría hay una mayor timidez al referirse a la literatura, dado que el tema, si bien es cierto que en las obras de la Antigüedad, Edad Media, Renacimiento (Homero, la *Ilíada* y la *Odisea*; los diálogos platónicos; *La divina comedia* de Dante Alighieri; las obras cervantinas; las obras picarescas de la España renacentista, entre otras) el vino es un referente importante en la familia, la sociedad y la cultura. Por otro lado, en la obra leída de Esquivel, *Como agua para chocolate*, a pesar de haber hecho un rastreo previo de cómo la autora aborda el tema del vino, es poco mencionado por ellos; mientras que en Medicina, el texto leído y vivido fue *Del amor y otros demonios* de García Márquez, sí había una referencia constante muy importante para todos los ensayos dado que el tema eran las emociones.

En la categoría 2, de la relación entre literatura y ciencia, en los estudiantes de Nutrición y Dietética se dan tres subcategorías: relación con el campo religioso, relación especial con la literatura y el vínculo con otras obras. En Medicina emergen otras tres subcategorías: ciencia y religión en búsqueda de explicaciones, explicaciones desde el campo científico y aportes en la relación ciencia y literatura. Se puede inferir que los estudiantes de ambos programas académicos se van acercando al establecimiento de relaciones intertextuales y de diálogo de saberes, entre lo que ellos, desde el campo de la ciencia han estudiado y conocen, con las ciencias sociales y humanas como la religión y la literatura.

Es dable decir que desde la *praxis* (González Agudelo, 2011), se parte de unos prejuicios que habitan a los interesados; en este caso, los estudiantes indagaron, buscaron y construyeron sus ensayos tratando de encontrar pistas que los llevaran a dar solución a preguntas desde su ser y hacer como profesionales en formación con prejuicios e ideas que se fueron configurando para dar firmeza y textura a las mismas. La construcción de los textos se hizo con base en unos acuerdos al interior de los cursos y basados en referentes científicos y literarios. Los científicos fueron aquellos textos que sustentaran teóricamente las bases de datos y otros que les fueron llevados a las clases tanto sobre el vino como sobre las emociones e investigaciones que se han hecho alrededor de las obras de Esquivel en el campo de los alimentos, la cocina, la tradición culinaria, las relaciones políticas

y sociales en la época de la Revolución mexicana, la mujer, el machismo, incluyendo la película que lleva su nombre, del director Alfonso Arau (1992).

En el caso de los estudiantes de Medicina, hicieron lo propio con diferentes textos, fruto de investigaciones que se habían realizado sobre la obra de García Márquez en relación con la medicina, las emociones, las condiciones políticas, sociales, religiosas del siglo XIX en Colombia, y con la película que lleva el mismo título del texto, cuya directora es Hilda Hidalgo (2009). Se puede observar que estos últimos logran visualizar con mayor profundidad los vínculos entre la literatura y la ciencia, no obstante, parten de un tópico que los mueve con mayor rigor, como lo es el de la ciencia, sin que sea óbice establecer las relaciones con lo humano, la religión y la literatura. Con lo humano porque son muy conscientes de que están estudiando para servirle a la comunidad, a la gente, a las personas; con la religión, porque este es un tema central en la obra de García Márquez; con la literatura porque encontraron un punto de referencia para visualizar la enfermedad desde una visión distinta a la nuestra y era la visión que se tenía en el siglo XIX, cuando la ciencia aún no tenía el desarrollo que tiene hoy día, donde la superstición estaba por encima del desarrollo científico europeo y estadounidense. En este caso podemos decir con Leibbrandt (2013, p.150) que "la lectura es otro medio de socialización y una posibilidad de adquirir o mejorar en la competencia social y emocional".

En cuanto a la categoría 3, de la relación con las emociones en el programa Nutrición y Dietética, las subcategorías fueron: consumo relacionado con lo emocional y relación del consumo con una población específica. En Medicina, literatura generadora de emociones y la explicación científica de las emociones. Se evidencia, sobre todo en Medicina, que los estudiantes tuvieron una relación fuerte con el texto de García Márquez *Del amor y otros demonios*, probablemente porque encontraron allí, en medio de una historia de amor, entre una adolescente y un sacerdote joven, una manera distinta de acercarse al tema de la enfermedad, del tratamiento médico en términos de lo ético y lo científico, los dolores del cuerpo y del alma y como futuros médicos cómo responderían ante las demandas de sus pacientes.

En síntesis, la investigación y vivencias con los estudiantes de la Escuela de Nutrición y Dietética y de Medicina de la Universidad de Antioquia deja entrever la importancia que tiene la literatura en carreras dedicadas a la ciencia y que aunque se ha hecho en cursos de corte humanístico de los primeros semestres de ambas, la ausencia de los textos literarios es bastante notoria. Ante la pregunta de investigación ¿Cómo una experiencia estética con el cuento y la novela permite a un grupo de estudiantes de educación superior identificar el diálogo entre la literatura y las ciencias? Hemos asistido a la experiencia de la lectura de dos grandes obras como lo son las de Esquivel y García Márquez, con quienes los estudiantes establecieron un dialogo directo y pudieron visualizar mundos distintos a los nuestros; es decir, mundos posibles, mundos de ficción que como lo señala Garrido (2011, p. 158) "la ficción es el único modo de acceder a uno mismo, ya que solo ella nos permite situarnos simultáneamente dentro y fuera".

Vivir la experiencia de lectura en los inicios del siglo XX con Tita y su familia, la cocina, los sabores mexicanos y europeos, sentir la revolución mexicana en medio del amor, la tristeza, el olvido. Asimismo, habitar las costumbres, los pensamientos y la forma de actuar en una parte de Colombia como lo es Cartagena de Indias, en medio de la presencia de negros, sacerdotes y gente del común del siglo XIX significa tener una experiencia susceptible de ser estética. De igual forma, la hipótesis abductiva: ¿Una estrategia didáctica fundamentada en la experiencia estética con el cuento y la novela podría contribuir al diálogo entre la literatura y la didáctica universitaria? Como estamos en la búsqueda y la construcción de la estrategia didáctica denominada *Cienciatura*, pensamos que efectivamente, y con base en las respuestas de los estudiantes de las dos dependencias académicas mencionadas, la estrategia didáctica podrá ser una posibilidad para que en la universidad los profesores de ciencias básicas aborden la literatura como mediación didáctica a fin de trabajar conceptos propios de la ciencia que enseñan. Hemos hallado que autores como Homero, Dante, Ovidio, Cervantes, Voltaire, Tolstoi, Dostoievski, Borges, Calvino, Yourcenar, Allende, Sábato, Carroll, Casares, Paz, Fuentes, Chimal, Pitol, Rulfo, Monsiváis, Arreola, Sor Juana Inés de la Cruz, Volpi, Monterroso, entre otros, han habitado el mundo de la ciencia a través de sus tramas.

REFERENCIAS

- Aguiar e Silva, V. M. (1986). *Teoría de la literatura*. Madrid: Gredos.
- Albaladejo, T. (1996). La ficción realista y la ley de máximos semánticos. En: E. Sullá, *Teoría de la novela* (pp. 297-304). Barcelona: Crítica.
- Arau, A. (Prod. & Dir.). (1992). *Como agua para chocolate* [Película]. México: Miramax Films-Arau Films International.
- Argos, J., & Ezquerro, P. (2013). Entornos hipertextuales y educación. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 14(3), 175-190. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2010/201029582009.pdf>
- Aspiunza, J. (2010). La naturaleza en «Über die bildende Nachahmung des Schönen», de Karl Philipp Moritz. *Contrastes: Revista Internacional de Filosofía*, 15, 25-42. Recuperado de <http://www.uma.es/contrastes/pdfs/015/ContrastesXV-02.pdf>
- Barthes, R. (1984). *S/Z*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Baumgarten, A. G. (1975). *Reflexiones filosóficas acerca de la poesía*. Buenos Aires: Aguilar.
- Borges, J. L. (2000). *El Aleph*. Buenos Aires: Alianza Editorial.
- Bruner, J. (1987). *Realidad mental y mundos posibles: Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*. Barcelona: Gedisa.
- Cabot, M. (1999). *La importancia de los estudios estéticos del siglo XVIII*. Recuperado de http://www.mateucabot.net/pdf/cabot_importancia.pdf.
- Cachapuz, A. F. (2007). Arte y ciencia: ¿Qué papel juegan en la educación en ciencias? *Eureka: Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 287-294. Recuperado de http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero_4_2/Vol_4_Num_2.htm
- Capanna, P. (1966). *El sentido de la ciencia-ficción*. Buenos Aires: Columba. Recuperado de <http://inabima.gob.do/descargas/bibliotecaFAIL/Autores%20Extranjeros/C/Capanna,%2>
- Cortázar, J. (1985). *Rayuela*. Buenos Aires: Círculo de Lectores.
- Del Valle, J. (2011). La dignidad de la imaginación. Alexander Baumgarten y el contexto de nacimiento de la estética. *Areté. Revista de Filosofía*, 23(2), 303-328. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1016-913X2011000200004&lng=es&nrm=iso
- Djerassi, C. (2011). La historia de la obra teatral «Oxígeno». *Ciència i literatura, del paper a l'escenari. Mètode*, 69, 97-102. Recuperado de <http://metode.cat/es/revistas/monografics/afinidades-electivas/la-historia-de-lobra->
- Dolezel, L. (1999). *Heterocósmicas: Ficción y mundos posibles (Perspectivas)*. España: Arco/Libros.
- Eco, U. (1993). *Lector in fabula: La cooperación interpretativa en el texto narrativo*. Barcelona: Lumen.
- Esquivel, L. (1993). *Como agua para chocolate*. Barcelona: RBA.
- Farina, C. (2005). *Arte, cuerpo y subjetividad. Estética de la formación y pedagogía de las afecciones* (Tesis doctoral, Universitat de Barcelona). Recuperada de http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/arte-cuerpo-subjetividad-experiencia-estetica-pedagogica/id/55252878.html
- García García, J. J., & González Agudelo, E. M. (2007). Entre la literatura y las ciencias experimentales: Hacia una mirada estética para el desarrollo didáctico de una cultura científica. *Uni-pluri/versidad*, 7(1), 39-45. Recuperado de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/articulo/viewFile/11921/>
- García Márquez, G. (1994). *Del amor y otros demonios*. Bogotá: Círculo de Lectores.
- Garrido Domínguez, A. (2011). *Narración y ficción: Literatura e invención de mundos*. Madrid: Iberoamericana/Vervuert.
- Giannetti, C. (2002). *Estética digital: Sintopía del arte, la ciencia y la tecnología*. Barcelona: ACC L'Angelot. Recuperado de http://artmetamedia.net/pdf/4Giannetti_EsteticaDigitalES.pdf
- Goleman, D. (1996). *Inteligencia emocional*. Barcelona: Kairós.
- González Agudelo, E. M. (2011). Sobre la experiencia hermenéutica o acerca de otra posibilidad para la construcción del conocimiento. *Discusiones Filosóficas*, 12(18), 125-143. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-612
- Henao, R. D. (2014). La razonabilidad estética como proceso interhumano y abductivo desde "Un descenso al Maelström". *Enunciación*, 19(1), 53-64. doi: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.enunc.2014.1.a04>
- Hidalgo, H. (Dir.). (2009). *Del amor y otros demonios* [Película]. Costa-Rica-Colombia-México: CMO Producciones-Alicia Films-Cacerola Films, S. A. de C. V.
- Huxley, A. (1979). *Un mundo feliz*. Bogotá: Plaza & Janés.

- Ianni, O. (2006). *Teorías de la globalización* (7ª. ed.). México: Siglo XXI. Recuperado de <https://books.google.com.mx/>
- Iser, W. (2005). *Rutas de la interpretación*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Jauss, H. R. (1992). *Experiencia estética y hermenéutica literaria: Ensayos en el campo de la experiencia estética*. Madrid: Santillana.
- _____ (2000). *La historia de la literatura como provocación*. Barcelona: Península.
- _____ (2002). *Pequeña apología de la experiencia estética*. Barcelona: Paidós.
- Kant, I. (2010). *Crítica del juicio*. Madrid: Gredos.
- Labrada, M. A. (1983). Estética y filosofía del arte: Hacia una delimitación conceptual. *Anuario Filosófico*, 16(2), 67-80. Recuperado de <http://dadun.unav.edu/handle/10171/2173>
- Landow, G. (1995). *Hipertexto: La convergencia de la teoría crítica contemporánea y la tecnología*. Barcelona: Paidós.
- Larrosa, J. (2003). *La experiencia de la lectura: Estudios sobre literatura y formación*. Barcelona: Laertes.
- Leibbrandt, I. (2012). La literatura juvenil histórica como medio para la construcción de la identidad. *Impossibilia. Revista Internacional de Estudios Literarios*, 4, 184-200. Recuperado de <http://ojs.impossibilia.org/index.php/impossibilia/article/view/37/39>
- _____ (2013). Fomentar la competencia emocional a través de la LIJ. *Lenguaje y textos. Revista de la sociedad española de didáctica de la lengua y la literatura*, 38, 149-157.
- _____ (2016). *La formación estético emocional a través de la literatura*. Granada: Comares.
- Maturana, H., & Varela, F. (1998). *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: La organización de lo vivo* (5ª. ed.). Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Montes, G. (1999). De lo que sucedió cuando la lengua emigró de la boca. *Lectura y Vida. Revista Latinoamericana de Lectura*, 20(3), 2-10.
- Moreno Torres, M., & Carvajal Córdoba, E. (2015). *Bases de una estrategia didáctica para la formación de profesores investigadores*. Bogotá: Aula de Humanidades.
- Moritz, K. P. (2004). Propuesta para la unificación de todas las bellas artes y las ciencias bajo el concepto de lo perfecto en sí mismo. En Burguera, M. L. (Ed.), *Textos clásicos de teoría de la literatura*. Madrid: Cátedra.
- Nubiola, J. (febrero-abril, 2001). La abducción o lógica de la sorpresa. *Razón y Palabra*, 21. Recuperado de http://www.razonypalabra.org.mx/antecedentes/n21/21_jnubiola.html
- Rueda Ortiz, R. (2007). *Pensar una pedagogía del hipertexto. Una teoría de la deconstrucción y la complejidad*. Barcelona: Anthropos Editorial.
- _____, & Quintana Ramírez, A. (2007). *Ellos vienen con el chip incorporado: Aproximación a la cultura informática escolar* (2ª. ed.). Bogotá: Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico.
- Téllez, M. (2004). Entre marcas y señales: Reabrir la pregunta por la razón de ser de la universidad. En H. Casanova, & C. Lozano (Eds.), *Educación, universidad y sociedad: El vínculo crítico* (pp. 216-238). Barcelona: Universidad de Barcelona/ Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <http://www.mec.maestrias.unach.mx/images/tablas/4/mingo.pdf>
- Vargas Guillén, G., y Rueda Ortiz, R. (1996). La pedagogía ante la tecnología como estructura del mundo de la vida. *Nómadas*, 5.

La ciudad de Aguascalientes, sus aguas termales y la higiene pública. Los baños de Los Arquitos, 1821-1994

The city of Aguascalientes, its hot springs and public hygiene. The baths of Los Arquitos, 1821-1994

Jesús Gómez Serrano*✉, Francisco Javier Delgado Aguilar**

Gómez Serrano, J., & Delgado Aguilar, F. J. (2017). La ciudad de Aguascalientes, sus aguas termales y la higiene pública. Los baños de Los Arquitos, 1821-1994. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 93-117.

RESUMEN

El artículo reconstruye la historia de los baños de Los Arquitos, uno de los monumentos más importantes con que cuenta la ciudad de Aguascalientes, cuya construcción fue impulsada por el cabildo en 1821, en el contexto de la emergencia de una nueva cultura de la higiene personal. En 1837 ya eran considerados uno de los edificios más notables de la ciudad. La ley de desamortización de bienes de corporaciones de 1856 forzó su venta a un particular, al que también se confió el cuidado del acueducto que abastecía de agua potable la ciudad. A partir de entonces, hubo grandes problemas entre los dueños de los baños y el cabildo por la gestión y el aprovechamiento del agua. Como resultado de la nueva legislación impulsada por la Revolución de 1910-1917, el cabildo fue desplazado y emergió el gobierno federal como figura que arbitraba las disputas por el agua. Los baños entraron en un periodo de franca decadencia

Palabras clave: baños públicos; higiene; gestión del agua; historia urbana; Aguascalientes; conflicto y negociación.

Keywords: public toilets; hygiene; water management; urban history; Aguascalientes; conflict and negotiation.

Recibido: 18 de octubre de 2016, aceptado: 24 de marzo de 2017

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

** Centro Universitario de Investigaciones Sociales, Universidad de Colima. Av. Universidad 333, Las Víboras, C. P. 28040, Colima, Colima, México. Correo electrónico: fdelgado@uacol.mx

✉ Autor para correspondencia

¹ "Decreto por el que se declara Monumento Histórico el inmueble integrado por el conjunto arquitectónico conocido con el nombre del Balneario de los Arquitos, ubicado en la Avenida de la Alameda s/n, en la ciudad de Aguascalientes, Ags.", 14 de diciembre de 1990, publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, 19 de diciembre de 1990.

a mediados del siglo XX, que se profundizó debido a la modernización de la ciudad y a los avances de la higiene pública. En 1993, cuando se temía su total destrucción, fueron comprados por el gobierno del estado, que los restauró y los convirtió en un centro cultural.

ABSTRACT

The article reconstructs the history of the baths of Los Arquitos, one of the most important monuments of Aguascalientes city. It is recalled that its construction was driven by the council in 1821, in the context of the emergence of a new culture of personal hygiene, stocking up on hot springs Ojocaliente wellhead. In 1837 they were already considered one of the most remarkable buildings of the city. The law of confiscation of property of corporations of 1856 forced its sale to a private care of the aqueduct that supplied water to the city was also trusted to this care. Thereafter, there were great problems between the owners of the baths and the council for the management and use of water. As a result of the new legislation promoted by the Revolution of 1910-1917, the council was displaced and the federal government emerged as a mediator figure to the water disputes. The baths entered a period of serious decline in the mid-twentieth century, which deepened due to the modernization of the city and advances of public hygiene. In 1993, when it was feared its total destruction, they were purchased by the state government, which restored them and converted them into a cultural center.

INTRODUCCIÓN

Los baños de Los Arquitos son uno de los tres monumentos históricos con declaratoria presidencial con que cuenta la ciudad de Aguascalientes.¹ Su

construcción fue alentada por el cabildo en 1821, en el contexto de la emergencia de una nueva cultura de la higiene personal y el cuidado del cuerpo. Sus salas de baño y albercas se abastecían de las aguas termales del manantial del Ojocaliente, que desde fines del siglo XVI habían alimentado las fuentes públicas y las huertas de la ciudad. En 1856 fueron desamortizados y desde entonces su aprovechamiento corrió por cuenta de particulares, hasta que en 1993, cuando su grado de deterioro hacía temer su total destrucción, fueron comprados por el gobierno del estado, que los restauró por completo y los convirtió en un magnífico centro cultural (García Rubalcava, 1994, p. 9). Este artículo recupera la historia de esos baños, haciendo un énfasis particular en las dificultades relacionadas con la gestión del agua.

Construcción

La villa de Aguascalientes fue fundada en 1575, en el contexto del descubrimiento de las minas de plata en Zacatecas, la consiguiente "guerra de los chichimecas" y la consolidación del camino que comunicaba esas minas con la Ciudad de México. El lugar preciso fue escogido gracias a los manantiales del Ojocaliente, que proveían agua "muy dulce y sana" y de los que se desprendía "un arroyuelo perpetuo del que beben todos los vecinos", como atestiguó un viajero a principios del siglo XVII (De la Mota y Escobar, 1966, p. 58). Por su parte, en 1609 el visitador Gaspar de la Fuente reordenó el lugar y trató de alentar el desarrollo de las huertas, argumentando que había "abundancia de agua" (Topete del Valle, 1980, pp. 45-48). En 1644 el oidor Cristóbal de Torres recordó que los manantiales eran "la causa principal" de la fundación de la villa, pero advirtió que no todos los vecinos tenían acceso al agua, porque los más ricos "sacaban y quitaban la dicha agua de la acequia principal" para regar sus trigales, "con que los pobres perecían y no iba en aumento la dicha fundación". Con el propósito de resolver el problema, Torres ajustó un título de composición con los vecinos, los cuales dispusieron desde entonces del agua "para el servicio de sus casas y familias, riego de sus tierras, viñas y chilares", quedando en manos del cabildo la facultad de hacer nuevas mercedes y arbitrar las disputas (Gómez Serrano, 2014, pp. 43-45).

Esta medida introdujo un principio de orden y un criterio de acuerdo con el cual se repartió el agua, lo cual no significa que en lo sucesivo dejara de haber problemas. De hecho, hubo muchos, unos entre la villa y el barrio de Triana, que se formó durante la segunda mitad del siglo XVII, otros entre los indios del

pueblo de San Marcos y los padres del convento de La Merced, e incluso uno muy sonado que tuvo como protagonista principal a un alcalde mayor que regaba generosamente sus trigales, al tiempo que los chileros de Triana "perecían por ser pobres" (Chevalier, 1976, pp. 276-277).

Pese a todos los problemas, se mantuvo vigente el espíritu del título de composición de 1644, que establecía que el agua era propiedad "del común" y confiaba su administración al cabildo, el cual tenía la obligación de mejorar la infraestructura y dar mantenimiento a las acequias. Al ramo de propios ingresaba el producto que dejaba la venta de agua y un regidor se encargaba de verificar que se dieran a cada propietario los riegos a que tenía derecho según su título o merced. Aunque los vecinos tomaban la que necesitaban para el consumo humano y la limpieza de sus casas, la mayor parte del agua se usaba en el riego de las numerosas viñas y huertas de la villa.

Esto empezó a cambiar en la época independiente debido al establecimiento de baños públicos, la construcción de plazas ajardinadas y jardines, como el de San Marcos (1831), y la creciente demanda de agua para el consumo humano y la higiene personal. De una manera lenta y casi imperceptible, pero a la vez irreversible, emergían nuevos hábitos de higiene, que impactaban directamente la demanda, el consumo y la administración del agua.

En este sentido, el primer aviso de que se avecinaban nuevos tiempos fue la solicitud que en mayo de 1808 hizo el dueño de la hacienda de Ojocaliente al virrey Iturrigaray para construir unos baños (Salas López, 1919, pp. 263-264; Topete del Valle, 1973, p. 68). Al parecer, la gestión no prosperó, o si el permiso se concedió la obra no fue ejecutada, pero es obvio que en los baños se pensaba emplear agua del Ojocaliente, lo cual, hasta donde se sabe, tampoco fue objetado por el ayuntamiento, gestor de los derechos relacionados con el uso de esas aguas.

No muchos años después, el 4 de mayo de 1821, en vísperas de la consumación de la Independencia nacional, fue el propio cabildo el que, "en consideración a la mucha utilidad que debe resultar [al] público", acordó impulsar la construcción "de algunos baños en el paraje del repartidero del agua del Ojocaliente", es decir, donde la acequia que bajaba del manantial se dividía en dos: la de Triana, que abastecía las huertas del sur de la

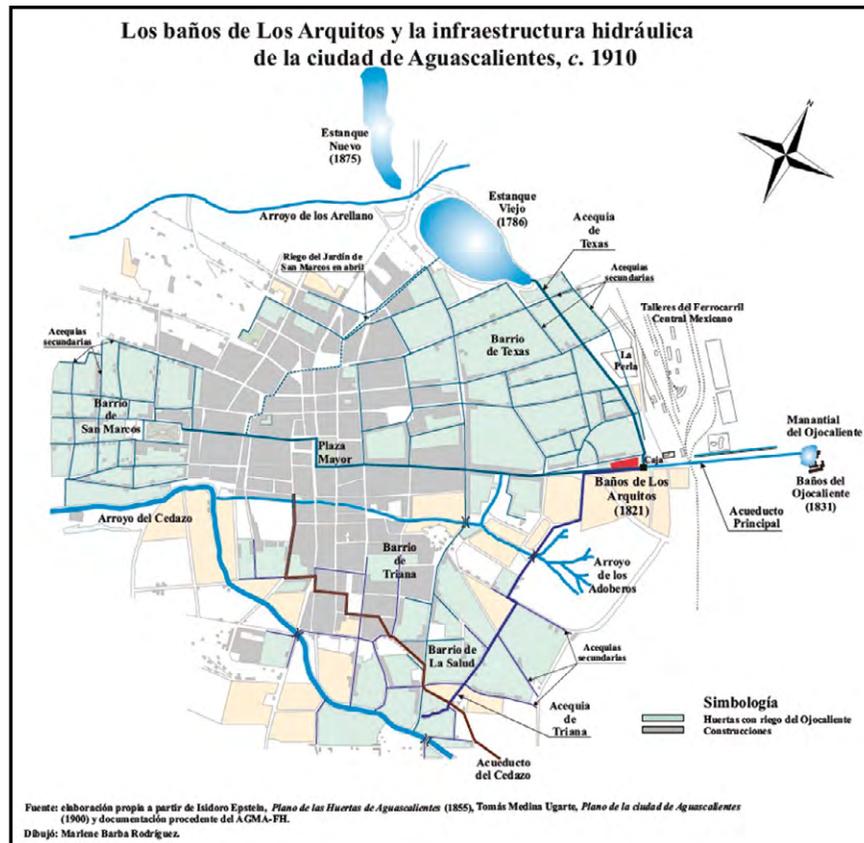


Figura 1. Plano de ubicación.
Dibujo de Marlene Barba Rodríguez.

ciudad, y la de Texas, que hacía lo propio con las del noroeste y descargaba sus remanentes en el llamado Estanque (figura 1). Como la corporación no tenía dinero para acometer la empresa, le propuso a cinco acaudalados vecinos que "a sus expensas" construyeran otros tantos cuartos para baño. Los escogidos fueron el cura párroco José María Berruero, el capitán Felipe Pérez de Terán, el presbítero Remigio Terán, el señor José María de Ávila (en compañía de su hermano, el presbítero Luis de Ávila) y el bachiller Benito Medina (asociado con Francisco Ávila).²

Los baños se construyeron con dinero de particulares pero para beneficio del "público", lo cual implicaba que su propietario era el cabildo. En un principio parece que hubo cierta confusión sobre el tema de la propiedad de los baños y los derechos del cabildo, pero en marzo de 1822, ya construidos y en uso, sus patronos donaron en toda forma sus

derechos a la corporación municipal. A cambio, obtuvieron algunos privilegios, como el de que ellos y sus familiares pudieran usarlos de manera preferente y en forma gratuita. Para el público en general se fijó una cuota de medio real por persona, siempre y cuando entraran dos o más personas al mismo cuarto, pues si entraba una sola pagaría un real. Se previó también que el dinero recaudado fuera empleado en "la recomposición de los expresados baños o placeres, para que estos no se arruinen", y en el mejoramiento de la "calzada o paseo del Ojocaliente".³

El paraje en que fueron construidos los baños se escogió "por venir a aquel lugar más templada y limpia", pero tenía el inconveniente de que no pertenecía al cabildo ni a ninguno de los patronos, sino a la hacienda del Ojocaliente, con la cual no se había llegado todavía a un acuerdo en marzo de 1822, cuando su administración fue cedida al cabildo. No fue sino hasta junio de 1830 cuando José María López de Nava, en su carácter de jefe político del partido de Aguascalientes y presidente del ayuntamiento, acordó con Tadeo Gutiérrez Solana, dueño de la hacienda, el pago de una renta de 20

² Fondo Histórico. Caja 477, exp. 24. Archivo General Municipal de Aguascalientes (AGMA), Aguascalientes. Además, García Rubalcava (1994, p. 7).

³ Fondo Histórico. Caja 477, exp. 24. AGMA, Aguascalientes.

reales al año por solar, que aseguró para el cabildo la posesión de los baños, aunque la hacienda conservó la propiedad del terreno, lo que en términos del derecho novohispano era un contrato de enfiteusis. Pero, "como no se sabía cuánto terreno ocupan los expresados baños", tuvieron que ser medidos, determinándose que ocupaban tres cuartos de solar, por lo que la renta o canon anual se fijó en 15 reales, "exhibiéndose tan luego como se otorgara la escritura las rentas que corresponden desde julio del año de 1819 hasta la fecha". Esta última precisión sugiere que se había tomado posesión del terreno desde mediados de 1819, aunque como se indicó en este escrito el cabildo acordó iniciar la construcción de los baños hasta mayo de 1821.⁴ Con el paso del tiempo, el canon cobrado por la hacienda aumentaría, porque el crecimiento de los baños determinó la ocupación de un terreno mayor.

Es probable que a mediados de 1830, cuando se acordó el pago de la renta, todavía no estuvieran construidos el gran pórtico de entrada y la galería con arcos neogóticos que acabó dándole nombre al lugar, pues el establecimiento se describe sólo como "los baños primeros del Ojocaliente [...] sitios al fin de esta ciudad, al viento oriente, dando vista al poniente". No muchos años después, en 1837, ya se mencionaba este edificio entre los notables de la ciudad, precisándose que contaba con "ocho placeres públicos para baños, en otras tantas piezas, bajo un grande corredor", lo cual quiere decir que se habían añadido tres baños y que ya se había construido toda la galería, el pasillo techado y los característicos arcos ojivales, aunque seguían sin mencionarse por ese nombre. Los baños representaban una mejora para la higiene pública, pero eran asimismo interesantes porque "el agua termal llega a ellos a una temperatura bastante baja y en un grado de calor que no puede ser nocivo" (Sociedad Mexicana de Estadística y Geografía, 1850, p. 178).

Con el paso del tiempo se construyó una segunda galería neogótica que hacía esquina con la primera y daba frente al sur. Todo el conjunto, incluidos unos lavaderos que daban servicio al público y una huerta, llegó a ocupar una extensión de dos solares,

el equivalente de unos 3 500 m². Como se recordará, en un principio los baños sólo ocupaban tres cuartos de solar y tal vez esa ampliación determinó también un aumento del pago que se hacía a la hacienda del Ojocaliente, dueña del terreno, pues originalmente se habían convenido 20 reales por solar al año.⁵

El primer "depositario" o administrador de los baños fue el capitán Felipe Pérez de Terán, segundo en la lista de patronos, que fue ratificado en el cargo en marzo de 1822, "por ser un sujeto de toda probidad, desinterés y acreditada conducta, y en quien puede este cuerpo descansar sin el más leve temor".⁶ La fórmula no es de mera cortesía, pues los baños fueron muy exitosos desde un principio y nada despreciable el dinero que producían. Conviene recordar que, aparte de ser uno de los hombres más ricos del lugar, Pérez de Terán había sido subdelegado y comandante militar del partido entre 1811 y 1816, la época más dura de la represión realista. La gran confianza que se depositó en él en los últimos días del régimen colonial fue ratificada en la época del Imperio, lo cual hace pensar que el retrato de este personaje como un "tirano" temible y fanático, autor de "inauditas crueldades" e "instrumento ciego de los verdugos de su patria", es básicamente una creación de la historiografía liberal y patriótica del siglo XIX, que hizo de la guerra de Independencia una hazaña, y convirtió a los insurgentes en héroes y a los realistas en traidores. El propio Agustín R. González, a quien debemos ese retrato, se muestra perplejo ante el hecho de que un hombre así, "que tantos odios concitó, no haya sido víctima de una venganza cuando dejó de ser autoridad", ni se le haya exigido responsabilidad luego de caído el antiguo régimen. "¡Terán murió en su hogar y en el seno de su familia el mes de diciembre de 1826!" escribe, admirado y casi estupefacto (González, 1881, pp. 53-55). ¿Qué hubiera escrito de haber sabido que el cabildo constitucional de la villa a la que supuestamente aterrorizó con sus exacciones le confió ya en la época del Imperio la administración de sus rentas "por ser un sujeto de toda probidad, desinterés y acreditada conducta"?

Aunque nadie pareció reparar en ello, la construcción de estos baños alteró los criterios con que se administraba el agua del manantial del Ojocaliente. A partir de entonces, antes de entrar a los diferentes barrios de la villa y regar las huertas, el agua abastecía los baños. Cinco en un principio, pero tan solicitados por los vecinos que con el tiempo llegaron a ser 19: 15 "chicos" y cuatro "grandes". Además, el éxito de este establecimiento puso sobre aviso al

⁴ Fondo de Protocolos Notariales. Protocolos del escribano José María Calvillo. Caja 48, exp. 1, fs. 326v-328v. Archivo Histórico del Estado de Aguascalientes (AHEA), Aguascalientes.

⁵ Fondo de Protocolos Notariales. Candelario Medina. Libro 17, fs. 184f-185v, 1877. AHEA, Aguascalientes.

⁶ Fondo Histórico. Caja 477, exp. 24. AGMA, Aguascalientes.

coronel José María Rincón Gallardo, el riquísimo dueño del latifundio de Ciénega de Mata, quien en 1829 compró la hacienda del Ojocaliente, donde estaba el manantial, y enseguida construyó unos "cuartos para baño", lo que implicaba reducir el volumen de agua que llegaba a la ciudad y daba riego a las huertas. Un viajero francés observó en el verano de 1824 que si las aguas del manantial se usaban en un establecimiento de baños públicos producirían "fortunas", lo que tal vez haya llegado a oídos de Rincón y estimulado su imaginación (Beltrami, 1976, p. 152). Como sea, la construcción de estos baños provocó un ruidoso enfrentamiento entre Rincón, que basado en la constitución federal argumentó que como particular podía "hacer de lo suyo lo que mejor le agrade", y el cabildo, que afirmó que Rincón era un "potentado" insolente que se complacía "en las lágrimas de los infelices hortelanos de este suelo", pero que no era él sino el pueblo el verdadero "dueño del agua".⁷ Sin mencionarlo, se aludía al título de composición de 1644, que en la época independiente seguía usándose como piedra angular de los derechos que tenía el ayuntamiento sobre las aguas del manantial. Hay que añadir que a mediados de 1832, cuando empezó a construir los nuevos baños, Rincón Gallardo tenía concesionada por el cabildo la explotación de los viejos. El ayuntamiento se opuso a la construcción de los nuevos baños con todos los medios a su alcance, pero su resistencia fue inútil y en 1836 la hacienda contaba ya con 14 "cuartos para baño". Desde entonces hubo los baños de Los Arquitos (también llamados Baños de Abajo o Baños Viejos), propiedad del cabildo, y los baños del Ojocaliente (conocidos también como Baños de Arriba o Baños Nuevos) (Acosta Collazo & García Díaz, 2015; Gómez Serrano, 2013).

Al fundar Constantinopla, el propio emperador se ocupó de enriquecer los baños de Zeuxipo con "altas columnas", mármoles y "más de sesenta estatuas de bronce"; 100 años después, a principios del siglo V, la ciudad contaba con ocho baños públicos y 153 privados (Gibbon, 2000, p. 251). Esta gran herencia grecorromana se conservó en el mundo musulmán pero se diluyó hasta casi desaparecer en la Europa

cristiana. En 1561, cuando Madrid se convirtió en capital de la monarquía, no había en la villa ni una sola casa de baños. En el curso del siglo XVII se fueron cerrando casi todos los baños que había en diversos pueblos y ciudades; los de Madrid, instalados en 1628, eran tal vez los únicos, "pero se decía que eran poco frecuentados". Hubo que esperar hasta fines del siglo XVIII para que, a la par que se extendían las nuevas ideas sobre la higiene pública, se empezaran a generalizar esta clase de establecimientos "en algunas capitales de provincia" (Matés Barco, 1999, p. 100).

En diversas ciudades mexicanas había baños públicos, que en algunos casos fueron construidos en la época colonial. Querétaro contaba con los del pueblo de indios de La Cañada, a las afueras de la ciudad, construidos por José Escandón en 1734. En 1815 fueron ampliados y con sus productos se pagaba el salario del maestro de la escuela del pueblo. Su administración corría por cuenta de la Junta de Caridad. Guillermo Prieto cuenta en sus *Viajes de orden suprema* que los cuartos de baño estaban "maltratados" y que su apariencia era "pobre", pero los salvaban sus deliciosas aguas termales, "que refrescan y vivifican los cuerpos [...] y despejan los espíritus". Las familias pudientes los visitaban en sus coches, acompañados de sus criados, que aseaban el baño antes de que fuera usado por sus patrones, proveían ropa limpia, encendían el fuego, preparaban la comida y alejaban a los curiosos. A las afueras de los baños se formaba un estanque llamado El Piojo, al que, como su democrático nombre sugiere, tenía acceso el pueblo en forma gratuita. Aunque luego se pusieron en servicio otros establecimientos, los baños de La Cañada eran los únicos que seguían funcionando en Querétaro a principios del siglo XX, pese a los lamentos de algunos cronistas, que decían que se habían convertido en un "foco popular de prostitución" (Suárez Cortez, 1998, pp. 37-38).

Desamortización

Amparado por la Ley Lerdo, que preveía la adjudicación en propiedad a sus arrendatarios de "todas las fincas rústicas y urbanas que hoy tienen o administran como propietarios las corporaciones civiles o eclesiásticas de la República",⁸ Jesús Carreón solicitó y obtuvo "la venta convencional de los baños que están ubicados en los suburbios de esta ciudad al rumbo oriente, conocidos por de los Arquitos".⁹

Carreón era un cincuentón chaparro, gordo, tartamudo y atrabiliario; un miembro conocido del

⁷ 2, 17, 1 y 2, 17, 3. Archivo del general José María Rincón Gallardo (AJMRG), México, D. F.

⁸ Decreto del gobierno "sobre desamortización de fincas rústicas y urbanas que administren como propietarios las corporaciones civiles o eclesiásticas de la República", en Dublán y Lozano (s. f.). Disposición N° 4715, 25 junio 1856, tomo VIII.

⁹ Escritura otorgada ante el escribano Candelario Medina el 6 de octubre de 1856. Fondo de Protocolos Notariales. Caja 66, exp. 4, fs. 238v-245v. AHEA, Aguascalientes. Lo alude Dávila (1985, p. 77).

partido liberal en la localidad, un hombre "activo, valiente y apasionado", "inculto e intolerante". Diputado al congreso local constituyente de 1857, "no comprendió el espíritu de las instituciones ni las prácticas parlamentarias". En política seguía "ciegamente" las opiniones de José María Chávez. Había hecho carrera en el ejército, del que llegó a ser coronel. En 1848 secundó la revuelta del padre Jarauta, poniéndose al frente de un cuerpo de la guardia nacional, y en 1852 apoyó el levantamiento del general Yáñez en Jalisco, ocasión en la que él y sus soldados "pelearon denodadamente", aunque fueron derrotados por completo, pues "cometió la torpeza de escoger para centro de sus operaciones militares la plaza de Guanajuato, donde cuatro años antes había sucumbido una revolución". "Ese hombre se había labrado una fortuna" que por lo menos en parte tenía sus orígenes en la desamortización de los bienes del clero, dice alguien que lo conocía bien (González, 1881, caps. XII, XIV y XVI). El coronel Carreón sería un buen ejemplo de esa clase de liberales que logró convertir la desamortización en un gran negocio, adquiriendo bienes a precios ridículos, sin tener que hacer siquiera un desembolso inicial (Bazant, 1977, p. 315; Knowlton, 1985, pp. 110-112).

La escritura de compraventa se otorgó el 8 de octubre de 1856, en los términos fijados por el ayuntamiento, que dadas las características de la ley de desamortización no tenía realmente mucho margen de maniobra. La fábrica de los baños se cedió junto con "el uso del agua", reservándose el cabildo tan sólo una naranja,¹⁰ de la que podría disponer "como y cuando lo tenga por conveniente para las fuentes públicas". Carreón se convirtió

igualmente en propietario "del acueducto o trayecto que conduce el agua a los baños desde su nacimiento" y de la "caja o depósito del agua", pero tenía la obligación de conservar ambas obras "siempre en buen estado", pudiendo "echar una cortina de calicanto a fin de volver el agua a la caja de donde hoy se filtra". Después de usarla en los baños, Carreón tenía que regresar el agua a la acequia, exactamente en los términos que se venía haciendo, "pues una vez que salga de los baños el agua ya no le pertenece".¹¹

Este desagüe, cabe recordar, alimentaba la acequia de Texas, que después de regar en su trayecto las huertas de ese barrio descargaba sus remanentes en el Estanque, con el que se regulaba parcialmente el riego de las huertas de la ciudad. En época de lluvias, la mayor parte del agua del manantial iba a dar al Estanque. La prescripción sobre el hecho de que el agua, después de usada en los baños, "ya no le pertenece" a Carreón, es importantísima y debe insistirse en el hecho fundamental de que el cabildo no vendió la *propiedad* del agua, sino sólo su uso; aquí está la clave del silencio de los horticultores, que no se opusieron a la desamortización de los baños y el acueducto, a pesar de que eran parte del sistema con que se regaban sus huertas, que como se dijo muchas veces constituían una pieza fundamental de la economía de la ciudad. La mejor prueba de ello se tendría unos años después, cuando dos particulares pidieron que se desamortizara en su favor el Estanque y tuvieron que enfrentar la ruidosa y bien orquestada oposición de los horticultores.

Según la escritura de compraventa de los baños, el canon o censo de 9.60 pesos anuales que se daba a los dueños de la hacienda de Ojocaliente por el terreno en que estaban construidos sería pagado en lo sucesivo por el comprador, lo cual quiere decir que el cabildo consideró que sólo la fábrica material de los baños estaba afectada por la ley de desamortización, pero no el terreno que ocupaban, que era propiedad de particulares. En los términos previstos por la ley de desamortización, se determinó que el valor de los baños resultaría "de los productos líquidos que dieron el año próximo anterior de 1855, capitalizando la cantidad que resulte al 6% anual". Al respecto, la tesorería municipal informó que se habían recaudado 718 pesos y 3 reales, con lo que el valor de la operación se fijó en 11 973 pesos, cantidad que Carreón reconoció deber al cabildo y garantizó con la fábrica misma de los baños, pagando un rédito o interés anual de 6%.¹²

¹⁰ La naranja es una medida antigua, equivalente a 64.8 litros por minuto, es decir, 3 888 litros por hora o 93.3 m³ al día. Galván (1849, p. 152) la define como "una medida o data de figura rectangular, de ocho dedos o seis pulgadas de largo y dos dedos o una y media pulgada de ancho, lo que equivale a nueve pulgadas cuadradas"; equivalía a ocho "reales" o 144 "pajas". El "Decreto sobre adopción del sistema métrico decimal", que establecía que el litro "será en adelante la unidad de medida para las aguas rústicas y urbanas", fue promulgado por el presidente Benito Juárez en San Luis Potosí el 2 de agosto de 1863 y publicado un par de semanas después en Aguascalientes por el gobernador José María Chávez (*La Revista*, 20 de agosto de 1863). Sin embargo, al igual que con las alcabalas, que fueron suprimidas por la Constitución de 1857, las antiguas medidas se siguieron usando en forma preferente durante mucho tiempo. En 1896 se decía que a partir del 16 de septiembre "dejará de usarse el cuartillo como unidad de medida para los líquidos y se usará el litro y el medio litro" ("Nuevas medidas para los líquidos", *El Católico*, 23 de agosto de 1896).

¹¹ Fondo de Protocolos Notariales. Caja 66, exp. 4, fs. 238v-245v. AHEA, Aguascalientes.

¹² *Ibid.* Según Epstein (1861) los baños producían 858 pesos anuales, exactamente 3.8% del dinero ingresado a la tesorería municipal, aunque no queda claro cuál es el año de referencia, pues en 1861, cuando se publicó el Cuadro, los baños ya no eran un arbitrio municipal.

Evidentemente, la operación fue muy ventajosa para Carreón, quien se convirtió en dueño de una negociación productiva sin tener que hacer ninguna inversión, corriendo apenas con los gastos derivados de la escrituración. Atado de manos por la ley de desamortización, el cabildo tuvo que desprenderse de una finca muy útil, que generaba un ingreso regular y nada despreciable, pero conservó la propiedad de las aguas del manantial del Ojocaliente, que había controlado en forma monopólica a lo largo de toda la época colonial y que en una fecha tan reciente como 1831 había defendido de las pretensiones de un hacendado rico e influyente. No fue un logro menor, habida cuenta del “frenesí por adjudicarse bienes de corporaciones” que hubo en esos meses en Aguascalientes y en todo el país; según sabemos, no sin dificultades se evitó la desamortización de la finca conocida como Parián, que proporcionaba la quinta parte de los ingresos municipales.¹³ En un terreno muy sensible, debido a esta operación el ayuntamiento quedó por completo a merced de un particular. Incluso tuvo que desprenderse de la caja de agua y el acueducto, aunque eso en apariencia entrañaba una ventaja, pues el nuevo dueño de los baños tendría que hacerse cargo de las reparaciones. Sin embargo, como fue quedando claro con el paso del tiempo, Carreón y sus sucesores no se preocuparon nunca por la cantidad y la calidad del agua que llegaba a la ciudad, sino tan sólo por el abasto de los baños. La actitud completamente pasiva o resignada del cabildo se advierte también en la forma en que fueron repartidas las aguas: una naranja “para las fuentes públicas” y toda la demás para los baños. En ese momento ni siquiera se trató de medir el caudal del Ojocaliente, sino que se estimaron de manera gruesa las necesidades de las fuentes que había en la ciudad, sin prever que la población crecería y con ella la demanda de líquido. Muchos años después se determinó que el manantial descargaba 16 naranjas de agua, lo que quiere decir que junto con los baños de Los Arquitos el cabildo cedió más de 90% del agua, lo cual tendría implicaciones catastróficas en términos del abasto urbano. Fue un problema del que no se

tuvo conciencia en 1856, tal vez por ese “frenesí” al que nos referimos líneas arriba; un problema que no fue enfrentado ni mucho menos resuelto hasta fines de siglo, durante la gestión del gobernador Rafael Arellano.

Curiosamente, los únicos que protestaron por la operación fueron dos sobrinos del presbítero Remigio Terán, uno de los cinco patronos que tuvieron en un principio los baños. Argumentando que tenían derechos “de propiedad” sobre uno de los cuartos de baño originales, el que había sido costeado por su tío, le pidieron al cabildo una indemnización, la cual obviamente no les fue concedida. Al parecer el asunto ni siquiera le fue turnado a Jesús Carreón, el nuevo dueño de los baños, quien podría pensarse que era ahora el responsable.¹⁴

La propiedad de los baños, 1864-1885

En 1864, a la muerte de Jesús Carreón, los baños de Los Arquitos fueron heredados por su viuda, Josefa García de Carreón.¹⁵ Ésta se los vendió en noviembre de 1877 a Ricardo del Valle, en 2 000 pesos,¹⁶ quien a su vez, menos de un año después, en junio de 1878, se los traspasó a los hermanos José Refugio, Vicenta y Librado Avelar, en 2 500 pesos.¹⁷ Del Valle hizo un buen negocio, pues en sólo ocho meses obtuvo un dividendo de 25% sobre su inversión; de hecho, pudiera pensarse que lo suyo fue una mera especulación y que nunca tuvo la intención de administrar los baños y hacerse cargo de todos los trabajos y dificultades propios de ese establecimiento. Los que tal vez se vieron sorprendidos fueron los hermanos Avelar, que no eran vecinos de la ciudad, sino de la cercana villa de Paso de Sotos (actual Villa Hidalgo), y pudieron creer que el negocio de los baños era bueno, cómodo y seguro.

En todas las operaciones de traspaso, los adquirentes hicieron suyas las obligaciones con que fueron adquiridos los baños por Jesús Carreón en 1856, en especial el censo de 11 793 pesos a favor de la corporación municipal de Aguascalientes, que redituaba un interés de 6% anual, y el canon de 9.70 pesos a favor de los dueños de la hacienda, en cuyos terrenos estaban construidos los baños. En agosto de 1880 los hermanos Avelar solicitaron al cabildo que el censo que reconocían se disminuyera a 5 000 pesos, “por serles evidentemente perjudicial el pago de los réditos consiguientes” a la cantidad original. Argumentaban que la ubicación de los baños (en las afueras de la ciudad) o la dificultad de trasladarse a ellos “cómoda y decentemente”,

¹³ Fondo Histórico. Caja 100, exp. 49. AGMA, Aguascalientes.

¹⁴ Fondo Histórico. Caja 4, exp. 16. AGMA, Aguascalientes.

¹⁵ “División de gananciales y adjudicación de los baños a la señora Josefa García de Carreón”. 27 de julio de 1864. Fondo de Protocolos Notariales. Candelario Medina. Libro 4, fs. 114v-122f, 1864. AHEA, Aguascalientes.

¹⁶ Fondo de Protocolos Notariales. Candelario Medina. Libro 17, fs. 184f-185v, 1877. AHEA, Aguascalientes.

¹⁷ Fondo de Protocolos Notariales. Candelario Medina. Libro 18, fs. 92f-94v, 1878. AHEA, Aguascalientes.

implicaban que la concurrencia fuera “escasa” y por lo mismo reducidos los ingresos, con los que, según ellos, no bastaba para “cubrir ni en la mitad sus gastos y réditos correspondientes”. Decían también que la reciente y “repentina” apertura de cuartos para baño en el hotel de los hermanos Chávez “vino a empeorar” la situación, pues estaban mejor ubicados (en la calle de Obrador, del otro lado del arroyo), eran más baratos y tenían regulada la temperatura del agua.¹⁸ Esta circunstancia de “competencia” no había sido prevista cuando los baños se le vendieron al señor Carreón e implicaba, según ellos, que el valor relativo de los baños de Los Arquitos había disminuido y en esa misma proporción debía ajustarse el censo que reconocían. Para colmo de males, decían, a los baños llegaba menos agua que en la época del señor Carreón, pese a “las recomposiciones continuas del acueducto”; según ellos, no contaban con líquido suficiente “para surtir ni cuatro baños”. La consecuencia lógica de ello era que su establecimiento se había depreciado y tenía que ajustarse a la baja el monto del censo que reconocían.¹⁹

El cabildo desestimó por completo el alegato y sólo respondió que no era posible acceder a lo solicitado, pues ello implicaría “menoscabar los intereses” de la corporación. Los hermanos Avelar, convencidos de que habían hecho un mal negocio, dejaron de pagar los intereses del censo, de manera que a fines de 1880 le debían al ayuntamiento 718 pesos, correspondientes a los intereses de todo un año. Apremiados, solicitaron un plazo de seis meses para pagar, lo que en principio se les concedió, pero bajo ciertas condiciones, entre otras, que dieran una garantía hipotecaria adicional que asegurara el pago de los réditos y “la conservación en buen estado de

la finca y sus acueductos”.²⁰ Los Avelar no aceptaron, “por no creernos obligados en derecho a hipotecar nuevas fincas”, y porque en general los términos que se les proponían les parecían “bien complejos y ambiguos”. Desesperados, trataron de vender los baños o simulaban una operación de traspaso, lo que notificaron al tesorero del ayuntamiento, pero desde luego no pudieron tirar la escritura de traslado correspondiente.²¹

Vencidos los plazos, el gobierno municipal ejerció la facultad económico-coactiva,²² embargó los baños, actualizó su avalúo y tomó la decisión de rematarlos. El nuevo avalúo de la finca consideró un total de 19 cuartos para baño, 15 “chicos techados de bóveda” y cuatro “grandes”, a más de despacho, corredor, cocina, unos “lavaderos deteriorados”, establo para caballos y el “huerto anexo”, todo con valor de 21 764 pesos, casi el doble de lo que se calculó en 1856, cuando fueron desamortizados a favor de Jesús Carreón. Vendidos a censo de 6% anual, hubieran implicado para el ayuntamiento un ingreso anual de 1 305 pesos. Aparentemente, el cabildo quiso corregir el error que cometió en 1856, obligado por la ley a vender a precio de ganga el establecimiento. La almoneda se llevó a cabo en las oficinas de la tesorería municipal el 18 de mayo de 1882, pero no se presentó ninguna oferta, lo cual puede atribuirse a la atonía económica de la época, pero también al hecho de que en el estado que guardaban, los baños no eran en realidad un buen negocio, cosa de la que estarían muy al tanto los posibles interesados. Ampliado el plazo, la subasta permaneció vacía, considerando incluso la “postura legal”, que suponía un descuento de la tercera parte sobre el avalúo. El comerciante Antonio Puga, dueño de un “acreditado” establecimiento en la calle de los Gallos (hoy Morelos), una de las mejores tiendas de la ciudad (Correa, 1937, p. 207, 1945, pp. 29-30), dijo que presentaría una oferta si los baños se le adjudicaban en los mismos términos que habían sido originalmente desamortizados y si, además, se le permitía redimir el capital “en abonos de a mil pesos”. El ayuntamiento decidió aceptar la oferta de Puga, dejando a salvo su derecho para cobrar a los señores Avelar los 1 155 pesos que debían por más de un año y medio de réditos vencidos. El 22 de mayo se dio posesión de los baños a Puga y el día 31 se otorgó la escritura correspondiente, fijándose el valor de la finca y todas sus mejoras en la cantidad de 11 963 pesos, que era apenas un poco más de la mitad de su valor real. Lo mismo que en 1856, los baños fueron cedidos con el agua del manantial del Ojocaliente y el acueducto,

¹⁸ En la prensa local se anunció que este local contaba con “baños de agua caliente” y uno “hidroterápico, de agua fría, conocido vulgarmente por baño de regadera”, lo que permitiría que “todos los aficionados a las abluciones frías o tibias” dispusieran de “un lugar donde satisfacer ese gusto, tan recomendado por la higiene y la buena educación” (*El Republicano*, 31 de marzo de 1878).

¹⁹ Fondo Histórico. Caja 105, exp. 46, 13 de agosto de 1880. AGMA, Aguascalientes.

²⁰ “Resolución del ayuntamiento sobre la solicitud de los hermanos Avelar, para que se les de un plazo de seis meses para pagar los réditos que deben al Ayuntamiento de la finca de los Baños de los Arquitos”. 24 de octubre de 1881. Fondo Histórico. Caja 155, exp. 9. AGMA, Aguascalientes.

²¹ “Oficio del tesorero al presidente del ayuntamiento en el que se informa que Ignacio Pérez [esposo de Vicenta Avelar] vendió los baños de los Arquitos al señor Pedro Martínez”. 21 de diciembre de 1880. Fondo Histórico. Caja 105, exp. 46. AGMA, Aguascalientes.

²² De larga data en el derecho público mexicano, la facultad económico-coactiva es el medio “idóneo” del que dispone la hacienda pública “para hacer efectivo el cobro de lo que se le adeuda” (Sánchez Luna, 2002, p. 666).

reservándose el ayuntamiento “una naranja de agua de corriente continua o como mejor le parezca” para surtir las fuentes públicas de la ciudad, pero dejando en manos del comprador la obligación de mantener en buen estado el acueducto y la “caja o depósito”. También se concedió al comprador el derecho de regar “un terreno o huerta” anexo a los baños. Los réditos se pagarían por anualidades vencidas y disminuirían en la medida en que Puga fuera redimiendo el capital. El comprador pagaría a los dueños de la hacienda de Ojocaliente “el canon o censo” por el valor del terreno en que estaban construidos los baños, los 9.70 pesos anuales establecidos desde la época de su construcción. Lo mismo que en la escritura primordial de 1856, se previó que “después del uso ordinario del agua y del que ahora se le concede para el riego de la huerta, queda obligado el comprador a hacerla volver para la acequia y bajo el mismo nivel, de la manera que hoy se verifica”.²³

Un tercero en discordia

En forma sorpresiva, el remate y la adjudicación de los baños fueron objetados por la señora María Concepción Gámez de Serrano, dueña de la hacienda del Ojocaliente, alegando que el cabildo, que reconocía su “dominio directo” del terreno en que estaban edificadas los baños, no le había comunicado su intención de enajenarlos, “por si quisiera adquirir el [dominio] útil haciendo uso del tanto y paga real y efectiva en el término legal”.²⁴ Desde un punto de vista técnico, el error del cabildo consistió en no avisar directamente y con toda la formalidad debida a la dueña de la hacienda de su intención de subastar los baños. Era un error de procedimiento y hasta cierto punto insignificante, considerando la cantidad que la hacienda percibía por el uso de ese terreno (menos de 10 pesos anuales), pero el abogado Urbano Gómez convenció a la señora Gámez de iniciar un juicio para solicitar la nulidad del remate fincado a favor de Antonio Puga. Si el valor real de los baños era de 21 764 pesos y habían sido escriturados en sólo

11 963, el adquiriente había hecho (supuestamente) un magnífico negocio, pero no se había respetado el derecho de la señora Serrano de hacer un primer ofrecimiento.²⁵

En primera instancia, el juez reconoció que el ayuntamiento había cometido el error de no darle aviso “directo e inmediato a la señora Concepción Gámez de Serrano” del remate de los baños de Los Arquitos, “cuyo dominio directo” le pertenecía, pero sentenció que ello no obstante “no ha lugar a decretarse la nulidad de la venta y consiguiente comiso del predio en que se hallan fincados los baños”.²⁶ La sentencia fue apelada por la señora Gámez de Serrano mediante un prolijo escrito que recordaba la historia de la hacienda del Ojocaliente, la servidumbre que existía sobre el agua del manantial y el acueducto, el dominio directo que conservaban sus dueños sobre el terreno en que estaban construidos los baños y, sobre todo, los vicios de forma del remate que se fincó a favor de Antonio Puga. El abogado de la señora Gámez argumentaba que la postura presentada por Puga “no era legalmente aceptable” y debía haberse desechado, que la decisión del cabildo de aceptarla era igualmente irregular y que al final de cuentas “la enajenación se llevó a efecto privadamente, fuera de remate y sin solemnidad alguna por el Ayuntamiento”, lo cual implicaba su nulidad jurídica. Insistía en “la obligación que el enfiteuta [el dueño de los baños] tiene de dar *anticipado y formal* aviso al Señor [la dueña de la hacienda], del precio que por la cosa censada se le ofrece, so pena de que la enajenación que *sin ese formal aviso* se hiciere sea *nula* y que el dueño del dominio directo pueda recobrar el predio por comiso”. Pero, en sentido jurídico estricto, ¿quién era dueño de los baños en el momento del remate: el cabildo o los señores Avelar? En realidad eran estos últimos, pues el ayuntamiento, aunque había procedido al embargo de la finca para asegurarse el pago de lo que se le debía, no podía en forma alguna figurar como propietario, impedido como estaba por la ley de desamortización del 25 de junio de 1856. Si los señores Avelar eran los enfiteutas, a ellos correspondía la obligación de dar a la dueña de la hacienda “el aviso formal y previo de la enajenación que se iba a hacer a favor del señor Puga”, cosa que no había sucedido. Se podía conceder que el cabildo no había procedido como enfiteuta, sino “en nombre de los señores Avelar”, pero ello lo obligaba a “dar el aviso”, lo que no había hecho. De la misma manera, no eran los señores Avelar los que habían vendido los baños, e incluso se podía presumir que la venta se había llevado a cabo “contra su voluntad”,

²³ El contrato de adjudicación de los baños de los Arquitos a favor de Antonio Puga. Fondo de Protocolos Notariales. Cesáreo L. González. Libro, 210, 5f-10f, 31 de mayo de 1882. AHEA, Aguascalientes. Por parte del ayuntamiento la escritura fue otorgada por Salvador E. Correa y Esteban Pérez, síndicos primero y segundo.

²⁴ El “derecho de tanto”, conocido en la antigua legislación castellana como “derecho de tanteo”, puede definirse como “la facultad que por ley o por costumbre jurídica tiene una persona para adquirir determinado bien con preferencia de diversos compradores y por el mismo precio” (Uribe García, 2003, p. 35).

²⁵ Demanda de nulidad de contrato de venta de los Baños de los Arquitos, María Concepción Gámez contra Antonio Puga”. Sección Civil. Fondo Poder Judicial. Caja 126, exp. 9, 1883. AHEA, Aguascalientes.

²⁶ Sentencia del 24 de octubre de 1884, en *Ibíd.*

lo que volvía "irregular y vicioso" el remate. En pocas palabras, todo el proceso estaba lleno de anomalías, por lo cual el licenciado Urbano Gómez pidió que se determinara

la nulidad de la venta hecha por el ayuntamiento de esta capital a favor del Sr. Antonio Puga del terreno en que están contruidos los baños de Los Arquitos, que tenía en enfiteusis dicha corporación y cuyo dominio directo corresponde a la Sra. Doña Concepción Gámez de Serrano, quien debe recobrar por comiso el predio, abonando al demandado las mejoras existentes.²⁷

El asunto llegó hasta el Supremo Tribunal de Justicia del Estado, en cuya sala se formaron dos bandos: el de los partidarios de la *forma*, que veían con buenos ojos los muy "correctos y bien acabados alegatos" del abogado Urbano Gómez y querían por lo mismo anular el contrato de venta de los baños a favor de Antonio Puga, y el de los partidarios del *fondo*, que sin dejar de reconocer los vicios del proceso creían que era más importante cuidar los legítimos intereses del cabildo. En su sentencia, fechada el 17 de abril de 1885, el Supremo reconocía como "fuera de toda duda" el hecho de que la hacienda del Ojocaliente "tiene constituido en enfiteusis el terreno donde están fabricados los baños de Los Arquitos", cosa que siempre había admitido el ayuntamiento y luego los dueños de los baños, "dándosele cada vez que se ha transferido el dominio útil, el correspondiente aviso por si quiere consolidar o reunir la propiedad". Sin embargo, no se hizo así en el remate que se fincó a favor de Antonio Puga, pues ni el tesorero municipal ni el escribano que protocolizó la venta de los baños le dieron aviso a la señora Gámez de Serrano, la cual, por esa razón, pudo usar su derecho de tanto y reclamar "el recobro del predio por comiso". Esta tesis había sido rebatida por el demandado, con el argumento de que el ayuntamiento no había concurrido al remate como vendedor, "sino como acreedor de los señores Avelar", a más de que el remate había sido públicamente anunciado "por medio de avisos que circularon en el periódico oficial del estado", lo cual

probaba que la almoneda no había tenido un carácter "privado", como quería el abogado de la señora Gámez de Serrano. Ésta había manifestado por lo menos en forma tácita su acuerdo con el remate y no expresó su "interés en reunir la propiedad", sino hasta después de que los baños habían sido rematados, luego "de haber visto que se hacían a la finca de los baños algunas reparaciones", lo que estimuló o despertó su interés.

En los considerandos de su sentencia, el Supremo Tribunal argumentaba que el ayuntamiento había vendido los baños no con carácter de "gestor voluntario" de los señores Avelar, como pretendía el abogado Urbano Gómez, "sino por su propia cuenta, ejercitando el derecho que la ley le concede para hacerse pagar por los deudores morosos", o sea, la facultad económico-coactiva. También se reconocía que "la venta se anunció por medio de pregones en el periódico oficial y debió llegar al conocimiento no sólo del dueño del dominio directo, sino a todos los individuos de la sociedad". Por esas y otras razones sentenciaba, en última instancia y sin posibilidad de apelación:

Se declara que por falta de aviso del remate que se verificó de los Baños de los Arquitos de que Don Librado, Don Refugio y Doña Vicenta Avelar fueron enfiteutas y cuyo dominio directo pertenece a la Señora Doña Concepción Gámez de Serrano, no ha lugar al comiso del predio ni la nulidad de la venta que de aquella finca se hizo en remate público.²⁸

En resumen, el abogado Urbano Gómez no logró su propósito de anular el contrato de compraventa de los baños ajustado con Antonio Puga, pero colocó al cabildo en un serio predicamento, e incluso provocó que las finanzas de la corporación se resintieran, pues ésta, para asegurar la validez legal del embargo y del consiguiente remate de los baños, tuvo que emprender en paralelo negociaciones con los hermanos Avelar, que fueron a la postre los involuntarios beneficiados con ese proceso. Cuando la tesorería embargó los baños, los Avelar debían 1 155 pesos, pues habían dejado de abonar durante un año y siete meses los intereses que redituaba el censo que reportaba la finca, cantidad a la que se añadieron "los gastos causados en el juicio o diligencias practicadas por el tesorero municipal para el pago de dichos réditos". En total, según las cuentas de la tesorería municipal, los Avelar debían 1 335 pesos. El tratar de recuperarlos por la vía judicial implicaba la posibilidad de que los afectados tomaran por oportunismo el partido de la señora Gámez de Serrano e impugnaran el remate

²⁷ Corrió mucha tinta con respecto a este asunto, por lo menos tres Informes o folletos publicados por las partes interesadas, que se conservan en la Sección Gráficos e Impresos, Fondo Histórico, caja 7, exp. 107, del AGMA, Aguascalientes, y se citan en las referencias, al final de este artículo.

²⁸ Sentencia pronunciada por el Supremo Tribunal de Justicia del Estado en el juicio civil ordinario, seguido por la Señora Doña Concepción Gámez de Serrano, contra el Señor Don Antonio Puga. La segunda proposición de la sentencia condenaba "al actor [la señora Gámez de Serrano] en el pago de las costas del juicio", cosa de la que en primera instancia se le había eximido, "por no aparecer temeridad notoria".

fincado a favor de Antonio Puga, pues en ese remate el cabildo figuraba como vendedor y no podía serlo, impedido como estaba por la ley de desamortización de bienes de corporaciones. Para neutralizarlos, el cabildo tuvo que negociar directamente con ellos, condonándoles la totalidad del adeudo a cambio de que éstos se desistieron formalmente y ante notario "de cuantos derechos pudieran tener [...] sea de la clase que fueren" relativos a la venta de los baños; igualmente se desistieron de su derecho "para hacer dichas reclamaciones" y dieron por terminadas "todas las diferencias, sin reservarse acción alguna para el futuro", devolviendo incluso, "en prueba de su conformidad [...] los títulos de propiedad que tenían en su poder". Por supuesto, fue el cabildo el que se hizo cargo de los gastos relativos a esta negociación, para lo cual, además, tuvo que obtener un permiso especial del Congreso del estado para hacer la condonación a favor de los hermanos Avelar, pues en materia de hacienda pública sus facultades eran muy limitadas.²⁹

Los baños y el mantenimiento de la acequia

En 1856, cuando los baños de Los Arquitos fueron desamortizados, el cabildo cedió también "el uso del agua" del manantial y el acueducto que iba del manantial a los baños, reservándose sólo una naranja "para las fuentes públicas" de la ciudad. Ello tenía la ventaja relativa de que el dueño de los baños iba a cargar con la responsabilidad de conservar la acequia "siempre en buen estado", pero también implicó que el abasto de agua de la ciudad quedó a merced de un particular, que podía o no aplicarse en la conservación de esa obra. A un lado del acueducto o acequia que llevaba el agua a los baños, había otro, más pequeño, que conducía el agua potable que abastecía las fuentes públicas. Además, a lo largo de la acequia principal hubo siempre "placeres" o charcos que se usaban como baños públicos y lavaderos, lo cual quiere decir que el agua no llegaba limpia ni mucho menos a los baños. La experiencia demostró una y otra vez que los adquirentes de los baños nunca tuvieron ningún sentido de responsabilidad con respecto al abasto público de agua. Con criterios modernos es sorprendente advertir que no se calculó la cantidad de líquido proveída por el manantial y que el cabildo haya estimado en forma tan somera que la

naranja de agua que se reservó era suficiente para abastecer las cinco fuentes que por entonces había en la ciudad (Epstein, 1861), sin considerar que con el paso del tiempo la población de la ciudad crecería, el número de fuentes se multiplicaría y emergerían nuevos hábitos de higiene, que elevarían en forma dramática los requerimientos de agua.³⁰

Por otro lado, sería un error concluir que antes de 1856 el cabildo mantenía en perfecto estado la muy pobre infraestructura hidráulica de la ciudad y que la desamortización de los baños haya implicado un dramático parteaguas. El crecimiento de la ciudad, el consiguiente aumento de la demanda de agua, la multiplicación de fuentes públicas, la emergencia de nuevos hábitos de higiene, las demandas de los particulares para construir fuentes de agua en sus casas o sus fábricas, etc., modificaron por completo la percepción que se tenía del agua y de su importancia en la vida diaria; el agua se convirtió en el "vital líquido", algo que a un lector moderno le parece obvio, pero que era completamente ajeno a la mentalidad de la época en que se realizó la desamortización de los baños, cuando ni siquiera los vecinos más ricos de la ciudad disponían de agua en sus casas. Como escribió Correa (1937, p. 219) a propósito de su padre, un abogado de buena posición y mejor educación, un "enamorado del agua" y las "abluciones matinales", instalado en el más decente mesón de la ciudad, que para darse ese gusto tenía que trasladarse a los baños de Los Arquitos o a algún otro establecimiento de baños públicos que había en la ciudad; "eso de bañarse en el domicilio sólo a los enfermos se les concede", añadía resignado, pues había que sacar el agua del pozo (eran muy pocas las casas que contaban con uno), "ponerla al sol para que se tibie y acarrearla después a la tina", o bien colocar debajo de ésta un "estrambótico" calentador de hojalata, lo que a su vez tenía otros inconvenientes, como el humo y el olor despedidos por el combustible.

Los problemas descritos aquí remiten al deterioro del acueducto, el costo de las reparaciones, la negligencia de los dueños de los baños y la impotencia del cabildo. Cuando se reportaban fallas en el suministro, el jefe político del partido revisaba el acueducto y encontraba fugas, pero los dueños de los baños se limitaban a hacer reparaciones baratas e insuficientes. En febrero de 1871, por ejemplo, las autoridades advirtieron que escaseaba el agua en las fuentes públicas de la ciudad, pero la dueña de los baños aseguró que no había encontrado el punto de

²⁹ Escritura tirada el 22 de agosto de 1882 ante el escribano Candelario Medina. Fondo Histórico. Caja 5, exp. 34. AGMA, Aguascalientes.

³⁰ En 1877 ya había 11 fuentes en la ciudad, incluida la de la cárcel de hombres (Fondo Histórico, caja 83, exp. 5, AGMA, Aguascalientes), y en 1891 sumaban 22, de las que 19 eran abastecidas por el manantial del Ojocaliente. Díaz de León (1892, p. 200).

la cañería donde se fugaba el agua y contraatacó argumentando que junto a su acequia, que era la que llevaba el agua a los baños y a las fuentes de la ciudad, había otra, "de dominio público", en la que mucha gente se bañaba o lavaba su ropa. Esta costumbre, por cierto, fue censurada por muchos personajes de la época, como el abogado y periodista Salvador E. Correa, quien habló de "los desórdenes que se cometen en la acequia del Ojocaliente al bañarse juntos hombres y mujeres".³¹

A la dueña de los baños estas implicaciones la tenían sin cuidado; ella se decía interesada "en la conservación perfecta del acueducto", por lo que disponía que "frecuentemente se inspeccione", pero esa labor se dificultaba porque la acequia pública derramaba en determinados pasajes sus aguas en la suya, lo que impedía localizar el lugar preciso de la avería y sobre todo "hacer la reparación". En realidad era necesario suspender la corriente mientras se hacía la compostura y luego "darle tiempo para que seque bien", pero según ella le competía al cabildo dar esta instrucción o tomar las medidas precisas al respecto, pues habría que darle momentáneamente otro cauce al agua y desde luego suspender el abasto a la ciudad.

De manera sintomática, la señora Carreón aprovechó la reprimenda que se le hizo en febrero de 1871 para pasar a la ofensiva, esbozando un diagnóstico según el cual el problema era de la ciudad y le tocaba al cabildo resolverlo, pero no con su agua ni alterando los términos del contrato de desamortización:

Hace tiempo que en mis baños me está faltando el agua y ayer mismo sólo hubo la suficiente para cuatro de ellos, de donde se infiere, o que efectivamente se está derramando y toma otra dirección, o que aumentando el número de fuentes con las tres de los jardines de San Diego, la de la Plazuela de San Juan de Dios y la del patio del Hospital Civil, ya no basta para ellas la naranja de agua que se estipuló en la escritura tener obligación de dar al Ayuntamiento para surtir las; y si fuere el segundo caso permítame hacerle presente desde ahora que ese aumento de agua para fuentes públicas será

en perjuicio de mis intereses, porque los baños carecen de la necesaria para su servicio.³²

Desde el punto de vista de la dueña de los baños, lo más importante era que hubiera agua suficiente en su establecimiento y se consideraba perdido el dinero empleado en la reparación del acueducto. A esta convicción se añadía muchas veces la negligencia del ayuntamiento, lo que daba por resultado que los problemas no se atendieran y que sólo emergieran en momentos de crisis, cuando faltaba agua en las fuentes públicas, lo que seguramente acarrearía las protestas de los vecinos y las denuncias en la prensa. A principios de 1876, por ejemplo, el ayuntamiento multó a la señora Carreón por "violar" la segunda cláusula del contrato de adjudicación de los baños, que obligaba a su propietario a mantener en buen estado la acequia. La señora Carreón alegó que el problema no era suyo y solicitó que la multa no se le cobrara, lo cual no le fue concedido, imponiéndosele el consiguiente embargo sobre sus bienes. Ello la obligó a iniciar una gestión judicial, pero pasaron "más de dos meses" sin que un representante del cabildo se presentara en el juzgado y se pudiera proceder al desahogo de las pruebas. El pleito se prolongaba y, podemos estar seguros, el abasto de agua no se regularizaba.³³ Casi veinte años después, a mediados de 1894, se señaló que la alameda del Ojocaliente estaba inundada y en un completo abandono, "convertido aquel lugar en una laguna, o mejor dicho en un pantano", lo que exigía la enérgica intervención del regidor del ramo.³⁴

En estas y otras muchas ocasiones sólo se adoptaron soluciones parciales y baratas, porque el cabildo no tenía dinero, los dueños de los baños trataban de eludir o minimizar su responsabilidad y el diagnóstico técnico del problema tenía un carácter apenas aproximado. No se contaba con un plano de las obras, las cañerías se encimaban y ni siquiera se había medido la cantidad de agua que descargaba el manantial. Esto último debía interesarles a los dueños de los baños, que lo eran también del agua que excediera la naranja cedida al ayuntamiento para el abasto de las fuentes públicas, pero ellos sólo se alarmaban cuando veían que el agua que llegaba a los baños era insuficiente. En realidad, lo que sucedía con frecuencia es que el cabildo culpaba a los dueños de los baños de los problemas y éstos se defendían alegando que no estaba en sus manos resolverlos, por los costos que ello implicaba o porque en su opinión el asunto competía al cabildo. En el contexto del juicio al que aludimos en el párrafo

³¹ *El Soldado de la Fe*, 29 de abril de 1891.

³² "Josefa G. de Carreón, dueña de los baños de Los Arquitos, dice que falta agua porque está rota la cañería y por el aumento de número de fuentes públicas". 18 de febrero de 1871. Fondo Histórico. Caja 71, exp. 2. AGMA, Aguascalientes.

³³ "Multa a la dueña de los baños de Los Arquitos por cortar el agua y no haberla en las fuentes públicas". 18 de marzo de 1876. Fondo Histórico. Caja 95, exp. 38. AGMA, Aguascalientes.

³⁴ *El Eco Social*, 8 de junio de 1894.

anterior, el cabildo acusó a la señora Carreón de "cortar el agua que surte a las fuentes públicas", pero ésta se defendió diciendo que eso no era cierto; que el problema tenía que ver con "la acción incesante del agua, la antigüedad del [acueducto] y su poca solidez", lo que ocasionaba "una gran filtración", hasta el punto de que el agua no bastaba para "surtir las fuentes públicas", pero tampoco para abastecer "ni siquiera dos de los baños que me pertenecen". Según esta argumentación, el problema la rebasaba y ella era víctima, al igual que el público, pues la gente no tenía agua ni en las fuentes públicas ni en los baños. Carreón añadía que cada vez que se ofrecía hacía las reparaciones necesarias en el acueducto y que de ninguna manera consideraba haber infringido el reglamento de regadíos, pues toda el agua usada en los baños era descargada en la acequia de Texas, que alimentaba el Estanque, de donde la tomaba el ayuntamiento para regular el riego de las huertas.³⁵

La forma en que las composturas parciales fueron creando con el paso del tiempo un problema mayor, de muy difícil y costosa solución, puede ilustrarse con una denuncia que hizo el jefe político Juan Cardona, en enero de 1880, de la "escasez de agua" que se observaba en las "fuentes públicas" de la ciudad. Explicando el tema de la propiedad de los baños, el presidente municipal Luis de la Rosa dijo que la corporación sólo era dueña de una naranja de agua, pero que incluso así sus derechos eran relativos o virtuales, porque el acueducto consistía apenas en "un caño simple" a lo largo del cual había muchas fugas, lo que tenía como resultado "que las más veces en el repartidero respectivo para los baños y las fuentes, no da la cantidad de agua suficiente". En ese momento se hacía "una compostura", lo que exigía dejar sin agua las fuentes, pues de otra manera no se podían efectuar los trabajos, pero lo más grave era que éstos "no llenan las condiciones precisas para evitar la pérdida del agua", lo que al jefe político le constaba de manera personal, porque junto con el alcalde había realizado una inspección o "vista de

ojos a aquellos trabajos". No se dice, pero se puede sobrentender que una reparación a fondo era muy costosa y técnicamente complicada, lo que la ponía lejos del alcance de los dueños de los baños o el cabildo.³⁶

En diciembre de ese mismo año, el jefe político se dirigía de nuevo al presidente municipal, quejándose de "la absoluta falta de agua en las fuentes públicas", lo cual se debía a que en algunos tramos el acueducto estaba destruido. Los dueños de los baños estaban haciendo "la compostura", pero los trabajos avanzaban en forma tan lenta y su carácter era "tan provisional", que no iban a durar más que un mes o poco más, lo que implicaba que los habitantes de la ciudad seguirían careciendo de agua. Por aparte, el jefe político se refería al estado lamentable de "la acequia que sirve para el uso del público", la que se usaba en forma gratuita como baño y lavadero; ahí había no "filtraciones", sino "verdaderos manantiales" que tenían inundado "una parte del camino que conduce a los baños grandes". En esta denuncia puede apreciarse la complejidad del problema, pues el propietario de los baños no cuidaba como debía el acueducto y el cabildo no cumplía su obligación de abastecer de agua las fuentes públicas, pero tampoco le daba a la acequia el mantenimiento mínimo.³⁷

Un poco después, a mediados de 1882, cuando acababa de adquirir en remate la propiedad de los baños, Antonio Puga se propuso reparar el acueducto y aumentar la cantidad de agua que llegaba a los baños. Es posible suponer que actuaba de buena fe, aunque de ninguna manera en forma filantrópica: sencillamente quería sacar el mayor provecho posible de su negocio. Sin embargo, pronto descubrió que eso iba a ser más difícil de lo que había pensado:

Al emprender las reparaciones que son necesarias, tropecé luego con el obstáculo de que la acequia pública está construida encima del caño que sirve para desagüe de los baños, lo que impide absolutamente poderlo limpiar y por cuyo motivo están inutilizados tres de los primeros baños. Además, como el agua de la referida acequia corre paralela con la del acueducto que sirve para surtir las fuentes públicas de la ciudad, no es posible advertir si hay [filtraciones] y aunque se notaran, no podrían evitarse por impedir la compostura la corriente continua del agua. Para evitar tan graves males, será preciso dar otro orden a la construcción de esa parte de la obra, ya sea cambiando el curso del agua de la acequia fuera de las paredes donde ahora está construida, hacia la espalda de los mismo baños o bien cambiar la forma que

³⁵ "Josefa G. de Carreón, dueña de los baños de Los Arquitos, dice que falta agua porque está rota la cañería y por el aumento de número de fuentes públicas, 18 de febrero de 1871". Fondo Histórico. Caja 71, exp. 2. AGMA, Aguascalientes.

³⁶ "Oficio del Jefe Político Juan Cardona al Presidente Municipal solicitando el nombre del encargado de los Baños de Carreón para proceder de acuerdo a su autoridad para evitar la escasez de agua en las fuentes públicas". 28 de enero de 1880. Fondo Histórico. Caja 104, exp. 5. AGMA, Aguascalientes.

³⁷ "Oficio del Jefe Político al Presidente Municipal diciéndole que por el mal estado del acueducto que conduce el agua carecen del líquido las fuentes públicas y los baños grandes". 22 de diciembre de 1880. Fondo Histórico. Caja 104, exp. 5. AGMA, Aguascalientes.

ahora tiene, pero de una manera que deje libre y expedito el caño de desagüe de los baños, facilitando a la vez para lo sucesivo, las composturas necesarias al acueducto de las fuentes en ese trayecto.

En un plan meramente técnico, este problema fue diagnosticado por Díaz de León (1892, p. 201), quien señaló que la causa era “la diferencia de altura entre la hidroteca”, o sea, la “caja” o charco en que se acumulaba el agua del manantial, y “el codo del hidrante en las fuentes públicas”, diferencia que provocaba que “la presión sea muy fuerte y determine con frecuencia la rotura de la cañería”; ésta, por su parte, estaba formada por “tubos de barro unidos por una soldadura especial”. Puga ofrecía llegar por su cuenta a un arreglo con los dueños de la hacienda del Ojocaliente, sobre cuyos terrenos corría la acequia, y hacerse cargo de los gastos derivados de la reparación, pero pedía a cambio que se le concediera “el uso del agua [...] a su tránsito por mi propiedad, sin aprovecharla en cosa alguna que se consuma, ni que impida el uso a que está destinada”. En otras palabras, quería aprovechar el agua en sus baños, situándola luego en la acequia de Texas, que como sabemos descargaba en el Estanque. En respuesta, la Comisión de Aguas del cabildo le permitió a Puga desviar “el agua de la acequia pública” hasta el “punto que crea más conveniente” y usarla en sus baños, “siempre que no la gaste” y la devolviera a la acequia “sin desviar su nivel”.³⁸

La evidencia documental disponible demuestra que las reparaciones que se hicieron en esa y otras ocasiones fueron provisionales y que de ninguna manera implicaron una verdadera solución del problema ni la utilización óptima del agua del manantial, con los criterios que proveía la ciencia moderna. Tampoco se resolvió nunca el problema de la escasez de agua en los baños de Los Arquitos y en las fuentes públicas de la ciudad, aunque como quedó claro después el problema remitía en buena medida a las grandes mermas que sufría el agua en su trayecto del manantial a los baños. Sólo tres años después, en septiembre de 1885, se lamentaba en el seno del cabildo la “muchísima escasez” de agua que había en “las fuentes públicas de la ciudad”, lo cual

se debía a las “roturas o filtraciones de consideración” que había en la acequia, las cuales “necesitan de una reparación pronta y eficaz”. ¿Qué había pasado con las reparaciones que acababan de hacerse y a las que por cierto no se alude? Lo más probable es que hubieran sido simples parches que resolvieron sólo de manera aparente y momentánea el problema. Como sea, se le recordaba al dueño de los baños su “obligación” de “conservar en buen estado del acueducto”.³⁹ La experiencia demostró una y otra vez, a lo largo de 40 años, que las reparaciones parciales no resolvían el problema y que en realidad era necesaria una reconstrucción completa de la acequia, lo cual no era obligación de los dueños de los baños, por lo menos en sentido estricto; el contrato de desamortización los obligaba a mantener “en buen estado” la caja de agua y el acueducto, pero no a rehacerlos por completo. Por su parte, el cabildo podía admitir que el problema le competía, pero carecía de los medios financieros y técnicos para acometer una empresa de esa envergadura. Como se verá, fue finalmente el gobierno del estado el que se hizo cargo de la situación.

Reconstrucción de la acequia

En realidad, el problema era tan grande que exigía una intervención mayor y muy costosa, lo que lo ponía lejos del alcance del cabildo, que no tenía dinero. No por casualidad, apenas instalado en el cargo, el gobernador, Rafael Arellano, dio pasos concretos y bien meditados en la dirección correcta. En diciembre de 1895, cuando tomó posesión, encontró que la acequia y el acueducto del Ojocaliente “se encontraban en un estado de deterioro lamentable”, por lo que ordenó su reconstrucción, repartiendo los gastos entre el gobierno del estado, la tesorería municipal y la Junta de Beneficencia (Arellano, 1899, caps. XXIII-XXIV). Sin embargo, lejos de atropellar a la corporación municipal e invadir el ámbito de sus atribuciones, tomó la razonable decisión de sumarla al esfuerzo, lo que facilitó los trabajos y permitió que la gran obra de renovación del sistema de abasto de agua arribara a buen puerto en el plazo de su mandato (Gómez Serrano, 2016).

Una de las primeras cosas que se hizo fue ordenar peritajes y estudios de carácter técnico. Puede parecer extraño, pero casi cuarenta años después de desamortizados los baños de Los Arquitos no se sabía cuánta agua producía el manantial, cuánta llegaba a los baños y cuánta se perdía en el camino. Se tenía la idea de que el desabasto y la insuficiencia de los riegos de las huertas se debían al hecho de que con el

³⁸ “Solicitud de Antonio Puga para reparar cañería de los baños y utilizar el agua de la acequia pública que surte las fuentes públicas, sin que ésta se consuma”. 23 de junio de 1882. Fondo Histórico. Caja 10. AGMA, Aguascalientes.

³⁹ “Que se repare la acequia que conduce el agua a los baños de los Arquitos por estar dañada y desperdiciarse agua”. 15 de septiembre de 1885. Fondo Histórico. Caja 159, exp. 19. AGMA, Aguascalientes.

paso del tiempo había disminuido el agua disponible, pero en realidad nunca se hicieron mediciones serias. Por otra parte, la naranja de agua que en el contrato de desamortización de 1856 se reservó para el abasto de las fuentes públicas fue cada vez más insuficiente, pues la población no dejó de crecer y las fuentes públicas se multiplicaron. En enero de 1895, sólo un año antes de que se emprendiera la reforma radical del sistema, el cabildo lamentaba que esa poca agua era insuficiente "para surtir las fuentes públicas [...] en la estación calurosa", por lo que no podía obsequiarse la solicitud de un empleado del Ferrocarril Central que quería "regar un pequeño jardín"; por lo demás, si el agua faltaba en las huertas, parecía completamente "superfluo" darla "para regar jardines".⁴⁰

Arellano pidió que se determinara con exactitud "la cantidad de agua que rinde el manantial del Ojocaliente", la que llegaba a los baños de los Arquitos y "la que realmente utilizan éstos", así como el estado de la "caja de agua" o represa que había a los pies del manantial. Se determinó que el manantial descargaba 1 037 litros de agua por minuto, "equivalentes a dieciséis naranjas", y que el acueducto o acequia medía 1 300 metros y estaba lleno de filtraciones que se derramaban en "la acequia pública de riego" o formaban "pequeños pantanos", lo que provocaba que en la caja repartidora de los baños de Los Arquitos sólo se depositaran 734 litros de agua por minuto, perdiéndose en el trayecto casi la tercera parte del caudal. Este sencillo cálculo constituía casi un hito, pues por primera vez en la historia de la ciudad se sabía con rigor cuánta agua producía el manantial que la había mantenido con vida durante más de trescientos años y, sobre todo, cuánta llegaba al lugar en el que se dividía entre los baños de Los Arquitos y la acequia que alimentaba las fuentes públicas.⁴¹

En forma simultánea, el gobernador obtuvo del cabildo las facultades que necesitaba para negociar con la dueña de los baños de Los Arquitos un nuevo

contrato, que dejara para beneficio de la ciudad el caudal excedente que se obtendría con la reparación del acueducto. Claramente, el asunto estaba dentro de la órbita de las facultades municipales, pues era la corporación la que había firmado el contrato de desamortización de los baños y tenía la responsabilidad del abasto de agua en la ciudad y del riego de sus huertas, pero Arellano convirtió el asunto en una de las prioridades de su administración y no se detuvo ante ningún obstáculo. Debido tal vez a los términos de claro beneficio público en que fue planteada la cuestión, el cabildo se limitó a cooperar, sin reclamar más protagonismo del que se le asignó. En una comunicación fechada el 9 de abril de 1896, Arellano daba por sentada la necesidad de reconstruir el acueducto, a fin de que dejara de perderse tanta agua, pero debería asegurarse que el volumen excedente "quedará en beneficio del municipio". Para lograr eso le pedía al cabildo que lo facultara para que, en su representación, procurara la modificación del contrato que había con la dueña de los baños de Los Arquitos, "en el sentido de que construyéndose un nuevo acueducto para el servicio de dichos baños y de las fuentes públicas, quede a favor del municipio el agua que pueda obtenerse de aumento respecto de la que hoy utilizan aquellos baños para su servicio".⁴²

En forma muy rápida se dio trámite a esta solicitud. La comisión que estudió el asunto recordó que la dueña de los baños era la responsable de mantener en buenas condiciones el acueducto, pero que debido a su pésimo estado se perdían casi cinco naranjas de agua. Si se reparaba el acueducto y esa agua se añadía a la naranja de la que ya se disponía, sería posible vender "concesiones para uso de fuentes en las casas particulares", lo que a su vez se traduciría en un nuevo arbitrio "de pingüe y segura utilidad". Siendo el agua un elemento de tanta importancia en la vida de cualquier ciudad, el ayuntamiento tenía el "deber ineludible" de procurar que mejorara el abasto. La comisión recordó además que eran bien conocidas la "constancia y laboriosidad" del gobernador en todos los asuntos relacionados con "el bien público", lo que aconsejaba ponerse en sus manos. De esta manera, sin más trámites ni dilaciones, se le autorizó para que en su representación gestionara la modificación del contrato que existía entre la corporación y la dueña de los baños de Los Arquitos, "en el sentido de que construyéndose un nuevo acueducto para el servicio de dichos baños y las fuentes públicas, quede a favor del municipio el agua que puede obtenerse de aumento respecto de la que hoy utilizan aquellos baños para su servicio".⁴³

⁴⁰ "Ocurso de W. P. Meller pidiendo permiso para poner una cañería y tomar agua de la acequia de Ojocaliente para regar un jardín de su casa". 8 de diciembre de 1894. Fondo Histórico. Caja 216, exp. 16. AGMA, Aguascalientes.

⁴¹ "Informe que dio al Ejecutivo del Estado el Ingeniero Tomás Medina Ugarte, del acueducto y caja repartidora de las aguas de los baños llamados de los Arquitos". 7 de abril de 1896. Fondo Histórico. Caja 225, exp. 24. AGMA, Aguascalientes.

⁴² "Proposición del gobernador Rafael Arellano al cabildo para que se construya un nuevo acueducto para evitar la pérdida de agua". 9 de abril de 1896. Fondo Histórico. Caja 225, exp. 24. AGMA, Aguascalientes.

⁴³ "Dictamen de la comisión especial encargada de modificar el contrato que existe entre el Ayuntamiento y la señora Puga para la construcción de un nuevo acueducto, 15 de abril de 1896". Fondo Histórico. Caja 225, exp. 24. AGMA, Aguascalientes.

En el despacho del gobernador se diseñaron las "bases preliminares" del nuevo contrato que se ofrecería a la señora Bernarda Mancilla viuda de Puga, dueña de los baños de Los Arquitos. La cantidad de agua de la que disponía la señora sería medida con "un procedimiento enteramente científico" y la medición se practicaría "en el lugar en que se separa la parte destinada a las fuentes de la ciudad". Haciéndose cargo de los gastos, el ayuntamiento se obligaría "a construir en las mejores condiciones posibles el acueducto que sirve a los baños y fuentes y a conservarlo en buen estado, a perpetuidad"; la viuda de Puga haría una aportación única de 300 pesos "para la construcción del mismo acueducto". Se preveía que una vez construido y en operaciones el nuevo acueducto, se mediría de nueva cuenta el caudal de agua, "con objeto de determinar la cantidad que pueda aumentar debido a la mejor construcción del acueducto". La cantidad adicional obtenida, añadida a la naranja que garantizaba desde 1856 el contrato de desamortización de los baños, "quedará a beneficio y como propiedad de la ciudad, sin perjuicio de la señora Puga, supuesto que le quedará el uso de una cantidad de agua enteramente igual a la que hoy utiliza para el servicio de los baños". Se preveía también la construcción de una nueva caja repartidora "que distribuya con precisión el agua que conforme a este contrato corresponda a cada uno de los contratantes". Las medidas serían hechas por dos peritos "nombrados por cada una de las partes contratantes", los cuales, "en caso de no ponerse de acuerdo, nombrarán ellos mismos un tercero que decida sobre la diferencia".⁴⁴

La propuesta era razonable para la señora Puga, pues se le garantizaba que dispondría de la misma cantidad de agua que alimentaban sus baños y se le relevaba de la obligación que tenía de conservar "en buen estado" y a sus expensas el acueducto y la caja de agua. Como explícitamente decía una de las bases propuestas, "la señora Puga dispondrá después de hecho el acueducto, de la misma cantidad de agua de que hoy dispone para los baños, y el Ayuntamiento dispondrá libremente de la que pueda obtenerse por el aumento". Sin embargo,

para sorpresa del gobernador, la señora Puga tomó tiempo para estudiar las bases que se le propusieron y al final de cuentas resolvió que eran "inadmisibles y por lo mismo inaceptables a sus derechos e intereses". Con algo que parece enfado, el gobernador informó al acabildo del resultado de sus gestiones, limitándose a señalar que el arreglo que propuso "no pudo prosperar".

En esta ocasión, sin embargo, el cabildo y el propio gobernador no estaban dispuestos a cejar en su empeño, razón por la cual se exploró la vía judicial. Por principio de cuentas se determinó que la señora Mancilla de Puga había faltado a la obligación que tenía "de conservar el acueducto y depósito del agua en buen estado", según se había establecido en el contrato de adjudicación de los baños de los Arquitos celebrado a favor de Antonio Puga. Por esa razón, con fecha 21 de diciembre de 1896, el cabildo en pleno acordó facultar a su síndico procurador, el licenciado Guadalupe López Velarde, padre del poeta, "para que exija judicialmente la rescisión [del contrato] formalizado el 31 de mayo de 1882, entre el Ayuntamiento referido y el señor don Antonio Puga". Los seis meses transcurridos entre las gestiones amistosas del gobernador y esta resolución sugieren que se intentó un acuerdo privado con la señora Puga, pero que ésta no aceptó ninguna propuesta. Durante el juicio, la viuda de Puga argumentó que la propuesta del gobernador le ocasionaba perjuicios "de gravísima importancia", pero la piedra angular de su defensa era una argucia jurídica: los baños habían sido adquiridos en remate y no mediante un contrato de compraventa, "y bien se sabe cuán distinto es un contrato de un remate y cuan distintos efectos jurídicos producen uno y otro". Ello implicaba, según sus abogados, que no existían "vínculos jurídicos" que la obligaran a mantener en buen estado el acueducto y garantizar el abasto de agua de la ciudad. Además, si ese contrato era rescindido los baños volverían a ser propiedad del cabildo, lo cual implicaría una violación de las leyes de desamortización.⁴⁵

Tal vez a la vista del curso incierto que podía tomar el juicio, tratando además de ganar tiempo, López Velarde llegó finalmente a un acuerdo privado con el mayor Alfredo M. Raphall, apoderado de la señora. A la postre, como dijo el gobernador, "sin grandes dificultades" fue posible conciliar las diferencias que había "entre el ayuntamiento y el propietario de los baños" (Arellano, 1899, cap. XXIV). En parte, las condiciones pactadas eran una repetición de las que se ofrecieron originalmente por

⁴⁴ *Modificación del contrato del Ayuntamiento y la señora Puga para la construcción de un nuevo acueducto y que el Ayuntamiento se quede con el agua sobrante que se obtenga. 25 de mayo de 1896. Fondo Histórico. Caja 225, exp. 24. AGMA, Aguascalientes.*

⁴⁵ *"Civil ordinario promovido por el síndico primero procurador del ayuntamiento, Lic. G. López Velarde, contra Doña Bernarda Mancillas viuda de Puga, por rescisión de contrato, costas, daños y perjuicios". 3 de febrero de 1897. Sección Civil. Fondo Poder Judicial. Caja 22, exp. 8. AHEA, Aguascalientes.*

medio del gobernador Arellano, lo cual quiere decir que no se cedió un ápice en lo fundamental, pero se añadieron ocho cláusulas que disipaban las dudas que aparentemente tenía la señora viuda de Puga. Se estableció que el ayuntamiento se haría cargo de la "conservación, mejora y cuidado del manantial que provee a los baños de Los Arquitos y fuentes de la población, así como la reparación de los muros que lo encierran y a los cuales se les ha dado el nombre de *Caja de Agua*". Se previó que "en el remoto pero posible caso de que el producto del manantial disminuya de un modo extraordinario, de tal suerte que pueda considerarse reducido de un modo permanente, se reducirán también en proporciones las cantidades de agua que corresponden al Ayuntamiento y a la señora Puga, conforme a este contrato, debiendo en todo caso, quedar íntegra la naranja de agua que hasta hoy se ha destinado al abastecimiento de las fuentes de la ciudad". Cuando faltara agua en los baños por causa de las obras de construcción o reparación de la caja de agua, el acueducto o la caja repartidora, el ayuntamiento estaría obligado a indemnizar a la señora Puga. Como la construcción del nuevo acueducto no podía hacerse hasta que hubieran terminado los trabajos que se hacían en la acequia "para el regadío", la señora Puga se obligaba "a conservar en el mejor estado de servicio que sea posible el acueducto que hoy conduce el agua para los baños de Los Arquitos y fuentes públicas de la ciudad". También se preveía que los gastos de peritaje "serán expensados por ambas partes, quedando a cargo de cada una el pago del perito que renombrare y si sólo se nombrare un perito, será pagado por ambas partes"; que la señora Puga se haría cargo de los gastos que había causado "el juicio que contra ella ha tenido que promover el Ayuntamiento en demanda de sus derechos" y que todo sería elevado a escritura pública, con lo cual quedaría legalmente modificado el contrato de adjudicación de los baños de 1882 a favor de Antonio Puga. La nueva escritura se otorgó sin muchas dilaciones, el 25 de febrero de 1897, añadiéndose tan sólo un calendario relacionado con el pago de la aportación de 300 pesos que debía

hacer la viuda de Puga para el nuevo acueducto, la facultad que tenía el cabildo para determinar el paraje en el que debía construirse la caja repartidora y el hecho muy importante de que el ayuntamiento se haría cargo "en todo tiempo [de] la conservación, mejora y cuidado del manantial, así como [de] la reparación de los muros que lo encierran", lo cual implicaba que "todos los gastos" relacionados con ello correrían por cuenta de la corporación. Por último, por razones de "amistad" del síndico López Velarde con el mayor Raphall "y por consideración a la señora Mancillas viuda de Puga", se convino en ajustar en 200 pesos "las costas y gastos" derivados del juicio iniciado contra esta última, a pesar de que tan sólo las costas, "liquidadas conforme a arancel, valen una cantidad mucho mayor".⁴⁶

En la escritura aludida se preveía que, "después de hecho el acueducto", se daría a los baños "la misma cantidad de agua de que hoy disponen", correspondiendo al ayuntamiento "la que pueda obtenerse por el aumento". Dicha cantidad fue medida el 13 de junio de 1898, "antes de hacerse la demolición del antiguo acueducto", determinándose que los baños recibían 347.3 litros por minuto.⁴⁷

La construcción del nuevo acueducto supuso la transformación de la acequia original, que serpenteaba y seguía el curso original del arroyo que formaban los escurrimientos del manantial, en una calzada completamente recta, un paseo arbolado trazado según criterios urbanísticos modernos (Espinosa, 1900, p. 25; Martínez Delgado, 2009, p. 127). La nueva avenida fue inaugurada el 16 de septiembre de 1899, con un "festival" al que acudió "lo más selecto de nuestra sociedad" y en el que hubo "juegos de sortija y carreras en bicicleta"; "por acuerdo especial del ayuntamiento" se le impuso el nombre de su promotor, el gobernador Rafael Arellano,⁴⁸ convirtiéndose de inmediato en la avenida más importante de la ciudad, una extensa y vistosa calzada, una réplica a escala local del Paseo de la Reforma de la ciudad de México. Al mismo tiempo se reconstruyeron la acequia que llevaba el agua de los riegos de las huertas y el acueducto que llevaba agua limpia hasta la caja en donde se distribuía el líquido entre los baños de los Arquitos y la cañería que abastecía las fuentes públicas de la ciudad.

Reconfiguración de las relaciones de poder

Gracias a los manantiales, que proveían grandes cantidades de aguas termales, en la ciudad estaba relativamente extendida desde siempre la costum-

⁴⁶ "Escritura de transacción entre el Ayuntamiento y la señora Bernarda Mancilla de Puga sobre la conservación, reparación y mejoras del Acueducto y Caja de Agua que conduce el agua a los baños de Los Arquitos y Fuentes Públicas de la ciudad", tirada el 25 de febrero de 1897 ante el escribano Eduardo J. Correa. Se publicó en Arellano (1899, anexo número 50).

⁴⁷ "Cantidad de agua que reciben los baños de Los Arquitos antes de la reparación del acueducto". 13 de junio de 1898. Fondo Histórico. Caja 250, exp. 8. AGMA, Aguascalientes. Lo reproduce Bernal Sánchez (1928, pp. 343-344).

⁴⁸ *El Republicano*, 24 de septiembre de 1899.

bre de bañarse; “la gente acomodada” usaba las piscinas y tinas de los baños de Los Arquitos, mientras que “la clase pobre” se bañaba en el Estanque o directamente en las acequias (Díaz de León, 1892, pp. 220, 222). Las obras patrocinadas por el gobernador Arellano transformaron la ciudad y mejoraron en forma sustancial el sistema de abasto de agua potable, pero también incidieron directamente en los baños de Los Arquitos, que eran el punto de partida de la nueva calzada. Aunque su dueña se resistió en un principio a aceptar la modificación del contrato que tenía con el ayuntamiento, no habrá tardado mucho tiempo en apreciar las grandes ventajas que las obras acarrearán para su negocio. La estación del Ferrocarril Central, los gigantescos talleres que esta empresa inauguró en 1903 al otro lado de las vías y la calzada con sus nuevos acueductos, su arboleda y su servicio de tranvías supusieron una transformación radical de toda esa zona de la ciudad, en la que incluso empezaron a planearse colonias para obreros. Y esa ciudad “moderna”, que era la prueba más visible de que el progreso había llegado a Aguascalientes, tenía como uno de sus atractivos los baños de Los Arquitos. Por los días en que se formaban en el horizonte los negros nubarrones que presagiaban la revolución y su inmensa ola destructiva, los baños de Los Arquitos se anunciaban como “un lugar de recreo entre árboles y flores, música y alegría” (figura 2); a los visitantes se les aseguraba que los domingos y los demás días festivos podían pasar un “rato agradable” en el jardín de la finca bebiendo *iron beer*, chocolate caliente o sodas minerales, comiendo *sandwiches* y escuchando a un conjunto de cuerdas que interpretaba “sus mejores piezas”.⁴⁹

Pero la revolución lo cambió todo y en pocos meses el optimismo que transmitían esos mensajes se convirtió en angustia e inconformidad. Entre 1910 y 1911, bajo los auspicios del gobernador Alejandro Vázquez del Mercado, se llevó a cabo una segunda y costosa reforma del sistema de abasto de agua potable (Delgado Aguilar, 2011, pp. 106-116; Martínez Delgado, 2009, pp. 177-189). La Compañía Bancaria de Fomento y Bienes Raíces, con la que se contrataron las obras, tomó la decisión aparentemente absurda de cegar el manantial y construir un tanque elevado de almacenamiento de agua, el cual alimentaría la nueva red de abasto (y los baños de Los Arquitos). Pero las obras se hicieron mal y de prisa, pues tuvieron que entregarse en mayo de 1911, antes de que Váz-



Figura 2. Invitación al público a los baños de Los Arquitos. Imagen originalmente publicada en *El Clarín* (1911).

quez del Mercado renunciara a su cargo y se refugiara en la ciudad de México. Esas obras, que costaron más de un millón de pesos y dejaron hipotecadas las finanzas públicas a largo plazo, no sólo no dieron los resultados apetecidos (la mejora integral del servicio de abasto de agua potable de la ciudad), sino que arruinaron las sencillas pero útiles obras patrocinadas sólo diez años atrás por el gobernador Arellano.

La señora Bernarda Mancillas viuda de Puga estaba segura de que sus baños no recibían los 347.3 litros de agua por minuto garantizados por el contrato de 1897, sino apenas un poco más de la mitad, sin considerar el hecho de que el ayuntamiento hacía caso omiso de su obligación de conservar el manantial y los acueductos en buen estado. A principios de 1912, un par de regidores realizaron una inspección de los baños, midieron el caudal que recibían y no tuvieron más remedio que darle la razón a la señora Mancillas, aunque alegaron que la culpa no era del cabildo, sino de la empresa que había hecho las nuevas obras de abasto, pues el bombeo de las aguas del manantial había provocado que disminuyera su nivel y, en consecuencia, que se viera afectado el suministro de agua en toda la ciudad, no sólo en los baños (Delgado Aguilar, 2011, pp. 235-236). Sin embargo, se tenía la esperanza de que el problema se resolviera pronto, pues la legislatura había declarado “insubsistentes” los contratos firmados entre el gobierno del estado y la Compañía Bancaria, lo que debía traducirse en la restitución al ayuntamiento de las facultades que tenía en materia de abasto de agua.⁵⁰

⁴⁹ Anuncio publicado en *El Clarín*, 15 de abril de 1911.

⁵⁰ Decreto 1518, del 1 de marzo de 1912, en *El Republicano*, 3-III-1912.

Pero lejos de resolverse, los problemas se agravaron, porque esa medida tenía un carácter político, no técnico, y el propósito muy legítimo del gobierno era desconocer el inmenso fardo que había sido puesto sobre las raquíticas finanzas públicas, no resolver el tema del abasto de agua. De hecho, abundan entre 1912 y 1914 las quejas de las hijas y herederas de la señora Mancillas, en el sentido de que los baños carecían por completo de agua, lo que ellas atribuían al descuido del cabildo, que tenía abandonadas las obras de almacenamiento y distribución, aunque había que tomar también en cuenta el carácter atrabiliario de un alcalde, que suspendió el abasto de agua durante las noches a los baños, sin importarle que eso entrañara una nueva violación del contrato de 1897, que se suponía vigente.⁵¹

Por otra parte, hay documentos que sugieren que la calidad del servicio que se daba en este establecimiento decayó en forma alarmante. El 15 de junio de 1920, por ejemplo, los baños fueron inspeccionados por dos regidores, quienes los encontraron "en pésimas condiciones, tanto en lo relativo a su higiene como a su servicio", pues "el mozo encargado del aseo está atacado de una infección de la piel de las manos, los estropajos se usan dos veces [...] la alberca se encuentra igualmente sucia, llena de cieno, de basuras y mugre" y las tinas no tenían llaves, empleándose en su lugar "tapones de madera con ajustes de trapos muy viejos y sucios". El dictamen era demoledor y sin ambages se recomendaba que los baños fueran cerrados si no se lograba que sus dueños atendieran como debían un negocio de esa naturaleza, pues tal como estaban eran "un foco de infección y peligro" para sus usuarios. En marcado contraste, los mismos regidores encontraron que los "baños grandes" se hallaban "en buen estado de limpieza e higiene".⁵² Habían transcurrido menos de diez años desde la época en que los baños de Los Arquitos se anunciaban como un hermoso e higiénico "lugar de recreo", pero el servicio que brindaban distaba mucho de esa imagen idílica y quedaba claro que la culpa no podía echarse por completo

a las dificultades para abastecerse de agua. Con alguna frecuencia llegaban a la prensa quejas sobre la dudosa limpieza de las albercas y baños, lo que motivó una reflexión sobre el supuesto carácter higiénico de esa clase de establecimientos, pues había en ellos tal cantidad de "microbios" que bien podía suceder que las personas que iban ahí "con la idea de asear su cuerpo" se contagiaron de "alguna infección". De hecho, en varias ocasiones los baños fueron clausurados alegando su falta de higiene.⁵³

El país se pacificó y las actividades fueron recuperando poco a poco su normalidad, pero los problemas de abasto de agua no sólo no se resolvieron, sino que se complicaron, pues al crecimiento de la ciudad y el consiguiente aumento en la demanda para usos domésticos se añadió la creciente injerencia del gobierno federal en materia de aguas. Como resume Martín Sánchez Rodríguez (2005, pp. 142-143, 150-151), el proceso de centralización de los recursos hidráulicos en manos del gobierno federal fue largo y complejo; se puede remitir a la Ley General de Vías de Comunicación de 1888, a la que se añadieron la ley de aguas de 1910 y el artículo 27 de la Constitución de 1917, que declaró que la nación ejercía sobre las aguas un dominio "inalienable e imprescriptible", siendo el gobierno federal la única entidad facultada para concesionar su uso a los particulares. La culminación de este proceso de "pérdida paulatina" de las facultades que durante siglos habían ejercido los cabildos se dio en 1947, con la creación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. La lucha por el control del agua es uno de los terrenos en los que se pueden advertir claramente los hilos de continuidad que unen el porfiriato con el nuevo régimen emanado de la revolución y no deja de ser "una ironía de la historia" que los sepultureros de un régimen lo hayan llevado al mismo tiempo a su perfección, como le dijo Jean Meyer en entrevista a Christopher Domínguez Michael (2012, p. 368).⁵⁴ Una de las claves radica en la absoluta "superioridad financiera y tecnológica" que detentaba el gobierno federal, que lo hacía capaz de "diseñar y emprender obras de abasto e irrigación que estaban fuera del alcance de las autoridades locales"; a través del Banco Nacional Hipotecario, Urbano y de Obras Públicas el gobierno federal otorgaba créditos para la construcción de sistemas de abasto de agua y drenaje, entre otras cosas, pero a cambio las autoridades locales cedían "la administración del servicio público correspondiente, incluyendo el manejo de los ingresos en caso de que se cobrara alguna tarifa, como ocurría con el abasto de agua". Como era de esperarse, este proceso de

⁵¹ "Solicitud del apoderado de la dueña de los baños de Los Arquitos por escasez de agua". 23 de marzo de 1914. Fondo Histórico. Caja 408, exp. 17. AGMA, Aguascalientes.

⁵² "Informe del regidor José María Durán Sigala sobre la inspección de los baños grandes y de Los Arquitos". 17 de junio de 1920. Fondo Histórico. Caja 494, exp. 21. AGMA, Aguascalientes.

⁵³ *La Opinión*, 9 de agosto de 1928, en Delgado Aguilar (2011, pp. 245-246, 248).

⁵⁴ En el mismo sentido, hablando de "la escasez de reformas en el decenio de 1920", Knight (1996, vol. II, 1066) alude al "ratoncito político" parido por "la gigantesca montaña revolucionaria" y a la "gran continuidad" que hay entre el antiguo régimen y el nuevo.

centralización “desató múltiples resistencias” y “uno de los principales bastiones de oposición” fueron los ayuntamientos, que a lo largo de toda la época colonial y el siglo XIX habían desempeñado un papel protagónico en este terreno (Delgado Aguilar, 2011, pp. 126-127).

Pero como es sabido, las historias locales están llenas de entresijos y sorprendentes complicaciones, producto de las circunstancias, de tal manera que “el fortalecimiento del gobierno federal” no se tradujo siempre ni automáticamente “en la imposición de los intereses del centro sobre los grupos e instituciones locales”, sino en “una reconfiguración de las relaciones de poder a nivel regional”. En Aguascalientes, un episodio clave del intervencionismo federal fue la nacionalización del río San Pedro, el principal de la jurisdicción, a la que el gobernador Rafael Arellano Valle (1920-1924) se opuso inútilmente. A ello se añadió la nacionalización del manantial del Ojocaliente, impulsada por la Secretaría de Agricultura y Fomento y decretada el 14 de enero de 1929. El cabildo se defendió con todos los medios a su alcance y por supuesto exhibió el título de composición de 1644, piedra angular de sus derechos a esas aguas, pero todo fue inútil, pues la decisión del gobierno federal de cambiar las reglas del juego era irrevocable (Delgado Aguilar, 2011, pp. 128-132).

La relación entre los dueños de los baños de los Arquitos, el cabildo de Aguascalientes y el gobierno federal proporciona un ejemplo perfecto de esta reconfiguración de las relaciones de poder. En 1921 las hijas de la señora Mancillas obtuvieron del cabildo una concesión que se antoja extraordinaria para cavar un pozo en el manantial del Ojocaliente que abasteciera en forma exclusiva sus baños. Al mismo tiempo, por lo que parece, introdujeron mejoras y anunciaban en la prensa local que sus baños eran higiénicos, que los precios eran “bajos” y que a la clientela se ofrecía “un esmerado servicio”.⁵⁵ Gracias a ese pozo pudo construirse la “alberca Puga”, la primera piscina que hubo en la ciudad, que tenía forma elíptica y unos 25 metros de largo; Heliodoro Martínez López (1978, pp. 29-30) recuerda que él y sus amigos iban a nadar en ella todos los sábados y realizaban una “hazaña” consistente en atravesarla en ambos sentidos, “nadando bajo el agua”. Algunos años después, en 1928, se rescindió por mutuo acuerdo el contrato de 1897, con lo que las dueñas de los baños tomaron a su cargo “la conservación, mejora y cuidado del

manantial, así como la reparación de los muros que lo encierran y el canal que conduce el líquido a los baños”. Pero casi enseguida vino la mencionada nacionalización del manantial del Ojocaliente, lo que implicó, por así decirlo, la intrusión del gobierno federal y el desplazamiento del local. De inmediato, las dueñas de los baños le pidieron a la Secretaría de Agricultura y Fomento “la confirmación de sus derechos para utilizar las aguas de los manantiales”, a razón de “59 litros por segundo” y un litro más por segundo “destinado al riego de la huerta y el jardín” (Delgado Aguilar, 2011, p. 236).

La respuesta del cabildo no se hizo esperar, pues unió fuerzas con la legislatura local, la cual decretó, el 31 de enero de 1930, “la expropiación, por cuenta del gobierno del estado, de los manantiales de la hacienda de Ojocaliente, que abastecen de agua a la ciudad”. Obviamente, el gobierno federal no se quedó cruzado de brazos y exigió la derogación de ese decreto, argumentando que era inconstitucional e invadía sus facultades, toda vez que el manantial había sido nacionalizado. El gobernador no tuvo más remedio que pedirle formalmente al congreso que anulara la expropiación, “a fin de que tanto ese cuerpo legislativo como este ejecutivo no sigan apareciendo como desobedientes a las leyes federales” (Delgado Aguilar, 2011, pp. 237-238).

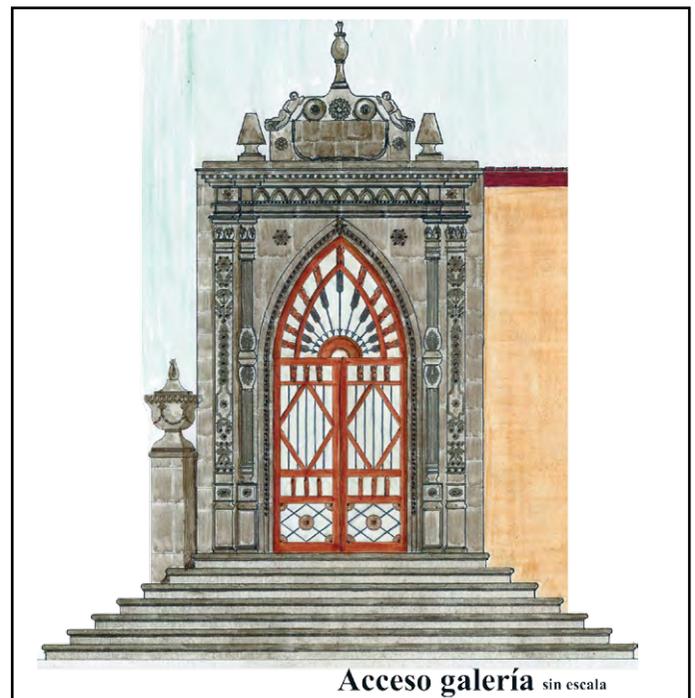


Figura 3. Arco ojival de entrada a los baños de Los Arquitos. Dibujo de Marlene Barba Rodríguez.

⁵⁵ *El Renacimiento*, 3 de noviembre y 22 de diciembre de 1921.

A la postre todo fue una escaramuza y cuando la polvareda se asentó pudo apreciarse con más claridad la nueva disposición del escenario. En lo sucesivo y a lo largo de muchos años los dueños de los baños de Los Arquitos y el cabildo pelearon por el agua del manantial del Ojocaliente ante el gobierno federal, el cual arbitró las disputas e impartió justicia invocando el bien superior de la nación. En abril de 1931, por ejemplo, "las hermanas Puga se quejaron de que el presidente municipal les impedía el acceso a los manantiales", lo cual fue negado, aunque se reconoció que los trabajos de bombeo del ayuntamiento reducían "el nivel del manantial que surte a los baños de Los Arquitos". Pero no había más remedio, pues el "bien público" debía preferirse a los intereses de un particular, sin considerar el hecho de que el acueducto que alimentaba los baños estaba en "muy malas condiciones", lo que se traducía en la reprensible pérdida de gran cantidad de agua. Casi enseguida, en junio de 1931, el gobernador le sugirió al cabildo que tramitara ante la Secretaría de Agricultura y Fomento la cancelación de la concesión que tenían las señoras Puga, argumentando que en todo el país las autoridades locales estaban impugnando canonjías como esa, que reñían con "los intereses colectivos". El cabildo tomó de buen grado la estafeta e hizo formalmente la petición, pero se llevó una desagradable sorpresa, pues en la ciudad de México se dictaminó que las señoras Puga no contaban como tal con un título que confirmara sus derechos y que las aguas que se usaban en sus baños eran enseguida devueltas "al canal municipal, que abastece a la población de Aguascalientes", lo cual implicaba que el agua no se desperdiciaba. En realidad, todo parecía una maniobra urdida por el ayuntamiento con el exclusivo propósito de "perjudicar los intereses de las señoras Puga" (Delgado Aguilar, 2011, pp. 239-240).

En la década de 1930 los baños de Los Arquitos pasaron a manos del abogado Leopoldo Estrada, que ocupaba nada menos que el cargo de juez de distrito (Sandoval Espinoza, 2008, pp. 67-68). Este doble carácter convertía a Estrada en juez y parte de la disputa que sostenían autoridades locales, autoridades federales y particulares por el control del manantial del Ojocaliente. Puede leerse como un anuncio de lo que vendría un poco después el amparo que concedió en julio de 1941 a los dueños de varios baños públicos en contra del cabildo, a los que se

les había suspendido el suministro de agua. Aunque su cargo de juez de distrito lo inmunizaba contra las quejas y maniobras del cabildo, en la ciudad se tenía la idea de que Leopoldo Estrada y sus baños de Los Arquitos eran en buena medida los responsables de la escasez de agua que se padecía. Los vecinos de la colonia Gremial y la combativa Junta de Usuarios de Agua llegaron a decir en 1943 que el gran problema de esos baños no era su carácter antihigiénico, sino el hecho de que desperdiciaban grandes cantidades de agua; abusando de su cargo y creyéndose "intocable", Estrada "despilfarró miserablemente" más de la mitad del agua producida por los manantiales, pero las autoridades eran "pusilánimes" y preferían no enfrentarse con él (Delgado Aguilar, 2011, pp. 139, 143, 396).

La crónica escasez de agua en buena parte de la ciudad y la incapacidad del cabildo para resolver el problema determinó la radicalización de los quejosos, que estaban muy bien organizados y contaban con el apoyo del sindicato de trabajadores de los FFNNMM, muy poderoso en la localidad. Los baños de Los Arquitos se convirtieron en el chivo expiatorio o en la causa principal del "terrible" problema que padecía la ciudad, tal vez porque eran propiedad del juez de distrito, a quien se suponía prepotente y abusivo. Durante una manifestación pública de descontento que se llevó a cabo el 12 de junio de 1943, se demandó la clausura de los baños, "en vista del enorme volumen [de agua] que se pierde, ya que ni siquiera es utilizada por los propietarios de dichos baños, sino que limpia, sin usarse, es tirada a la acequia de Texas"; con esa agua podía abastecerse "una enorme cantidad de barrios de la ciudad". El problema creció y el gobernador del estado se entrevistó formalmente con Leopoldo Estrada, a quien le pidió que le vendiera sus baños al cabildo o por lo menos que pusiera remedio al problema del desperdicio de agua; según parece se le ofreció más dinero del que valía su establecimiento, pero Estrada se negó de manera rotunda, pues alegaba que debido a la inflación cualquier cantidad que se la pagara resultaría "ficticia".⁵⁶

Ofendida, la Junta de Usuarios de Agua denunció ante el presidente Manuel Ávila Camacho al juez de distrito Leopoldo Estrada, dueño de los baños de Los Arquitos, quien se mostraba del todo indiferente ante las "penalidades" que sufría el pueblo a causa "de la escasez del líquido preciado". Apelando a su "sentido patriótico y humanitarista (sic)", la Junta le pidió al presidente de la república que tomara en

⁵⁶ Notas de prensa publicadas en *Provincia*, 12 de junio y 24 de junio de 1943, en Delgado Aguilar (2011, p. 400).

sus manos el problema y lo resolviera. Para sorpresa de todos, Ávila Camacho lo hizo, pero no tomó el partido del "pueblo", sino el de su verdugo, pues el 13 de enero de 1944 firmó el "título de confirmación" de los derechos que tenía Estrada a las aguas del manantial del Ojocaliente. El título, que tal vez por mera casualidad es el primero de los de su tipo, le aseguraba a los baños el uso de 60 litros por segundo, "hasta completar un volumen total anual de 1 892 160 metros cúbicos", exactamente la misma cantidad que venían disfrutando desde 1921, cuando se perforó un pozo que los abastecía en exclusiva. Se especificaban las características de la bomba con la que se debía hacer la succión, las del acueducto que iba del manantial a los baños y el hecho muy importante de que todas las obras "de derivación, conducción y aprovechamiento de las aguas" habían sido revisadas y aprobadas por la Secretaría de Agricultura y Fomento.⁵⁷

Aunque el cabildo siguió tratando por diversos medios de controlar el manantial, todo indica que este título de confirmación, expedido al nivel de la presidencia de la república, lo hizo entender que había perdido la batalla y de hecho "abandonó su pretensión de cancelar la concesión" que tenían los baños de Los Arquitos y limitar su acceso al agua del manantial. Sin embargo, así como a fines del siglo XIX las huertas eran señaladas habitualmente como causantes de la falta de agua en la ciudad, a mediados del XX la culpa se echó sobre los baños públicos, sobre todo los de Los Arquitos, que eran ciertamente los que más agua consumían y los únicos cuyos derechos estaban garantizados por una confirmación presidencial. El cabildo favoreció en forma abierta "los usos domésticos del agua", lo que en forma inevitable lo enfrentó con los propietarios de los baños, más o menos de la misma forma en la que antes se había opuesto a los horticultores. Pero el abasto siguió siendo insuficiente y en los momentos de crisis aparecían los baños de Los Arquitos como "los principales causantes" de la falta de agua, lo que le permitía al cabildo esgrimir razones de higiene pública y tomar medidas en su contra, habitualmente su suspensión temporal, como se hizo en el verano de 1945. Ello no resolvía los problemas, pero daba cauce al enojo popular y a la beligerancia de los grupos organizados, como la mencionada Junta

de Usuarios de Agua (Delgado Aguilar, 2011, pp. 241-245, 248, 432).

CONCLUSIONES

Restauración de los baños y conversión en Centro Cultural

Los baños de Los Arquitos entraron en una fase de decadencia aguda a mediados del siglo XX, de la que nunca salieron. La situación se agravó en forma dramática hacia 1970, debido a la pavimentación del primer anillo de Circunvalación, que "cegó el acueducto subterráneo que los alimentaba", y a la apertura de la avenida Héroe de Nacozari, en beneficio de la cual los baños perdieron 40% de su terreno y la mayor parte del área ocupada por los lavaderos públicos. Aunque muy deteriorados, los baños quedaron ubicados en "una esquina estratégica", lo que determinó un incremento notable del valor comercial del terreno, no del establecimiento en sí (figuras 3, 4 y 5). Haciendo caso omiso de su importancia histórica y arquitectónica, fueron abandonados por completo; su falta de uso y el hecho de que estuvieran convertidos en "un nido de vagos y malvivientes" parecía justificar su demolición (García Rubalcava, 1994, p. 9). A mediados de 1970 se publicaron en un diario de la localidad un par de fotografías en las que el sitio luce ruinoso, sugiriéndose la construcción de un parque público y "un jardín deportivo para beneficio de la juventud", aunque debía conservarse "la bella arquería ojival".⁵⁸ Heliodoro Martínez López (1978, p. 30), que aprendió a nadar en la "alberca Puga", cuenta que la última vez que la vio le dieron "gananas de llorar", pues en lugar de agua estaba llena de basura.

En octubre de 1988, cuando el Museo Regional de Historia abrió sus puertas y se fomentaba desde esa y otras trincheras la necesidad de preservar el patrimonio cultural de la ciudad, los baños de Los Arquitos eran una de las fincas más amenazadas y parecía que simplemente era cosa de tiempo para que se cayeran en pedazos; de hecho, en algún momento hubo necesidad de parar "en seco" los trabajos de demolición iniciados por su último propietario, que quería darle otro uso al terreno.

El cabildo había impulsado su construcción en los últimos días del régimen virreinal, con el claro propósito de fomentar la higiene de los habitantes de la ciudad, pero en forma paradójica, los avances de la higiene, lentos durante todo el siglo XIX y espectacularmente rápidos a partir de la cuarta década del XX, cuando se volvió costumbre que las casas contaran

⁵⁷ "Título de confirmación de derechos otorgado al señor Leopoldo Estrada para utilizar aguas del manantial Ojo de Agua Caliente, en Aguascalientes, Ags.", *Diario Oficial de la Federación*, 27 de marzo de 1944, pp. 4-5.

⁵⁸ *El Sol del Centro*, 19 de agosto de 1970.

con una toma de agua potable, los volvió cada vez más irrelevantes: la gente ya no tenía que ir a bañarse a Los Arquitos, o al Ojocaliente, o a cualquier otro de esos establecimientos que pulularon en los diversos barrios de la ciudad, puesto que lo podía hacer en casa, en forma más cómoda y económica. En resumen, los avances de la higiene, que eran su razón de ser, determinaron el fin de los baños de Los Arquitos y, más en general, de la costumbre de asearse en un sitio público.

Antes de que sucediera lo que su último propietario esperaba con ansias, el INAH logró en diciembre

de 1990 que el sitio fuera declarado Monumento Histórico Nacional; un poco después fueron adquiridos por el gobierno del estado y restaurados según un proyecto que enfatizaba la necesidad de “aprovechar todos los espacios existentes con sus particularidades específicas de dimensión, color y materiales”, incluida la “infraestructura hidráulica”, habida cuenta de que el agua había sido la razón de ser del establecimiento. Finalmente, el 12 de diciembre de 1994 fue inaugurado el Centro Cultural Los Arquitos (García Rubalcava, 1994, p. 11).

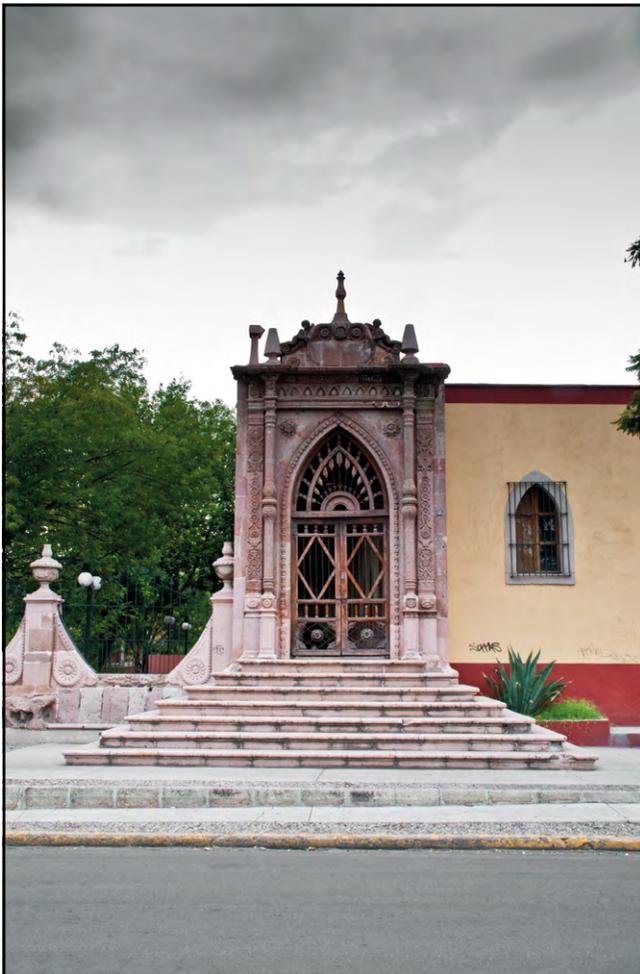


Figura 4. Los Arquitos en la actualidad.
Fotografía de Marlene Barba Rodríguez.

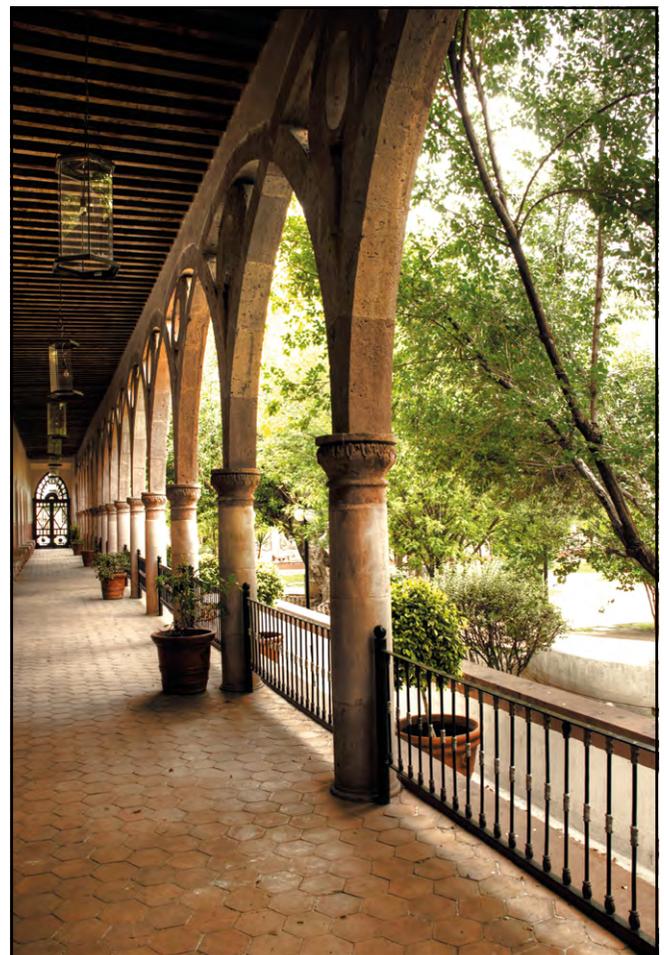


Figura 5. Otro ángulo de la arquitectura de estos baños convertidos en centro cultural.
Fotografía de Marlene Barba Rodríguez.

REFERENCIAS

- Aboites Aguilar, L. (1998). *El agua de la nación. Una historia política de México (1888-1946)*. México: CIESAS.
- Acosta Collazo, A., & García Díaz, J. R. (2015). Los Baños Grandes del Ojocaliente durante la primera mitad del siglo XIX. *Historia, agua y arquitectura. Letras Históricas*, 11, 123-146.
- Arellano, R. (1899). *Memoria en que el Ejecutivo del Estado de Aguascalientes, da cuenta a la H. Legislatura, de los actos de su administración, en el periodo de primero de diciembre de 1895 a 30 de noviembre de 1899*. Aguascalientes, México: Imprenta de Ricardo Rodríguez Romo.
- Bazant, J. (1977). *Los bienes de la iglesia en México (1856-1875). Aspectos económicos y sociales de la revolución liberal*. México: El Colegio de México.
- Beltrami, J. C. (1976). Descripción de Aguascalientes. En A. Acevedo Escobedo, *Letras sobre Aguascalientes* (pp. 152-153). Aguascalientes, México: Edición del gobierno del estado.
- Bernal Sánchez, J. (1928). *Apuntes históricos, geográficos y estadísticos del estado de Aguascalientes*. Aguascalientes, México: Imprenta de Alberto E. Pedroza.
- Chevalier, F. (1976). *La formación de los latifundios en México. Tierra y sociedad en los siglos XVI y XVII*. México: FCE.
- Correa, E. J. (1937). *Un viaje a Termápolis. Óleos antiguos*. México: Ediciones Botas.
- ____ (1945). *Viñetas de Termápolis. Renglones rimados*. México: Edición del autor.
- Dávila Díaz de León, L. E. (1985). *La desamortización y nacionalización de bienes eclesiásticos y de corporaciones civiles. Aspectos económicos y sociales. Aguascalientes (1856-1875)*. Reporte de investigación. Aguascalientes, México: CIRA.
- De la Mota Padilla, M. (1973). *Historia del reino de Nueva Galicia en la América septentrional*. Guadalajara, México: Instituto Jalisciense de Antropología e Historia-U de G.
- De la Mota y Escobar, A. (1966). *Descripción geográfica de los reinos de Nueva Galicia, Nueva Vizcaya y Nuevo León*. México: Instituto Jalisciense de Antropología e Historia.
- Delgado Aguilar, F. J. (2011). *Obra pública, cambio urbano y protesta social en la primera mitad del siglo XX. El abasto de agua en la ciudad de Aguascalientes* (Tesis doctoral en Historia). D. F., México: El Colegio de México.
- Díaz de León, J. (con la colaboración de Gómez Portugal, M.). (1892). Apuntes para el estudio de la higiene de Aguascalientes. En *Memoria que sobre los diversos ramos de la administración pública presenta a la Honorable Legislatura el ciudadano Alejandro Vázquez del Mercado, gobernador constitucional del Estado de Aguascalientes, por el periodo de 1º de diciembre de 1887 a 30 de noviembre de 1891* (pp. 177-248). Aguascalientes, México: Tipografía de J. Díaz de León a cargo de Ricardo Rodríguez Romo.
- Domínguez Michael, C. (2012). *Profetas del pasado. Quince voces de la historiografía sobre México*. México: UANL-Ediciones Era.
- Dublán, M., & Lozano, J. M. (s. f.). *Legislación mexicana o Colección completa de las disposiciones legislativas expedidas desde la independencia de la república. 1876-1912*. México: UNAM. Recuperado el 14 de agosto de 2016, de <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/dublanylozano/>
- Epstein, I. (1861). *Cuadro sinóptico de Aguascalientes*. Aguascalientes, México: Tipografía de Ávila y Chávez.
- ____ (13 de mayo de 1984). Plano de las huertas de Aguascalientes, 1855. *El Sol del Centro* (Supl. El Unicornio, 26), pp. 2-3.
- Espinosa, R. A. (1900). *Ligeros apuntes históricos, geográficos y estadísticos del estado de Aguascalientes formados por Rodrigo Espinoza* (2ª ed. notablemente corregida y aumentada). México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento.
- Galván, M. (1849). *Ordenanzas de tierras y aguas, o sea formulario geométrico-judicial para la designación, establecimiento, mensura, amojonamiento y deslinde de las poblaciones y todas suertes de tierras, sitios, caballerías y criaderos de ganados mayores y menores, y mercedes de agua* (3ª ed.). México.
- García Rubalcava, J. L. (septiembre-octubre de 1994). Los antiguos baños de Los Arquitos: Monumento de Aguascalientes. *Espacios*, 4(18), 3-11.
- Gibbon, E. (2000). *Historia de la decadencia y caída del Imperio Romano* (ed. abreviada D. A. Saunders). Barcelona: Alba Editorial.
- Gómez Serrano, J. (2013). La administración del agua en el tránsito del Antiguo Régimen a la República. *Aguascalientes, 1821-1835. Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 34(136), 187-222.
- ____ (2014). Los orígenes del sistema de huertas en Aguascalientes. Un análisis a partir del título de composición de 1644. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 22(63), 40-57.
- ____ (2016). La construcción del primer sistema de abasto de agua en red en la ciudad de Aguascalientes, 1896-1899. *Secuencia*, 96, 107-141.

- González, A. R. (1881). *Historia del estado de Aguascalientes*. México: Librería, Tipografía y Litografía de V. Villada.
 - *Informe a la vista del Lic. Urbano Gómez en el juicio que sigue Doña Concepción Gámez de Serrano contra Don Antonio Puga sobre nulidad de la venta de los Baños de los Arquitos y comiso del predio en que están construidos*. Aguascalientes, México: Tipografía de la Sociedad Católica a cargo de Isidoro Suárez, primera calle de Galeana letra B.
 - *Informe a la vista, sentencia y expresión de agravios en el juicio seguido por Doña Concepción Gámez de Serrano, contra el Sr. Antonio Puga sobre nulidad de la venta de los Baños de los Arquitos y comiso del predio en que están construido*. (1884). Aguascalientes, México: Tipografía de la Sociedad Católica, A. C.
 - *Informe pronunciado en los estrados del Supremo Tribunal de Justicia del Estado, por el abogado director del señor Don Antonio Puga, en el juicio de comiso de los Baños de los Arquitos, seguido en contra de éste por la Señora Doña Concepción Gámez de Serrano*. Aguascalientes: Imprenta Políglota de Carlos Sánchez Aldana.
 - Knight, A. (1996). *La Revolución Mexicana. Del porfiriato al nuevo régimen constitucional*. México: Editorial Grijalbo.
 - Knowlton, R. (1985). *Los bienes del clero y la Reforma mexicana, 1856-1910*. México: FCE.
 - Martínez Delgado, G. (2009). *Cambio y proyecto urbano. Aguascalientes, 1880-1914*. Aguascalientes, México: UAA.
 - Martínez López, H. (1978). *El Aguascalientes que yo conocí*. Aguascalientes, México: Imprenta de Daniel Méndez Acuña.
 - Matés Barco, J. M. (1999). *La conquista del agua. Historia económica del abastecimiento urbano*. Jaén: Universidad de Jaén.
 - Salas López, C. (1919). *Para la historia de Aguascalientes. Datos inéditos extractados de documentos auténticos por el Lic. Carlos A. Salas López*. Aguascalientes, México: Folletín de La Prensa.
 - Sánchez Luna, G. (2002). *Facultad económico-coactiva en el México del siglo XIX* (pp. 641-667). México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. Recuperado el 22 de julio de 2016, de <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/2/700/42.pdf>
 - Sánchez Rodríguez, M. (2005). *El mejor de los títulos. Riego, organización social y administración de recursos hidráulicos en el Bajío mexicano*. México: El Colegio de Michoacán-Gobierno del Estado de Guanajuato-Comisión Estatal del Agua.
 - Sandoval Espinoza, J. (2008). Los baños de Los Arquitos. Crónica de mi casa. En E. Reyes Díaz et al. (Comps.), *Memorias del I Concurso de Recuperación de Testimonios Históricos de la Ciudad de Aguascalientes. Hablando de Recuerdos* (pp. 67-72). Aguascalientes: PACMyC.
 - *Sentencia pronunciada por el Supremo Tribunal de Justicia del Estado en el juicio civil ordinario, seguido por la Señora Doña Concepción Gámez de Serrano, contra el Señor Don Antonio Puga, sobre nulidad de la venta y comiso del terreno en que están construidos los baños denominados Los Arquitos*. (1885). Aguascalientes, México: Imprenta de Trinidad Pedroza.
 - Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. (Enero-febrero de 1850). Noticias Estadísticas del Departamento de Aguascalientes correspondientes al año de 1837. Primer Cuadro Estadístico del Departamento de Aguascalientes. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1 (8-9), 171-196.
 - Suárez Cortez, B. E. (1998). Poder oligárquico y usos del agua: Querétaro en el siglo XIX (1838-1880). En Autor (Coord.), *Historia de los usos del agua en México. Oligarquía, empresas y ayuntamientos (1840-1940)* (pp. 17-103). México: CIESAS-IMTA-CNA.
 - Topete del Valle, A. (1973). *Aguascalientes. Guía para visitar la ciudad y el estado*. Aguascalientes, México: Edición del autor.
 - _____. (1980). *Estampas de Aguascalientes*. Aguascalientes, México: FONAPAS.
 - Uribe García, C. (2003). El derecho de preferencia también conocido como derecho al tanto en materia agraria y civil. *Pódium notarial*, 55, 55-59.
- OTRAS FUENTES**
- Archivos**
- AGMA Archivo General Municipal de Aguascalientes
 - AHEA Archivo Histórico del Estado de Aguascalientes
 - AJMRG Archivo del general José María Rincón Gallardo

Enfermedades transmitidas por vectores y cambio climático

Vector borne disease and climate change

Sergio Andrade-Ochoa*✉, Karla Fabiola Chacón-Vargas*, Blanca Estela Rivera-Chavira**, Luvia Enid Sánchez-Torres*

Andrade-Ochoa, S., Chacón-Vargas, K. F., Rivera-Chavira, B. E., & Sánchez-Torres, L. E. (2017). Enfermedades transmitidas por vectores y cambio climático. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 118-128.

RESUMEN

Los cambios socioeconómicos y las intervenciones sanitarias han mejorado la salud de la población mundial en las últimas décadas. Sin embargo, han empezado a presentarse modificaciones en la distribución de ciertas enfermedades debidas, principalmente, a lo que se conoce como cambio climático y que es una consecuencia más del deterioro del medio ambiente.

Una de las preocupaciones derivadas de lo anterior es la redistribución o nueva geolocalización de las enfermedades transmitidas por vectores (ETV), ya que los vectores que las transmiten están encontrando nuevos nichos ecológicos en los cuales establecerse y multiplicarse. El objetivo de la presente revisión fue conjuntar la evidencia científica en torno al cambio climático y sus efectos en las ETV.

Palabras clave: insectos; cambio climático; distribución geográfica; enfermedades transmitidas por vectores; salud pública; ecología.

Keywords: insects; climate change; geographical distribution; vector-borne disease; public health; ecology.

Recibido: 24 de octubre de 2016, aceptado: 24 de marzo de 2017

* Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional Unidad Profesional Lázaro Cárdenas. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomás, C. P. 11340, Delegación Miguel Hidalgo, México, D. F., México. Correo electrónico: s_andrade_rat@hotmail.com; karla.fabiola@live.com.mx; luviasanchez@hotmail.com

** Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Universitario s/n, Campus Universitario II, C. P. 31170, Chihuahua, Chihuahua, México. Correo electrónico: bchavira@uach.mx

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

Socioeconomic changes and health interventions have improved human health worldwide in recent decades. However, changes in the distribution of certain diseases occurring, due mainly to what is known as climate change, a consequence of the deterioration of our environment.

One of the concerns arising from this, is the new redistribution or geolocation of Vector-Borne Diseases (VBD) as vectors that transmit them are finding new ecological niches in which to settle and multiply. The aim of this review was to compile the scientific evidence on climate change and its effects on VBD.

INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XX la concentración de los gases en la atmósfera, en particular del dióxido de carbono (CO₂), ha aumentado paulatinamente como resultado de la actividad humana. En el último siglo hubo un incremento de 0.6 °C en la temperatura promedio de la superficie terrestre (Pabón & Nicholls, 2005), fenómeno que se mantendrá si la actividad humana persiste al ritmo actual. A este respecto, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC, por sus siglas en inglés) estimó que la temperatura media mundial se elevará varios grados celsius durante este siglo. Esta estimación genera una incertidumbre inevitable sobre el futuro desarrollo de la humanidad (Haines, Kovats, Campbell-Lendrum, & Corvalan, 2006).

Los seres humanos, históricamente, se han beneficiado de una extensa serie de servicios ofrecidos por los ecosistemas y, por tanto, sus alteraciones producen efectos directos sobre nuestro

estilo de vida. Se estima que el mayor efecto en la salud del cambio climático se verá reflejado en las enfermedades transmitidas por vectores (ETV) (Cerdeira Lorca, Valdivia, Valenzuela, & Venegas, 2008).

Las ETV son todas aquellas enfermedades que se transmiten por medio de un hospedero intermedio al que llamamos *vector*, el cual usualmente es un insecto. El informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 2014, reconoce que las ETV representan más de 17% de todas las enfermedades infecciosas, y provocan cada año más de 1 millón de defunciones alrededor del mundo (Parham et al., 2015).

Durante las últimas décadas, las actividades antropogénicas, tales como la deforestación, la construcción de presas y carreteras, el cambio de uso del suelo, entre otros, han producido alteraciones en la biodiversidad de los ecosistemas, lo que modifica de manera significativa el número y movimiento de los reservorios y de los vectores e impacta directamente en la incidencia de las enfermedades en humanos (Laniak et al., 2013). Los rangos geográficos de ciertos vectores y, por ende, de las enfermedades que transmiten, se han ido modificando debido al cambio climático (Shuman, 2010). Además, los eventos climáticos extremos crean condiciones que conducen a brotes de enfermedades infecciosas, y a esto se deben sumar, las malas condiciones sanitarias en la gestión de residuos, la falta de sistemas de almacenamiento y de suministro de agua, que en su conjunto, favorecen la reproducción y aumento de la población, principalmente de mosquitos (Laniak et al., 2013; Quintero et al., 2014).

Aunado a la problemática del cambio climático se debe considerar que el uso intensivo de insecticidas sintéticos en el control de mosquitos y otros insectos ha tenido efectos indeseables sobre organismos no específicos que conviven con los vectores, así como influencia en la vida silvestre, daños a la salud humana (Miranda et al., 2003) y el desarrollo de mosquitos vectores resistentes (Ocampo, Salazar-Terreros, Mina, McAllister, & Brogdon, 2011).

Actualmente se han utilizado diversos modelos matemáticos para facilitar la comprensión de las complejas interacciones entre las poblaciones de vectores y sus hospederos (Dunn, Davis, Stacey, & Diuk-Wasser, 2013; Ludwig, Ginsberg, Hickling, & Ogden, 2015; Nonaka, Ebel, & Wearing, 2010). La simulación

de escenarios permite el estudio de hipótesis generadas en la investigación de campo y da una idea de las observaciones empíricas aparentemente contraintuitivas o contrastantes. Estos modelos permiten, a través de la identificación y evaluación de los parámetros clave en la transmisión, sintetizar el conocimiento actual para indicar las prioridades en las investigaciones y perspectivas futuras.

Con la finalidad de identificar el conjunto de factores ambientales que explican la distribución actual de los vectores se han utilizado modelos fenomenológicos, los cuales suponen que las condiciones climáticas representan todo el hábitat adecuado en donde los vectores pueden desarrollarse. Posteriormente, este conjunto de condiciones permite estimar las futuras distribuciones del vector o de la enfermedad (Ostfeld & Brunner, 2015). Los modelos mecanicistas, por su parte, tienen la ventaja de ser capaces de proyectar mecanismos biológicos, a diferencia de las simples asociaciones. La enorme cantidad de parámetros climáticos y demográficos relacionados con las variables de respuesta y de comportamiento plantean enormes desafíos para la construcción y la comprensión de las ETV (Ludwig et al., 2015). Los modelos mecanicistas consisten en desmenuzar los fenómenos complejos en partes, para comprender, desde las propiedades de las mismas, el funcionamiento del todo. La mayoría de los modelos mecanicistas, por tanto, permiten conocer los principales factores que se creen dominantes (Estrada-Peña, Ostfeld, Peterson, Poulin, & de la Fuente, 2014).

Otros modelos, de reciente uso, son los de la matriz de la próxima generación, los cuales han resultado ser una sencilla forma de evaluar la sensibilidad, o el riesgo, de una población. El enfoque de estos modelos es obtener simulaciones a partir del número de casos de individuos infectados en una población totalmente susceptible (R_0), posteriormente se puede determinar la tendencia lineal a partir de parámetros extraídos de la literatura, ya sean antecedentes, actuales o predicciones (Roberts & Heesterbeek, 2013). Los modelos de matriz de la próxima generación han sido epidemiológicamente útiles para determinar la tasa y persistencia de infección (Nonaka et al., 2010), así como el éxito que pueden tener algunos vectores para invadir y/o propagarse (Dunn et al., 2013).

A continuación se describen los resultados de diversos modelos matemáticos sobre la relación del cambio climático y las principales ETV a nivel mundial.

Dengue

El modelado formal de los efectos del cambio climático en las ETV se ha centrado en el paludismo y el dengue, siendo el de esta enfermedad viral más simple. Mientras que el paludismo conlleva principalmente dos especies de parásito (*Plasmodium falciparum* y *Plasmodium vivax*) y se basa en varias docenas de especies de mosquitos, la transmisión de la fiebre por dengue depende principalmente de un mosquito vector, *Aedes aegypti*, y en menor medida en *Aedes albopictus* (Murray, Quam, & Wilder-Smith, 2013).

El mosquito vector requiere agua para reproducirse y de una temperatura ambiente cálida para el desarrollo de las larvas y la replicación del virus (Banu, Hu, Hurst, & Tong, 2011). La incidencia de dengue ha aumentado significativamente en los últimos 35 años y varios factores, entre ellos la falta de servicios básicos como agua potable, drenaje y luz, la globalización y el cambio climático, han sido los principales contribuyentes (Hopp & Foley, 2001).

Estudios recientes han demostrado una asociación entre la variabilidad del clima y el dengue (Chen, & Hsieh, 2012; Hu, Clements, Williams, Tong, & Mengersen, 2012). Han encontrado que la temperatura, las precipitaciones y la humedad están directamente asociadas con su transmisión (Karim, Munshi, Anwar, & Alam, 2012). La temperatura influye en el ciclo de vida de los mosquitos *Aedes*, incluyendo tasa de crecimiento, la supervivencia de las larvas, huevos y la longitud del ciclo reproductivo. Se ha observado que una tasa de supervivencia de 88-93% de mosquitos se encuentra entre 20-30°C (Tun-Lin, Burkot, & Kay, 2000). Este factor también afecta a la replicación del virus, la maduración y el período de infectividad (Yang, Maccorri, Galvani, Andrighetti, & Wanderley, 2009).

Algunos trabajos en países asiáticos han demostrado que el dengue se incrementará más de 40 veces en el año 2100 con relación al año 2010, cuando la temperatura ambiente aumente 3.3 °C, de acuerdo con la proyección del clima regional del IPCC (Banu et al., 2011). El continente asiático es el más afectado en cuanto al número de personas infectadas y la distribución del vector, ya que se caracteriza por grandes extensiones de zonas densamente pobladas que presentan las condiciones idóneas para la transmisión de la enfermedad. Tan sólo en la India se presentaría 34% de infecciones (24-44 millones más infecciones de lo reportado en 2010) a nivel mundial (Chakravarti, Arora, & Luxemburger, 2012; Kakkar, 2012).

Predicciones realizadas por Campbell et al. (2015) basadas en las proyecciones para 2050 han concluido que existe una potencial expansión de *Ae. aegypti* hacia el este de América del Norte, el sur de América del Sur y el este de Asia. En México se predice una potencial expansión de *Ae. aegypti* en la zona del Valle de México, Sonora, Chihuahua y Durango, mientras que para *Ae. albopictus* se predice su potencial expansión en Veracruz y Tamaulipas (figura 1), además de un aumento drástico en la presencia de estos vectores en el sureste de los Estados Unidos (Campbell et al., 2015). Sin embargo, un análisis reciente indica que *Ae. albopictus* no parece conducir a grandes brotes de dengue (Lambrechts, Scott, & Gubler, 2010), tanto el patrón de ocurrencias como en mapas de distribución actual y potencial para las dos especies sugieren que *Ae. aegypti* emerge como el principal impulsor de la transmisión del dengue, por lo que los papeles relativos y la importancia de las dos especies en la transmisión del virus parecen ser desiguales (figura 1).

Cambios en la distribución de *Ae. aegypti* y de *Ae. albopictus* (Radke et al., 2012) podrían ampliar la distribución de otras enfermedades de transmisión por *Aedes*, como el Chikungunya o el Zika, que se transmiten fácilmente por *Ae. albopictus* (Tsetsarkin, Chen, Sherman, & Weaver, 2011), padecimientos que han demostrado una reciente expansión geográfica (Fischer et al., 2013; Van Bortel et al., 2014).

Leishmaniasis

La leishmaniasis es un complejo de enfermedades de mamíferos causadas por protozoos parásitos del género *Leishmania* (WHO, 2009). La transmisión es mediante la mordedura de una mosca, de los géneros *Phlebotomus* (Viejo Mundo) y *Lutzomyia* (Nuevo Mundo) (Ready, 2008). A nivel mundial, al menos 20 especies de *Leishmania* causan leishmaniasis cutánea (LC) y leishmaniasis visceral (LV) humana (Singh, Kumar, & Singh, 2012).

De igual manera que para otros vectores, la mayoría de los modelos de predicción para los flebotomos se basan en los cambios de temperatura esperados para los siguientes 100 años. Algunos modelos han reportado que la población de estos vectores podría aumentar en el norte de Europa (de La Rocque, Rioux, & Slingenbergh, 2008), pues se ha sugerido que las temperaturas más altas pueden inducir el vuelo de los insectos adultos (Hufnagel & Kocsis, 2011). Se ha encontrado que la elevación de

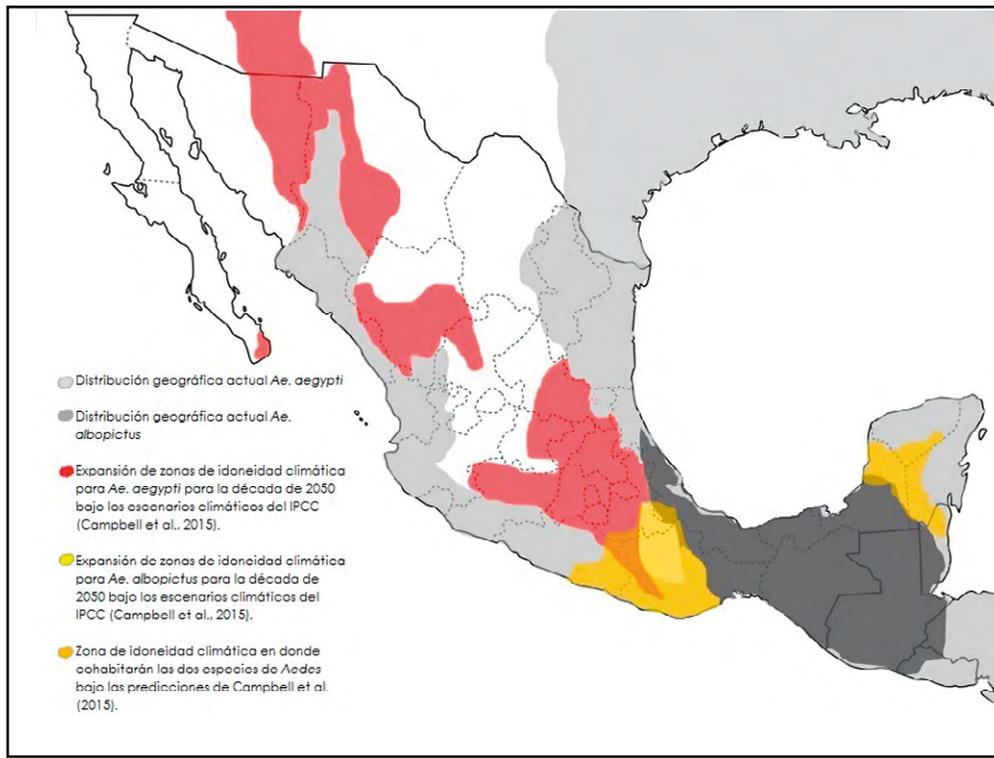


Figura 1. Modelado de distribución geográfica de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en la República Mexicana.
Elaboración propia.

la temperatura incrementa significativamente la proporción general de flebotomos infectados. El calor, la humedad y suficiente materia orgánica son los principales factores para su desarrollo (Lindgren & Naucke, 2006), mientras que los niveles de CO₂ crecientes son generalmente factores desfavorables para el desarrollo de las larvas (Mencke, 2011). La leishmaniasis es considerada una enfermedad emergente en Europa y un signo de este aumento es la presencia de focos de infección en perros. Modelos de idoneidad climática sugieren que el vector y la leishmaniasis llegarán a finales del siglo XXI a Europa (Fischer, Thomas, & Beierkuhnlein, 2011), inclusive la presencia de vectores no endémicos ya se ha reportado (Farkas et al., 2011; Tánzcós et al., 2012; Trájer et al., 2013).

Por otro lado, *Leishmania mexicana* es responsable de la mayoría de los casos cutáneos humanos de leishmaniasis en América del Norte. A lo largo de la frontera México-Estados Unidos, la forma cutánea de la enfermedad se encuentra en hábitats de matorral semiáridos desde Sonora hasta Tamaulipas, y son las especies *Lutzomyia diabólica* y *Lutzomyia anthophora* los vectores probables (Wright, Davis, Aftergut, Parrish, & Cockerell, 2008). Por otro lado, la distribución

conocida de *Lutzomyia olmeca* en México, hasta el presente, comprende a los estados de Campeche, Yucatán, Quintana Roo, además de Tabasco, Chiapas, Oaxaca y Veracruz (González et al., 2011; Rebollar-Téllez, Tun-Ku, Manrique-Saide, & Andrade Narvaez, 2013). González et al. (2010) han previsto una potencial expansión de *Lu. diabólica* y de *Lu. anthophora* para los años 2020, 2050 y 2080; destaca que si las predicciones del aumento del clima se cumplen para 2080, *Lu. diabólica* podría distribuirse hasta el sureste de Canadá, invadiendo todo el centro y este de Estados Unidos y prácticamente todo México (figura 2). Un estudio realizado por Pigott et al. (2014) estima que de cumplirse las predicciones en el cambio climático, 1,710 millones de individuos estarán en riesgo de contraer LC y 1,690 millones LV. Sin embargo, en algunos países, como México, en donde la enfermedad no es de notificación obligatoria, existe un importante subregistro, por lo que las predicciones basadas en evidencia tenderán a ser datos subestimados.

Tripanosomiasis

Los insectos vectores de *Trypanosoma cruzi*, el agente etiológico de la tripanosomiasis americana,

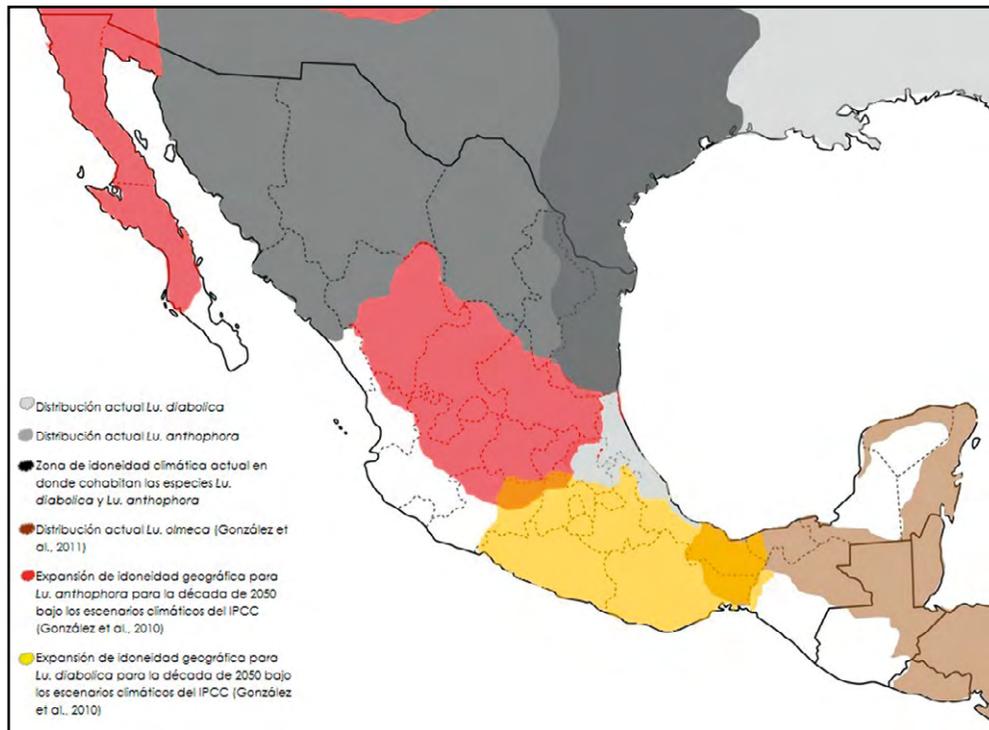


Figura 2. Modelado de distribución geográfica de *Lu. diabólica*, *Lu. anthophora* y *Lu. olmeca*. Elaboración propia.

también conocida como la enfermedad de Chagas, pertenecen al género *Triatoma* que contiene más de 140 especies, agrupadas en 18 géneros (Schofield & Galvão, 2009). Con pocas excepciones, los triatominos tienen estricto régimen de alimentación hematófaga basado principalmente en sangre de aves y mamíferos, incluidos roedores, así como de seres humanos (Coura, 2013). Los triatominos habitan una gran variedad de ambientes y están bien adaptados a una gran variedad de climas.

Aunque la mayoría de las especies de triatominos se distribuyen en zonas intertropicales, también llegan a las regiones templadas con inviernos fríos como la Patagonia, Indiana y Maryland. Desde una perspectiva epidemiológica, *Rhodnius prolixus* (en Centroamérica y el norte de América del Sur) y *Triatoma infestans* (en la región del cono Sur de América del Sur) son las especies de vectores más importantes (Guhl, 2009); el primero está adaptado a las regiones tropicales, mientras que el segundo a sitios templados. El complejo *Triatoma brasiliensis* es un grupo monofilético también de importancia debido a que esta especie presenta una de las tasas de infección de *T. cruzi* más altas, así como elevados índices de infestación intradomiciliarios (Ceballos et al., 2011).

Los efectos de las variables ambientales, como temperatura y precipitación, sobre los procesos fisiológicos y de comportamiento, han sido ampliamente demostrados para *R. prolixus* y *T. infestans* (Ferreira, Lazzari, Lorenzo, & Pereira, 2007). En particular, la temperatura se ha relacionado con los procesos térmicos de preferencias, así como el encuentro con un hospedero (Fresquet & Lazzari, 2011), la alimentación, la producción de huevos, la tasa de eclosión, el tiempo de desarrollo, el cese de los procesos de muda y la tasa metabólica (Abad-Franch, Diotaiuti, Gurgel-Gonçalves, & Gürtler, 2013). Por tanto, el cambio climático tiene efectos sobre los procesos vitales y, en consecuencia, sobre el potencial de la distribución geográfica de ambas especies.

Varios autores han señalado que la situación actual podría modificarse en virtud de futuros escenarios epidemiológicos que implican cambios en la distribución e infraestructura de las urbes, el aumento de vectores relictos y el cambio climático (Abad-Franch et al., 2013). Medone, Ceccarelli, Parham, Figuera, & Rabinovich (2015) calcularon que existirá un impacto diferencial del cambio climático en las dos especies de vectores para el 2050: *R. prolixus* muestra una futura expansión a nuevas áreas, mientras que *T. infestans* muestra una disminución en su área de distribución geográfica. Estos resultados

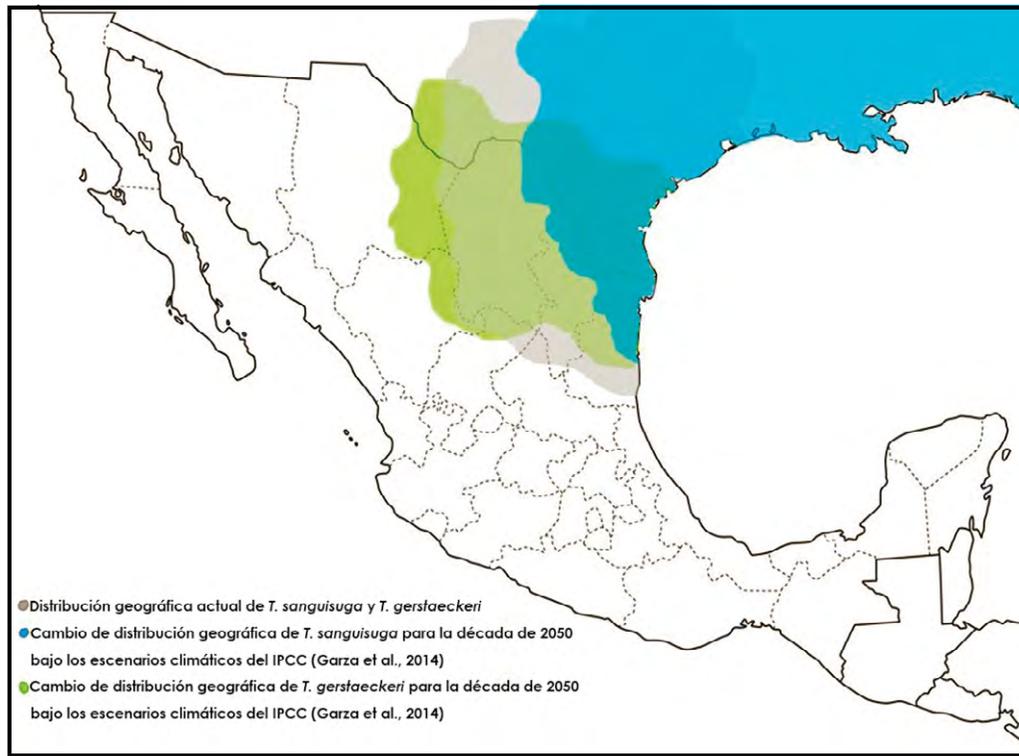


Figura 3. Modelado de distribución geográfica de *T. sanguisuga* y *T. gerstaeckeri*.
Elaboración propia.

sugieren que la enfermedad tendría un cambio de localización para 2050 y no una expansión (Rolandi & Schilman, 2012). Garza et al. (2014) concuerdan en que para 2050 la distribución en América del Norte de *Triatoma gerstaeckeri* y de *T. sanguisuga* se ampliará desde los estados de Veracruz, Coahuila y Tamaulipas hasta Michigan y Nueva York (figura 3).

Borreliosis de Lyme y rickettsiosis

El incremento de casos de borreliosis (comúnmente conocida como enfermedad de Lyme) en la última década ha promovido su clasificación como un padecimiento infeccioso emergente (Margos, Vollmer, Ogden, & Fish, 2011). En 2012 se reportaron 30,831 casos en Estados Unidos (Feria-Arroyo et al., 2014) y se estima que 300,000 personas se infectan anualmente (Kuehn, 2013). Varias especies de garrapatas del género *Ixodes* han sido reconocidas como vectores de la espiroqueta *Borrelia burgdorferi*, el agente causal de la enfermedad (Stanek, Wormser, Gray, & Strle, 2012). *Ixodes scapularis* e *I. pacificus* son los vectores más comunes en México y Estados Unidos, mientras que *I. persulcatus* e *I. ricinus* son las especies más frecuente documentadas en Europa y Asia (Mannelli, Bertolotti, Gern, & Gray, 2012).

Modelos de simulación mecanicista del ciclo de vida *I. scapularis* han identificado efectos de la temperatura sobre la supervivencia de la garrapata con el fin de ayudar en la evaluación de riesgo y futuro de la enfermedad de Lyme en Canadá (Ogden et al., 2006). Estudios de campo prospectivos y análisis retrospectivos sobre la garrapata y el patógeno han validado los hallazgos del modelo sobre los escenarios en el sureste de Canadá e identificaron a la temperatura como un factor determinante estadísticamente significativo (Bouchard et al., 2013). Trabajos más recientes han generado modelos de reacomodo geográfico de *I. scapularis* sobre climas proyectados para 2040 y 2070 en Norteamérica. Los resultados demuestran una expansión en nuevas regiones sobre del noroeste de Estados Unidos y sureste de Canadá (Ogden et al., 2014). Estos resultados concuerdan con las estimaciones realizadas por Feria-Arroyo et al. (2014) para 2050, los cuales demuestran un aumento en la distribución de *I. scapularis* en todo el norte de México y alta ocurrencia en todo el Golfo de México, en donde Tamaulipas y Texas son los estados de mayor probabilidad de incidencia. La precipitación y temperatura resultan las variables de mayor relevancia correlacionadas con la presencia del vector.

Un estudio realizado en Irlanda sugiere que los veranos calientes pueden causar que las garrapatas sean más abundantes en otoño y principios de invierno (Gray, 2008). En la década pasada se predijo que la redistribución de *I. ricinus* podría cambiar a un patrón europeo más meridional (Estrada-Peña, Martínez, Sánchez Acedo, Quilez, & Del Cacho, 2004). Actualmente existe considerable evidencia de que la incidencia de la enfermedad de Lyme ha aumentado en toda Europa (Fülöp & Poggensee, 2008; Heyman et al., 2010). Un estudio sugiere que el cambio climático altera las proporciones relativas de los genotipos de *B. burgdorferi* e influye en el tiempo de maduración de larvas y ninfas de *I. scapularis* (Gatewood et al., 2009); de hecho, se ha demostrado que las garrapatas y ninfas de *I. ricinus* infectadas tienen mayor supervivencia a condiciones climáticas difíciles para ellos (Herrmann & Gern, 2010). Estos autores informaron que la infección por *B. burgdorferi* o *B. afzelii* confiere ventajas de supervivencia en *I. ricinus* en condiciones termohigrométricas estresantes. Estos resultados se relacionan con el aumento en la densidad de garrapatas infectadas con *Borrelia* en Suiza durante el periodo 2003-2005, en donde las temperaturas promedio alcanzaron un máximo reportado (Morán Cadenas et al., 2007); de igual manera se relaciona con el aumento en la incidencia de casos de borreliosis confirmados en el 2011 en el Reino Unido (Dubrey, Bathia, Woodham, & Rakowicz, 2014).

Otro grupo importante de agentes patógenos transmitidos por garrapatas son las bacterias del género *Rickettsia*, causantes de la enfermedad emergente (y re-emergente) rickettsiosis. En Europa la fiebre manchada de las Montañas Rocosas es la más grave de las rickettsiosis y es producida por *Rickettsia rickettsii*, la fiebre manchada del Mediterráneo es producida por *R. conorii* y es la enfermedad más común transmitida por garrapatas al norte de África; la fiebre manchada de Israel, por su parte, es considerada una enfermedad emergente (Oteo & Portillo, 2012).

Una serie de vectores de garrapatas están involucrados en la transmisión y se sabe muy poco acer-

ca de las interacciones entre estos patógenos bacterianos y sus invertebrados vectores. *Rhipicephalus sanguineus* es una garrapata asociada en la transmisión de *R. conorii* en el norte de África (Kernif, Socolovschi, Bitam, Raoult, & Parola, 2012), *Hyalomma asiaticum* de *R. sibirica* en Mongolia, en Argentina se ha reportado a *Amblyomma tigrinum* como vector (Romer et al., 2014) y actualmente incluso las sanguijuelas son objeto de estudios como posibles vectores (Slesak, Inthalath, Dittrich, Paris, & Newton, 2015). En México, la enfermedad se considera reemergente y se identifica a las garrapatas *Rhipicephalus sanguineus* y *Amblyomma cajennense* como los vectores transmisores de la enfermedad (Peniche-Lara, Perez-Osorio, Dzul-Rosado, & Zavala-Castro, 2015).

Debido al gran número de posibles vectores y a que la enfermedad está totalmente subdiagnosticada, actualmente se carece de modelos predictivos; sin embargo, es bien sabido que el ciclo de vida silvestre y semiurbano se mantiene en fincas de clima medio, principalmente en regiones donde existe la garrapata y, por ende, se puede inferir que los modelos centrados en la redistribución de garrapatas también pueden correlacionar la redistribución e incidencia de la enfermedad (Süss, Klaus, Gerstengarbe, & Werner, 2008; Walker, 2016).

CONCLUSIONES

Varios grupos de investigación alrededor del mundo han generado modelos predictivos para evidenciar la redistribución e incidencia de las ETV, así como las poblaciones en riesgo y demostrar la relación directa entre el cambio climático, la falta de servicios básicos en las áreas urbanas y las ETV. En general, las predicciones sobre la redistribución de los vectores son desfavorables y representan un problema de salud pública que sobrepasa las fronteras políticas. Actualmente, México cuenta con pocos estudios de predicción en esta materia, lo que hace imperativo el desarrollo de modelos predictivos para nuestro país, que permitan, entre muchas cosas, el desarrollo de estrategias de prevención y control en las actuales zonas endémicas y en las futuras zonas en peligro.

REFERENCIAS

- Abad-Franch, F., Diotaiuti, L., Gurgel-Gonçalves, R., & Gürtler, R. E. (2013). Certifying the interruption of Chagas disease transmission by native vectors: cui bono? *The Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 108(2), 251-254.
- Banu, S., Hu, W., Hurst, C., & Tong, S. (2011). Dengue transmission in the Asia-Pacific region: impact of climate change and socio-environmental factors. *Tropical Medicine & International Health*, 16(5), 598-607.
- Bouchard, C. et al. (2013). Harvested white-tailed deer as sentinel hosts for early establishing *Ixodes scapularis* populations and risk from vector-borne zoonoses in southeastern Canada. *Journal of Medical Entomology*, 50(2), 384-393.
- Campbell, L. P., Luther, C., Moo-Llanes, D., Ramsey, J. M., Danis-Lozano, R., & Townsend Peterson, A. (2015). Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological*, 370(1665), 20140135. doi: 10.1098/rstb.2014.0135
- Ceballos, L. A., Piccinali, R. V., Marceř, P. L., Vazquez-Prokopec, G. M., Cardinal, M. V., Schachter-Broide, J.,...Gurtler, R. E. (2011). Hidden sylvatic foci of the main vector of Chagas disease *Triatoma infestans*: Threats to the vector elimination campaign? *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 5(10), e1365. doi: 10.1371/journal.pntd.0001365
- Cerda Lorca, J., Valdivia, G., Valenzuela, M. T., & Venegas L., J. (2008). Cambio climático y enfermedades infecciosas: un nuevo escenario epidemiológico. *Revista Chilena de Infectología*, 25(6), 447-452.
- Chakravarti, A., Arora, R., & Luxemburger, C. (2012). Fifty years of dengue in India. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 106(5), 273-282.
- Chen, S. C., & Hsieh, M. H. (2012). Modeling the transmission dynamics of dengue fever: Implications of temperature effects. *Science of the Total Environment*, 431, 385-391.
- Coura, J. R. (2013). Chagas disease: control, elimination and eradication. Is it possible? *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 108(8), 962-967.
- De La Rocque, S., Rioux, J. A., & Slingenbergh, J. (2008). Climate change: effects on animal disease systems and implications for surveillance and control. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, 27(2), 339-354.
- Dubrey, S. W., Bathia, A., Woodham, S., & Rakowicz, W. (2014). Lyme disease in the United Kingdom. *Postgraduate Medical Journal*, 90(1059), 33-42.
- Dunn, J. M., Davis, S., Stacey, A., & Diuk-Wasser, M. A. (2013). A simple model for the establishment of tick-borne pathogens of *Ixodes scapularis*: A global sensitivity analysis of R0. *Journal of Theoretical Biology*, 335, 213-221.
- Estrada-Peña, A., Martínez, J. M., Sánchez Acedo, C., Quilez, J., & Del Cacho, E. (2004). Phenology of the tick, *Ixodes ricinus*, in its southern distribution range (central Spain). *Medical and Veterinary Entomology*, 18(4), 387-397.
- Estrada-Peña, A., Ostfeld, R. S., Peterson, A. T., Poulin, R., & de la Fuente, J. (2014). Effects of environmental change on zoonotic disease risk: an ecological primer. *Trends in Parasitology*, 30(4), 205-214.
- Farkas, R., Tánczos, B., Bongiorno, G., Maroli, M., Dereure, J., & Ready, P. D. (2011). First surveys to investigate the presence of canine leishmaniasis and its phlebotomine vectors in Hungary. *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, 11(7), 823-834.
- Feria-Arroyo, T. P., Castro-Arellano, I., Gordillo-Pérez, G., Cavazos, A. L., Vargas-Sandoval, M., Grover, A.,...Esteve-Gassent, M. D. (2014). Implications of climate change on the distribution of the tick vector *Ixodes scapularis* and risk for Lyme disease in the Texas-Mexico transboundary region. *Parasites & Vectors*, 7(1), 199. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-199>
- Ferreira, R. A., Lazzari, C. R., Lorenzo, M. G., & Pereira, M. H. (2007). Do haematophagous bugs assess skin surface temperature to detect blood vessels? *PLoS One*, 2(9), e932. doi: 10.1371/journal.pone.0000932
- Fischer, D., Thomas, S. M., & Beierkuhnlein, C. (2011). Modelling climatic suitability and dispersal for disease vectors: the example of a phlebotomine sandfly in Europe. *Procedia Environmental Sciences*, 7, 164-169.
- Fischer, D., Thomas, S. M., Suk, J. E., Sudre, B., Hess, A., Tjaden, N. B.,...Semenza, J. C. (2013). Climate change effects on Chikungunya transmission in Europe: geospatial analysis of vector's climatic suitability and virus' temperature requirements. *International Journal of Health Geographics*, 12(1), 51. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/1476-072X-12-51>
- Fresquet, N., & Lazzari, C. R. (2011). Response to heat in *Rhodnius prolixus*: the role of the thermal background. *Journal of Insect Physiology*, 57(10), 1446-1449.
- Fülöp, B., & Poggensee, G. (2008). Epidemiological situation of Lyme borreliosis in Germany: Surveillance data from six Eastern German States, 2002 to 2006. *Parasitology Research*, 103(Supl. 1), S117-S120.
- Garza, M., Feria Arroyo, T. P., Casillas, E. A., Sánchez-Cordero, V., Rivaldi, C-L., & Sarkar, S. (2014). Projected future distributions of vectors of *Trypanosoma cruzi* in North America under climate change scenarios. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(5), e2818. Recuperado de <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002818>

- Gatewood, A. G., Liebman, K. A., Vourc'h, G., Bunikis, J., Hamer, S. A., Cortinas, R.,...Diuk-Wasser, M. A. (2009). Climate and tick seasonality are predictors of *Borrelia burgdorferi* genotype distribution. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(8), 2476-2483.
- González, C., Rebollar-Téllez, E. A., Ibáñez-Bernal, S., Becker-Fausser, I., Martínez-Meyer, E., Peterson, A. T., & Sánchez-Cordero, V. (2011). Current knowledge of Leishmania vectors in Mexico: How geographic distributions of species relate to transmission areas. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 85(5), 839-846. doi: 10.4269/ajtmh.2011.10-0452
- González, C., Wang, O., Strutz, S. E., González-Salazar, E., Sánchez-Cordero, E., & Sarkar, S. (2010). Climate change and risk of leishmaniasis in North America: Predictions from ecological niche models of vector and reservoir species. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4(1), e585. Recuperado de <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000585>
- Gray, J. S. (2008). *Ixodes ricinus* seasonal activity: Implications of global warming indicated by revisiting tick and weather data. *International Journal of Medical Microbiology*, 298, 19-24.
- Guhl, F. (2009). Enfermedad de Chagas: Realidad y perspectivas. *Revista Biomédica*, 20, 228-234.
- Haines, A., Kovats, R. S., Campbell-Lendrum, D., & Corvalan, C. (2006). Climate change and human health: Impacts, vulnerability and public health. *Public Health*, 120(7), 585-596.
- Herrmann, C., & Gern, L. (2010). Survival of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) under challenging conditions of temperature and humidity is influenced by *Borrelia burgdorferi* sensu lato infection. *Journal of Medical Entomology*, 47(6), 1196-1204.
- Heyman, P., Cochez, C., Hofhuis, A., van der Giessen, J., Sprong, H., Porter, S. R.,...Papa, A. (2010). A clear and present danger: tick-borne diseases in Europe. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, 8(1), 33-50. doi: 10.1586/eri.09.118
- Hopp, M. J., & Foley, J. A. (2001). Global-scale relationships between climate and the dengue fever vector, *Aedes aegypti*. *Climatic Change*, 48(2-3), 441-463.
- Hu, W., Clements, A., Williams, G., Tong, S., & Mengersen, K. (2012). Spatial patterns and socioecological drivers of dengue fever transmission in Queensland, Australia. *Environmental Health Perspectives*, 120(2), 260.
- Hufnagel, L., & Kocsis, M. (2011). Impacts of climate change on *Lepidoptera* species and communities. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(1), 43-72.
- Kakkar, M. (2012). Dengue fever is massively under-reported in India, hampering our response. *British Medical Journal*, 345, e8574. doi: 10.1136/bmj.e8574
- Karim, M., Munshi, S. U., Anwar, N., & Alam, M. S. (2012). Climatic factors influencing dengue cases in Dhaka city: a model for dengue prediction. *Indian Journal of Medical Research*, 136(1), 32-39.
- Kernif, T., Socolovschi, C., Bitam, I., Raoult, D., & Parola, P. (2012). Vector-borne rickettsioses in North Africa. *Infectious Disease Clinics of North America*, 26(2), 455-478.
- Kuehn, B. M. (2013). CDC estimates 300 000 US cases of Lyme disease annually. *Jama*, 310(11), 1110. doi: 10.1001/jama.2013.278331
- Lambrechts, L., Scott, T. W., & Gubler, D. J. (2010). Consequences of the expanding global distribution of *Aedes albopictus* for dengue virus transmission. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4(5), e646. doi: 10.1371/journal.pntd.0000646
- Laniak, G. F., Olchin, G., Goodall, J., Voinov, A., Hill, M., Glynn, P.,...Hughes, A. (2013). Integrated environmental modeling: A vision and roadmap for the future. *Environmental Modeling & Software*, 39, 3-23.
- Lindgren, E., & Naucke, T. (2006). Leishmaniasis: Influences of climate and climate change epidemiology, ecology and adaptation measures. In B. Menne, & K. L. Ebi (Eds.), *Climate change and adaptation strategies for human health* (pp. 131-156). Darmstadt, Germany: Steinkopff Verlag.
- Ludwig, A., Ginsberg, H. S., Hickling, G. J., & Ogden, N. H. (2015). A dynamic population model to investigate effects of climate and climate-independent factors on the lifecycle of *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology*, tjv150, 1-17. doi: 10.1093/jme/tjv150
- Mannelli, A., Bertolotti, L., Gern, L., & Gray, J. (2012). Ecology of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Europe: transmission dynamics in multi-host systems, influence of molecular processes and effects of climate change. *FEMS Microbiology Reviews*, 36(4), 837-861.
- Margos, G., Vollmer, S. A., Ogden, N. H., & Fish, D. (2011). Population genetics, taxonomy, phylogeny and evolution of *Borrelia burgdorferi* sensu lato. *Infection, Genetics and Evolution*, 11(7), 1545-1563.
- Medone, P., Ceccarelli, S., Parham, P. E., Figuera, A., & Rabinovich, J. E. (2015). The impact of climate change on the geographical distribution of two vectors of Chagas disease: implications for the force of infection. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences Royal Society*, 370(1665), 20130560. doi: 10.1098/rstb.2013.0560
- Mencke, N. (2011). The importance of canine leishmaniosis in non-endemic areas, with special emphasis on the situation in Germany. *Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift*, 124(11-12), 434-442.

- Miranda, J. E., Navickiene, H. M. D., Nogueira-Couto, R. H., De Bortoli, S. A., Kato, M. J., Bolzani, V. S., & Furlan, M. (2003). Susceptibility of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) to pellitorine, an amide isolated from *Piper tuberculatum* (Piperaceae). *Apidologie*, 34(4), 409-415.
- Morán Cadenas, F., Rais, O., Jouda, F., Douet, V., Humair, P. F., Moret, J., & Gern, L. (2007). Phenology of *Ixodes ricinus* and infection with *Borrelia burgdorferi* sensu lato along a north- and south-facing altitudinal gradient on Chaumont Mountain, Switzerland. *Journal of Medical Entomology*, 44(4), 683-693.
- Murray, N. E. A., Quam, M. B., & Wilder-Smith, A. (2013). Epidemiology of dengue: past, present and future prospects. *Journal of Clinical Epidemiology*, 5, 299-309.
- Nonaka, E., Ebel, G. D., & Wearing, H. J. (2010). Persistence of pathogens with short infectious periods in seasonal tick populations: the relative importance of three transmission routes. *PLoS One*, 5(7), e11745. doi: 10.1371/journal.pone.0011745
- Ocampo, C. B. et al. Insecticide resistance status of *Aedes aegypti* in 10 localities in Colombia. *Acta Tropica*, 118(1): 37-44, 2011.
- Ogden, N. H., Barker, I. K., Beauchamp, G., Brazeau, S., Charron, D. F., Maarouf, A.,...Lindsay, L. R. (2006). Investigation of ground level and remote-sensed data for habitat classification and prediction of survival of *Ixodes scapularis* in habitats of southeastern Canada. *Journal of Medical Entomology*, 43(2), 403-414.
- Ogden, N. H., Radojevic, M., Wu, X., Duvvuri, V. R., Leighton, P. A., & Wu, J. (2014). Estimated effects of projected climate change on the basic reproductive number of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis*. *Environmental Health Perspectives*, 122(6), 631-638.
- Ostfeld, R. S., & Brunner, J. L. (2015). Climate change and *Ixodes* tick-borne diseases of humans. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 370(1665), 20140051. doi: 10.1098/rstb.2014.0051
- Oteo, J. A., & Portillo, A. (2012). Tick-borne rickettsioses in Europe. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 3(5-6), 271-278.
- Pabón, J. D., & Nicholls, R. S. (2005). El cambio climático y la salud humana. *Biomédica*, 25(1), 5-8.
- Parham, P. E., Waldock, J., Christophides, G. K., Hemming, D., Agosto, F., Evans, K. J.,...Michael, E. (2015). Climate, environmental and socio-economic change: Weighing up the balance in vector-borne disease transmission. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 370(1665), 20130551. doi: 10.1098/rstb.2013.0551
- Peniche-Lara, G., Perez-Osorio, C., Dzul-Rosado, K., & Zavala-Castro, J. (2015). Rickettsiosis: Enfermedad re-emergente en México. *Ciencia y Humanismo en la Salud*, 2(2), 76-84.
- Pigott, D. M., Bhatt, S., Golding, N., Duda, K. A., Battle, K. E., Brady, O. J.,...Hay, S. I. (2014). Global distribution maps of the leishmaniasis. *eLife*, 3, e02851. doi: 10.7554/eLife.02851
- Quintero, J., Brochero, H., Manrique-Saide, P., Barrera-Pérez, M., Basso, C., Romero, S.,...Petzold, M. (2014). Ecological, biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America: A multi-country study. *BMC Infectious Diseases*, 14(1), 38. doi: 10.1186/1471-2334-14-38
- Radke, E. G., Gregory, C. J., Kintziger, K. W., Sauber-Schatz, E. K., Hunsperger, E. A., Gallagher, G. R.,... Blackmore, C. G. (2012). Dengue outbreak in key west, Florida, USA, 2009. *Emerging Infectious Diseases*, 18(1), 135-137.
- Ready, P. D. (2008). Leishmaniasis emergence and climate change. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, 27(2), 399-412.
- Rebollar-Téllez, E. A., Tun-Ku, E., Manrique-Saide, P. C., & Andrade Narvaez, F. J. (2013). Relative abundances of sandfly species (Diptera: Phlebotominae) in two villages in the same area of Campeche, in southern Mexico. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 99(2), 193-201.
- Roberts, M. G., & Heesterbeek, J. A. P. (2013). Characterizing the next-generation matrix and basic reproduction number in ecological epidemiology. *Journal of Mathematical Biology*, 66(4-5), 1045-1064.
- Rolandi, C., & Schilman, P. E. (2012). Linking global warming, metabolic rate of hematophagous vectors, and the transmission of infectious diseases. *Frontiers in Physiology*, 3, 75. doi: 10.3389/fphys.2012.00075
- Romer, Y., Nava, S., Govedic, F., Cicuttin, G., Denison, A. M., Singleton, J.,...Paddock, C. D. (2014). *Rickettsia parkeri* rickettsiosis in different ecological regions of Argentina and its association with *Amblyomma tigrinum* as a potential vector. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 91(6), 1156-1160.
- Schofield, C. J., & Galvão, C. (2009). Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. *Acta Tropica*, 110(2-3), 88-100.
- Shuman, E. K. (2010). Global climate change and infectious diseases. *The New England Journal of Medicine*, 362, 1061-1063.
- Singh, N., Kumar, M., & Singh, R. K. (2012). Leishmaniasis: current status of available drugs and new potential drug targets. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 5(6), 485-497.

- Slesak, G., Inthalath, S., Dittrich, S., Paris, D. H., & Newton, P. N. (2015). Leeches as further potential vectors for rickettsial infections. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(48), E6593-E6594.
- Stanek, G., Wormser, G. P., Gray, J., & Strle, F. (2012). Lyme borreliosis. *The Lancet*, 379(9814), 461-473.
- Süss, J., Klaus, C., Gerstengarbe, F. W., & Werner, P. C. (2008). What makes ticks tick? Climate change, ticks, and tick-borne diseases. *Journal of Travel Medicine*, 15(1), 39-45.
- Táncoz, B., Balogh, N., Király, L., Biksi, I., Szeredi, L., Gyurkovsky, M.,...Farkas, R. (2012). First record of autochthonous canine leishmaniasis in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Disease*, 12(7), 588-594.
- Trájer, A. J., Bede-Fazekas, A., Hufnagel, L., Horváth, L., Bobvos, J.,...& Páldy, A. (2013). The effect of climate change on the potential distribution of the European *Phlebotomus* species. *Applied Ecology and Environmental Research*, 11(2), 189-208.
- Tsetsarkin, K.A. et al. Chikungunya virus: evolution and genetic determinants of emergence. *Current Opinion in Virology*, 1(4): 310-317, 2014.
- Tun-Lin, W., Burkot, T.R., & Kay, B. H. (2000). Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Ae. aegypti* in north Queensland, Australia. *Medical and Veterinary Entomology*, 14(1), 31-37.
- Van Bortel, W., Dorleans, F., Rosine, J., Bateau, A., Rousset, D., Matheus, S.,...Zeller, H. (2014). Chikungunya outbreak in the Caribbean region, December 2013 to March 2014, and the significance for Europe. *Euro Surveillace: bulletin Europeen sur les maladies transmissibles-European communicable disease bulletin*, 19(13). pii: 20759
- Walker, D. H. (2016). Changing dynamics of human-rickettsial interactions. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 94(1), 3-4.
- WHO (World Health Organization). (2009). Leishmaniasis: background information. A brief history of the disease [Datos en línea]. Recuperado el 23 de octubre de 2016, de <http://www.who.int/leishmaniasis/en/>
- Wright, N. A., Davis, L. E., Aftergut, K. S., Parrish, C. A., & Cockerell, C. J. (2008). Cutaneous leishmaniasis in Texas: a northern spread of endemic areas. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 58(4), 650-652.
- Yang, H. M., Macoris, M. L., Galvani, K. C., Andrighetti, M. T., & Wanderley, D. M. (2009). Assessing the effects of temperature on the population of *Aedes aegypti*, the vector of dengue. *Epidemiology & Infection*, 137(08), 1188-1202.

Emil Behring. *In memoriam*

Eva María Salinas Miralles*✉

Salinas Miralles, E. M. (2017). Emil Behring. *In memoriam* [Obituario]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 129-130.

En el centenario de su muerte, no podemos dejar de recordar la vida y obra de Emil Behring, científico considerado el fundador de la inmunología moderna. Nació el 15 de marzo de 1854 en Hansdorf (en la antigua Prusia) y falleció el 31 de marzo de 1917 en Marburg (Alemania). Miembro de una familia modesta, fue el mayor de 13 hermanos. Sus padres no pudieron hacer frente a sus estudios universitarios, pero sus maestros lo apoyaron para conseguir una beca y estudiar en la Escuela de Medicina de la Armada en Berlín, lo que lo comprometió a prestar apoyo al ejército durante varios años después de obtener su grado en 1880. Sin embargo, durante su estadía como médico militar en Polonia encontró tiempo para iniciar sus trabajos de investigación sobre los efectos antisépticos y antitóxicos del yodo y sus derivados. Rápidamente sobresalió en el ambiente científico y fue trasladado a Berlín, al Instituto de Higiene liderado por Robert Koch.

Las circunstancias sociales de finales del siglo XIX marcaron de manera importante la carrera de Emil Behring. En aquella época una epidemia de difteria azotaba Europa causando miles de muertes en la población civil y afectando principalmente a los niños. En el imperio alemán, 50,000 niños morían cada año de esta enfermedad. En este escenario, Emil Behring desarrolló su carrera científica y consiguió logros que cambiaron el rumbo de la medicina y la inmunología. En 1890, publicó una serie de artículos en los que describió lo que sería la cura para la difteria. En colaboración con el médico japonés Shibasaburo Kitasato, demostró cómo la inoculación de animales con cultivos estériles de difteria causaba que los animales produjeran antitoxinas (anticuerpos) en su sangre. Además, demostró que la inyección de



Emil Behring.
Imagen tomada de Nobel Prize.org.

las antitoxinas generadas en un animal podía curar a otro animal enfermo de difteria. En 1891, inyectó por primera vez antitoxinas en un niño de 8 años de edad gravemente enfermo de difteria, logrando su recuperación. Posteriormente, su trabajo se centró en la fabricación del antisuero (con antitoxinas) en grandes cantidades y en 1893 inició las pruebas clínicas. Un año después publicó los resultados mostrando una eficacia de 77% en la cura de la difteria. El antisuero fue aprobado para tratar la

* Departamento de Microbiología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: emsalin@correo.uaa.mx

✉ Autor para correspondencia

difteria y en un año se redujo a la mitad la tasa de mortalidad por la enfermedad en Alemania.

Emil Behring contrajo matrimonio en 1896 con Else Spinola, una jovencita de 20 años, hija del director del hospital de Charité en Berlín y con la que tuvo siete hijos. Para ese tiempo se había trasladado a trabajar como profesor a la universidad de Marburg a raíz de problemas acaecidos con Robert Koch. Estableció contacto con Emile Roux y Paul Ehrlich, quienes le asesoraron en la producción a gran escala del antisuero y en la mejora de su calidad en vistas a su comercialización. Con estos mismos fines, se asoció con la compañía Hoechst y posteriormente decidió convertirse en empresario fundando su empresa en Marburg: la compañía Behringwerke, dedicada a la producción del antisuero y que se convirtió en la mayor productora en Alemania. Pero el gran éxito de la compañía vino con el desarrollo de la inmunización frente al tétanos durante la Primera Guerra Mundial. Las heridas severas de los soldados los hacía susceptibles a la infección de tétanos y para prevenir se les inyectaba el antisuero descubierto años anteriores por Emil Behring y producido a gran escala en su compañía.

Este destacado científico alemán recibió varios reconocimientos importantes por sus aportaciones

a la medicina. En 1901 le fue otorgado el premio Nóbel en Fisiología y Medicina por el descubrimiento del antisuero contra la difteria; primer premio Nóbel otorgado en esta categoría. Emil Behring también recibió un título nobiliario, formando parte de la nobleza alemana como Emil "von" Behring. Además fue asesor Médico de Prusia, de la Legión de Honor francesa y miembro honorario de varias instituciones médicas europeas.

Muy relacionado con el ámbito militar y un gran cultivador de las relaciones sociales, Emil Behring supo involucrarse en aquellos ambientes que le facilitaron el trabajo y el desarrollo de su empresa. Fue una persona muy ambiciosa y de carácter autoritario. En el trabajo destacó por ser disciplinado y entusiasta. Aunque su forma de trabajar y su personalidad le generaron muchas críticas en el ámbito científico, fueron la clave para culminar plenamente su proyecto: desde el descubrimiento básico y la producción industrial, a la aplicación médica de la cura para la difteria y el tétanos. Sin duda, Emil Behring fue un pionero en su tiempo, un emprendedor que supo vincular el ambiente científico con el empresarial y así lograr el financiamiento necesario para dar continuidad a sus proyectos.

REFERENCIAS

- Nobel Prize.org. The Official Website of the Nobel Prize. *Emil Behring* [Fotografía]. Recuperada de https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1901/behring-facts.html

Otras fuentes

- Bracha, A., & Tan, S. Y. (2011). Emil von Behring (1854-1917): Medicine's first Nobel laureate. *Singapore Medical Journal*, 52(1), 1-2.
- Kaufmann, S. H. E. (2017). Emil von Behring: translational medicine at the dawn of immunology. *Nature reviews. Immunology*, 17(6), 341-343.
- Villanueva-Meyer, M. Emil von Behring (1854-1917): Pionero de la inmunología y descubridor de las vacunas contra el tétano y la difteria. *Galenus*, 37(1), 40-42, 2013.

An Introduction to Aquatic Toxicology **[Introducción a la Toxicología acuática]**

Nikinmaa, M. (2014). *An Introduction to Aquatic Toxicology* [Introducción a la Toxicología acuática] (240 pp., ISBN 978-0-12-411574-3). Ámsterdam: Academic Press.

Roberto Rico Martínez*✉

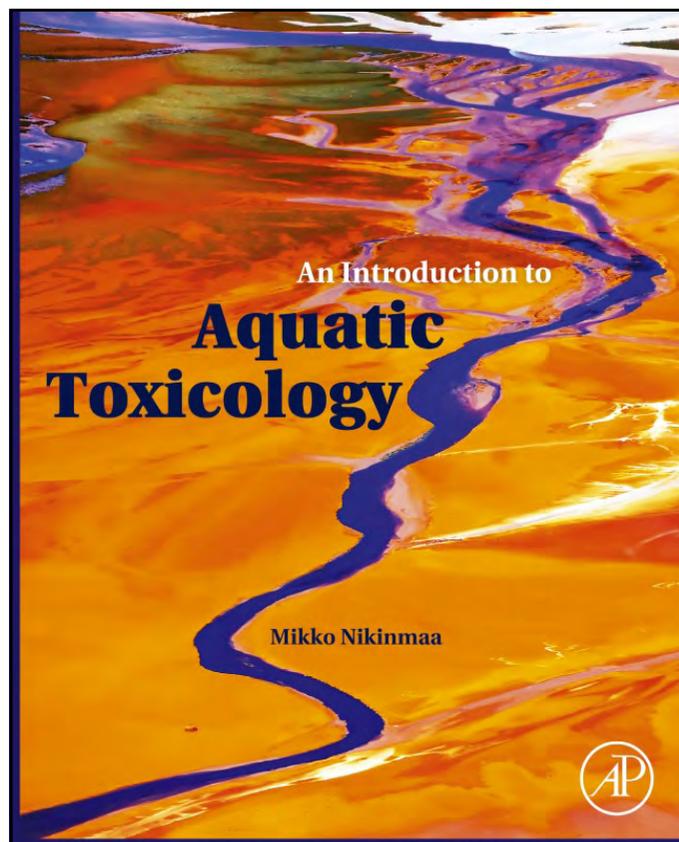
Rico Martínez, R. (2017). *An Introduction to Aquatic Toxicology* [Introducción a la Toxicología acuática]. Reseña [Reseña de libro]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 131-132.

El Dr. Mikko Nikinmaa es profesor de Zoología del Departamento de Biología de la Universidad de Turku, Finlandia. Es, asimismo, editor en jefe de la revista *Aquatic Toxicology*. Escribió el libro *An introduction to Aquatic Toxicology* [Introducción a la Toxicología acuática, en español], con número de ISBN 978-0-12-411574-3.

El libro cuenta con 240 páginas y no tiene desperdicio alguno. Contiene 18 capítulos que llevan al lector de la mano en los temas más recientes y relevantes en el área de la Toxicología acuática. En el primer capítulo hace una breve reseña de lo que es esta área, pasando por capítulos claves en los que explica las causas de la contaminación acuática, los principios de la purificación del agua, las fuentes y transporte de químicos en el agua, para pasar a los diseños experimentales y a la distribución de los químicos en organismos acuáticos, para finalizar con el modelaje de toxicidad.

En los primeros cinco capítulos abunda en el concepto de Toxicología acuática, las causas de la contaminación del agua, los principios de purificación de la misma, las fuentes de transporte de químicos en el ambiente acuático, y los más importantes diseños experimentales y organismos en Toxicología acuática. Con estos capítulos sienta las bases para que los lectores que inician en esta ciencia puedan entender los principios generales de esta disciplina.

De los capítulos seis al ocho, el autor explica cuáles son los factores que afectan la biodisponibilidad de las sustancias químicas, cómo ocurre la entrada de las sustancias químicas a los organismos acuáticos, y cómo se lleva a cabo la distribución de las sustancias químicas en los organismos acuáticos. En estos capítulos utiliza una serie de esquemas, figuras y



Portada del libro *An Introduction to Aquatic Toxicology* [Introducción a la Toxicología acuática].

* Departamento de Química, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: rrico@correo.uaa.mx

✉ Autor para correspondencia

cuadros de gran utilidad que facilitan el entendimiento de procesos clave.

Del capítulo nueve al quince es donde habla de los procesos en el interior de los organismos y su interacción con el ambiente, la parte medular del libro. Se tratan temas como la destoxicación y excreción de compuestos por los organismos y los efectos en estos. El capítulo doce está dedicado a los bioindicadores y biomarcadores, un tema particularmente relevante para los toxicólogos acuáticos. El sinergismo, antagonismo y demás interacciones entre sustancias químicas son cubiertas en el capítulo trece. Para el autor de la presente reseña fue particularmente agradable la lectura del capítulo catorce, dedicado a las pruebas de toxicidad aguda y crónica. En el capítulo quince se tratan las interacciones entre los factores ambientales naturales y la toxicidad.

Los efectos de las sustancias químicas en poblaciones acuáticas, así como en las comunidades acuáticas y ecosistemas, se tratan en los capítulos

dieciséis y diecisiete. De nuevo una serie de figuras, esquemas y cuadros, explican en forma sencilla y concisa estas relaciones.

Finalmente, el capítulo dieciocho se titula: "Modelando la toxicidad". Es uno de los capítulos más interesantes y relevantes del libro. En forma sencilla explica conceptos difíciles como las relaciones entre la estructura cuantitativa y su relación con la actividad (QSAR's, por sus siglas en inglés: *quantitative structure activity relationship*), que se basa en que "la actividad de la molécula se basa en su estructura". También explica las bases de los modelos tóxico-cinéticos, en los que las propiedades del agua afectan la toxicidad de metales. Aquí explica las bases de la estimación del riesgo ambiental en forma amena y con profundidad.

Al concluir la lectura del libro no me resta más que otorgarle un completo endorso como un libro de texto para un curso de toxicología acuática en donde el autor demuestra por qué es el editor en jefe de una de las revistas más emblemáticas en el área: *Aquatic Toxicology*.

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.uqa.mx que contenga archivos adjuntos (*attachment*) con el artículo, las ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor para correspondencia.

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

Colaboración e informes

Revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Dirección General de Investigación y Posgrado

Departamento de Apoyo a la Investigación

Av. Universidad núm. 940, C.U.,

Edificio Académico-Administrativo, piso 6

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

Teléfono (449) 910 74 00 Ext. 34113

Correo electrónico: revistaiyc@correo.uqa.mx

www.uqa.mx/investigacion/revista