

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

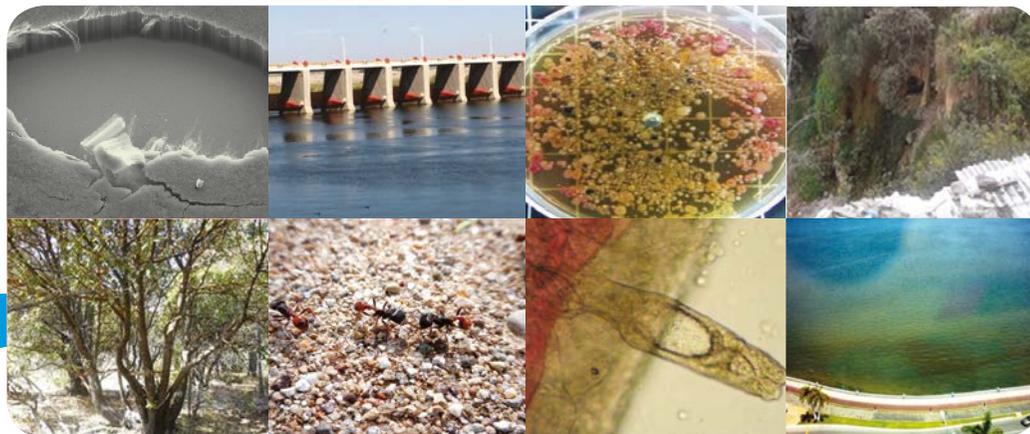
DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

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

AÑO 24
MAYO-AGOSTO 2016

68

EDICIÓN CUATRIMESTRAL
ISSN: 1665-4412



Función sigmoide como modelo de predicción para riego en trigo (*Triticum aestivum*), Distrito 014, Mexicali, Baja California

Identificación de helmintos en carpa común (*Cyprinus carpio*) de un ecosistema acuático en el norte de México

Factores determinantes de las emisiones de CO₂ asociadas al uso de combustibles en el sector industrial de San Luis Potosí

Determinación de la calidad microbiológica del agua de la Laguna de Chapulco, Puebla

Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Aguascalientes

Ecuaciones de volumen para *Arbutus* spp. (madroño) en la región de Pueblo Nuevo, Durango

Viviendas sobre cavernas subterráneas artificiales: una construcción social del riesgo. Caso Atizapán de Zaragoza, Estado de México

La libertad de enseñanza: un principio educativo innovador de la Constitución mexicana de 1857

Uso de conjuntos difusos para cuantificar el potencial de cuerpos académicos desde la conformación de redes científicas de colaboración

Predicción de la influencia del voto duro sobre el voto nulo en un sistema electoral democrático de dos partidos

Patentes e innovación de nanotecnologías en México

Florecimientos algales nocivos en las costas de Campeche, Golfo de México

Eduardo Remedi. *In memoriam*

Preventing bullying through science, policy, and practice [La prevención del bullying a través de la ciencia, la política y la práctica]. 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 24, núm. 68, periodo mayo-agosto 2016, 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., Tel./Fax. 449 9 10 74 42, www.uaa.mx/investigacion/revista, revistaiyc@correo.uaa.mx. Editor responsable: Guadalupe Ruiz Cuéllar. 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. Este número se terminó de imprimir el 31 de agosto de 2016 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), <http://www.dgb.unam.mx/periodica.html>

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

BASES DE DATOS:

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

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

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

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



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

FOTOGRAFÍAS DE PORTADA:

- Estructura interna de una capa de nanotubos de carbono alineados verticalmente
- Presa Morelos, obra hidráulica de recepción de agua del río Colorado
- Microorganismos aislados en el medio Agar SS
- Colonia Lomas de Guadalupe, vivienda popular
- Características del fuste del madroño
- Obreras de *Pogonomyrmex rugosus*
- Tremátodo monogéneo del género *Gyrodactylus* sp.
- Florecimiento de *P. quinquecorne* en el malecón de la ciudad de San Francisco de Campeche

DIRECTORIO

M. en Admón. Mario Andrade Cervantes
Rector

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González
Secretario General

Dra. Guadalupe Ruiz Cuéllar
Directora General de Investigación y Posgrado

M. en C. Gabriel Ernesto Pallás Guzmán
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. Raúl Franco Díaz de León
Decano del Centro de Ciencias de la Salud

Dr. Mario Eduardo Zermeño de León
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.I. José Jorge Saavedra González
Decano del Centro de Ciencias Empresariales

Dr. Daniel Eudave Muñoz
Decano 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
CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
- Dr. Alfredo Feria Velasco
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
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
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
LABORATORIO DE FISIOLÓGIA CELULAR Y MOLECULAR
- Dr. José Luis Reyes Sánchez
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
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
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
- Dr. Juan Carlos A. Jáuregui Correa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
- Dra. Edith R. Jiménez Huerta
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS REGIONALES-INESER
- Dra. María J. Rodríguez-Shadow
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
DIRECCIÓN DE ETNOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA SOCIAL
- Dr. Óscar Alejandro Viramontes Olivas
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOCIAL Y ADMINISTRATIVO
Y SUSTENTABLE
- Dra. Mineko Shibayama
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN
DEPARTAMENTO DE INFECTÓMICA Y PATOGÉNESIS MOLECULAR
- Dra. Guadalupe Ruiz Cuéllar
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

- **Función sigmoide como modelo de predicción para riego en trigo (*Triticum aestivum*), Distrito 014, Mexicali, Baja California** 5-14
Sigmoid function as prediction model for irrigation in wheat (*Triticum aestivum*), District 014, Mexicali, Baja California

Carlos H. Castro González
Luis F. Escoboza García
Leonel Avendaño Reyes
María I. Escoboza García
Marco Huez López
Oscar A. Viramontes Olivas

CIENCIAS BÁSICAS

- **Identificación de helmintos en carpa común (*Cyprinus carpio*) de un ecosistema acuático en el norte de México** 15-21
Identification of helminthes in common carp (*Cyprinus carpio*) from an aquatic environment in the north of Mexico

Héctor Rubio Arias
Magali Domínguez Chacón
Martín Renato Hernández Castaños
María Eduvigés Burrola Barraza
Luis Colmenero
María de Lourdes Villalba

- **Factores determinantes de las emisiones de CO₂ asociadas al uso de combustibles en el sector industrial de San Luis Potosí** 22-28
Determinants of CO₂ emissions associated with the use of fuels in the industrial sector of San Luis Potosi

María Teresa Gutiérrez Escajeda
Pedro Medellín Milán
Carlos Joel Abrego Góngora

- **Determinación de la calidad microbiológica del agua de la Laguna de Chapulco, Puebla** 29-35
Assessment of the microbial quality of Chapulco Lagoon, Puebla

Norma Elena Rojas Ruiz
Guillermo Muñoz Zurita
Araceli Sosa Jiménez
Itzamná Baqueiro Peña

- **Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Aguascalientes** 36-40
Ants (Hymenoptera: Formicidae) of Aguascalientes

Miguel Vásquez Bolaños
Jaime Escoto Rocha

INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

- **Ecuaciones de volumen para *Arbutus* spp. (madroño) en la región de Pueblo Nuevo, Durango** 41-47
Volume table for *Arbutus* spp. (madrono) in the region of Pueblo Nuevo, Durango

Francisco Cruz Cobos
Roberto Mendía Santana
Abner Alain Jiménez Flores
Juan Abel Nájera Luna
Francisco Cruz García

CONTENIDO

CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

- **Viviendas sobre cavernas subterráneas artificiales: una construcción social del riesgo. Caso Atizapán de Zaragoza, Estado de México** 48-59
Houses on artificial underground caves: social construction of risk. Case Atizapan of Zaragoza, State of Mexico

Fabiola Sánchez Gómez
Aleyda Reséndiz Vázquez

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

- **La libertad de enseñanza: un principio educativo innovador de la Constitución mexicana de 1857** 60-69
Liberty in education: an innovative principle of 1857 Mexican Constitution

José Bonifacio Barba Casillas

- **Uso de conjuntos difusos para cuantificar el potencial de cuerpos académicos desde la conformación de redes científicas de colaboración** 70-77
Fuzzy sets implementation to quantify the potential for academic groups from the formation of scientific collaboration networks

Lucio Flores Payán
Ricardo Pérez Mora

- **Predicción de la influencia del voto duro sobre el voto nulo en un sistema electoral democrático de dos partidos** 78-85
Prediction of the influence of core vote on null vote in a democratic two-party electoral system

Miguel Ángel Martínez Cruz
Alfredo Trejo Martínez
Ana Beatriz Vega Cruz
Valentín Jiménez Jarquín

REVISIONES CIENTÍFICAS

- **Patentes e innovación de nanotecnologías en México** 86-90
Patents and innovation of nanotechnologies in Mexico

Guillermo Foladori
Edgar Ramón Arteaga Figueroa
Eduardo Robles Belmont
Edgar Záyago Lau
Richard Appelbaum
Rachel Parker

- **Florecimientos algales nocivos en las costas de Campeche, Golfo de México** 91-96
Harmful algal blooms in the coastal waters of Campeche, Gulf of Mexico

Carlos Antonio Poot Delgado

OBITUARIO

- **Eduardo Remedi. *In memoriam*** 97-98

Salvador Camacho Sandoval

RESEÑA

- **Preventing bullying through science, policy, and practice [La prevención del bullying a través de la ciencia, la política y la práctica]** 99-101

Guadalupe Ruiz Cuéllar

Función sigmoide como modelo de predicción para riego en trigo (*Triticum aestivum*), Distrito 014, Mexicali, Baja California

Sigmoid function as prediction model for irrigation in wheat (*Triticum aestivum*), District 014, Mexicali, Baja California

Carlos H. Castro González¹, Luis F. Escoboza García¹, Leonel Avendaño Reyes¹, María I. Escoboza García¹, Marco Huez López², Óscar A. Viramontes Olivas^{3*}

Castro González, C. H., Escoboza García, L. F., Avendaño Reyes, L., Escoboza García, M. I., Huez López, M., Viramontes Olivas, O. A. Función sigmoide como modelo de predicción para riego en trigo (*Triticum aestivum*), Distrito 014, Mexicali, Baja California. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 5-14, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

Para disponer del recurso hídrico en el Distrito de Riego 014, Río Colorado y llevar a cabo los riegos en los cultivos, se cumple con una programación basada en planes de riego que verifican avances, cambios y ajustes periódicos. Con el fin de reforzar la programación, se utilizaron métodos matemáticos para predecir la sistematización de riegos en trigo (*Triticum aestivum*). Se emplearon tres modelos de función sigmoide, para los cuales se usaron datos experimentales observados y acumulados en la superficie agrícola del DR 014 en Mexicali y San Luis Río Colorado, Sonora, durante el ciclo 2010-2011. La validación de los modelos fue mediante el logístico de Verhulst, función Gompertz y Beta de crecimiento. Los parámetros como pruebas de bondad de ajuste, verificación de linealidad, análisis de varianza y residual se estimaron con el programa especializado para regresiones no lineales. De acuerdo con los resultados, los modelos Verhulst y Gompertz describieron el comportamiento de la superficie regada en tiempo,

Palabras clave: irrigación, parcelas, producción, programación.

Keywords: irrigation, plots, production, programming.

Recibido: 15 de abril de 2015, **aceptado:** 28 de enero de 2016

¹ Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California.

² Universidad de Sonora.

³ Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Chihuahua campus Universitario 2.

* Autor para correspondencia: violioscar@gmail.com, oviramom@uach.mx

por lo que estadísticamente se considera confiable para fines de predicción en la elaboración de planes de riego.

ABSTRACT

To have the water resources in the Irrigation District 014, Colorado River and carry out irrigation on crops is met based programming irrigation schemes that verify progress, changes and periodic adjustments. In order to strengthen the programming, mathematical methods were used to predict the systematization of irrigation in wheat (*Triticum aestivum*). Three models of sigmoid function for which observed experimental data were used and accumulated in the agricultural area of the DR 014 in Mexicali and San Luis Rio Colorado, Sonora, during the 2010-2011 cycle were used. The model validation was using the Verhulst logistic, Gompertz function and growth Beta. Parameters such as goodness of fit tests, linearity verification, analysis of variance and residual, were estimated with the specialized program for nonlinear regressions. According to the results, Gompertz and Verhulst models described the behavior of the irrigated surface in time, so statistically it is considered reliable for forecasting purposes in developing irrigation schemes.

INTRODUCCIÓN

Cortez Lara (2011) menciona que en los valles de Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora, se cultiva bajo riego una superficie de 123,000

ha con agua por gravedad; 47 y 20,000 ha consisten de pozos federal y particular, respectivamente. La cédula de cultivos comúnmente establecida es de 96,000 ha (trigo); 33,000 ha (algodón) y 32,000 ha de alfalfa y otros cultivos como hortalizas, frutales y sorgo. Para este tipo de riego, el manejo se realiza con obras hidráulicas e infraestructura del Distrito de Riego 014, Río Colorado y con el suministro de agua del acuífero a través de una batería de 640 pozos profundos (CONAGUA, 2010), en donde al trigo se le aplican cinco riegos con una lámina neta de 90 cm del mes de octubre a enero (2010-2011) y dentro de una temporada de mediados de octubre a la tercera semana de abril de 2011. La cosecha es a partir del 10 de mayo (PRSG, 2011).

Para el establecimiento de cultivos, el trabajo se basa en un plan de riegos de acuerdo a la CONAGUA (2009), el cual debe fundamentarse técnicamente en las necesidades hídricas de los mismos y cumplir con las restricciones propias del Tratado de Aguas de 1944 (SRE, 1944) que rige el manejo del agua del río Colorado. Este proceso se debe desarrollar de manera racional, ya que la presión y demanda del recurso es cada vez mayor por parte de los usuarios urbanos, industriales y agrícolas con una disponibilidad fija con tendencias a la baja por efectos climáticos y la sequía presente en su cuenca, por lo que será necesario mejorar los métodos y metodologías para el uso más eficiente del recurso (Sánchez, 2004).

Cortez Lara (2005) comenta que cuando los cultivos ya están establecidos en los valles de Mexicali y San Luis Río Colorado, los organismos encargados de la distribución y entrega del agua a los usuarios elaboran gráficas que representan la superficie regada acumulada en el tiempo para observar avances y comparar con lo programado con el fin de realizar cambios y ajustes en las demandas hídricas. Este comportamiento gráfico se representa con una curva sigmoidea según lo expone Kirchhoff (2012) y puede ser simulada con modelos empíricos de la función sigmoide o logística (Yin et al., 2003) que al alcanzar sus ecuaciones y parámetros pueden ser utilizados con fines de predicción en la elaboración de planes de riego expresando la superficie regada acumulada, como fracción del área total establecida de un cultivo, se obtienen los índices de riego que representan de manera unitaria, extrapolar cualquier dimensión con fines de programación (Alonso Báez et al., 2003).

El objetivo de esta investigación fue evaluar tres modelos de predicción: función Gompertz, modelo Logístico de Verhulst y función Beta de Crecimiento (Yin et al., 2003) para determinar y planear de manera racional el riego del cultivo de trigo *Triticum aestivum*, para ajustarlo a los datos observados en la superficie regada durante el ciclo 2010-2011 en el Distrito de Riego 014, Mexicali, Baja California.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recurrió a la información hidroagrícola del Distrito de Riego 014, Río Colorado S.R.L. de I.P. de C.V., referente al ciclo agrícola 2010-2011 del cultivo de trigo establecido dentro del sistema de agua por gravedad, con una superficie de 63,161 ha físicas y 325,725 ha de riego, cuya información se concentra en la Tabla 1.

Las hectáreas de riego se refieren a la suma de las hectáreas físicas que se riegan en cada ciclo. Para el análisis del estudio los datos de las regadas acumuladas fueron expresados como fracción de superficie total establecida y se definió a dicha fracción como Índice de Riego (IR) que, para este estudio, es el valor entre 0 y 1 que representa una cantidad de hectáreas regadas en determinado tiempo, siendo IR=1 cuando se riega la superficie total establecida. La unidad de tiempo utilizada fue la decena (10 d), los índices decenales y por riego se muestran en la Tabla 2. Para efectos de cálculo de parámetros y análisis estadísticos, los riegos se inician con la Decena 1, ya que estos fueron analizados de forma independiente.

Al graficar la información de la superficie regada acumulada de la Tabla 1 se obtiene una serie de curvas de tipo sigmoideo, como se aprecia en la Figura 1.

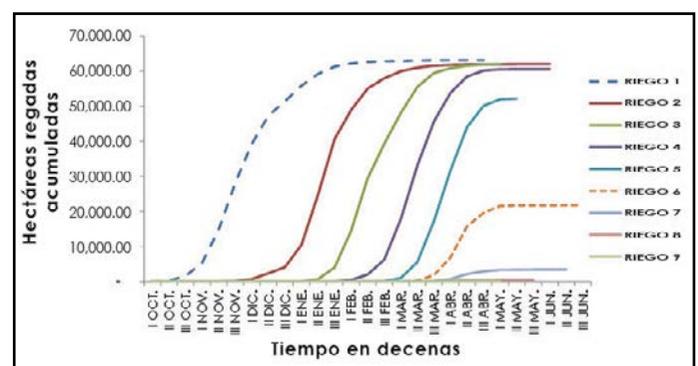


Figura 1. Superficie regada acumulada por riego de trigo 2010-2011. Elaboración propia.

Tabla 1. Superficie acumulada regada por decena en el ciclo de trigo 2010-2011

Decena del mes	Riego 1	Riego 2	Riego 3	Riego 4	Riego 5	Riego 6	Riego 7	Riego 8	Riego 9
I Oct.	34.00	-	-	-	-	-	-	-	-
II Oct.	236.73	-	-	-	-	-	-	-	-
III Oct.	1,578.73	13.00	-	-	-	-	-	-	-
I Nov.	5,396.51	26.00	-	-	-	-	-	-	-
II Nov.	14,803.35	79.00	-	-	-	-	-	-	-
III Nov.	28,197.57	152.00	-	-	-	-	-	-	-
I Dic.	39,324.63	686.66	6.00	-	-	-	-	-	-
II Dic.	47,282.29	2,316.81	6.00	-	-	-	-	-	-
III Dic.	51,507.89	4,140.11	16.00	24.00	-	-	-	-	-
I Ene.	55,858.12	10,475.64	66.00	24.00	-	-	-	-	-
II Ene.	59,268.30	24,790.91	651.50	24.00	-	-	-	-	-
III Ene.	61,354.27	40,694.02	4,074.03	66.00	-	-	-	-	-
I Feb.	62,248.08	48,996.56	14,522.75	443.35	-	-	-	-	-
II Feb.	62,693.87	55,067.50	29,445.81	1,998.05	30.00	-	-	-	-
III Feb.	62,883.87	58,005.95	39,385.30	6,276.60	144.85	-	-	-	-
I Mar.	62,965.87	60,059.64	48,139.03	17,853.68	995.60	14.00	-	-	-
II Mar.	63,059.07	61,040.00	55,548.17	33,108.22	5,563.66	284.65	12.00	64.00	-
III Mar.	63,136.57	61,649.96	59,528.00	45,763.40	17,293.81	1,850.45	137.00	64.00	-
I Abr.	63,152.07	61,862.06	60,943.40	53,867.38	31,792.52	6,916.78	705.86	170.00	-
II Abr.	63,152.07	61,938.06	61,646.65	58,522.59	44,066.73	15,740.23	2,141.21	353.00	5.00
III Abr.	63,160.57	61,975.56	61,933.05	60,252.65	50,193.77	19,676.81	2,937.60	413.00	25.00
I May.		61,990.56	62,008.05	60,587.65	52,029.80	21,555.93	3,349.60	472.00	27.00
II May.		62,000.06		60,626.65	52,252.80	21,689.43	3,407.40	488.00	
III May.		62,008.06		60,629.65		21,689.43	3,415.40	498.00	
I Jun.		62,010.06		60,636.65		21,700.43	3,415.40		
II Jun.						21,708.43	3,421.40		
III Jun.						21,710.43			
Ha por riego	63,161	62,010	62,008	60,637	52,253	21,710	3,421	498	27

Elaboración propia

Tabla 2. Índices de riego (IR), decenales y globales del cultivo de trigo 2010-2011

Decenas	Riego 1	Riego 2	Riego 3	Riego 4	Riego 5	Riego 6	Riego 7	Riego 8	Riego 9	IR global	Ha riego
1	0.00054	0.00021	0.00009	0.000380	0.00047	0.00022	0.00019	0.00101	0.00008		
2	0.00375	0.00041	0.00009	0.000380	0.00229	0.00451	0.00217	0.00101	0.00040		
3	0.02500	0.00125	0.00025	0.000380	0.01576	0.02930	0.01118	0.00269	0.00043		
4	0.08544	0.00241	0.00104	0.001045	0.08809	0.10951	0.03390	0.00559			
5	0.23438	0.01087	0.01031	0.007019	0.27381	0.24921	0.04651	0.00654			
6	0.44644	0.03668	0.06450	0.031634	0.50336	0.31154	0.05303	0.00747			
7	0.62261	0.06555	0.22993	0.099375	0.69769	0.34129	0.05395	0.00773			
8	0.74860	0.16586	0.46621	0.282671	0.79470	0.34340	0.05407	0.00788			
9	0.81551	0.39251	0.62357	0.524191	0.82377	0.34340	0.05407				
10	0.88438	0.64429	0.76217	0.724556	0.82730	0.34358	0.05417				
11	0.93838	0.77575	0.87948	0.852864		0.34370					
12	0.97140	0.87187	0.94249	0.926568		0.34373					
13	0.98555	0.91839	0.96490	0.953960							
14	0.99261	0.95090	0.97603	0.959264							
15	0.99562	0.96643	0.98057	0.959881							
16	0.99692	0.97608	0.98175	0.959929							
17	0.99839	0.97944		0.960040							
18	0.99962	0.98064									
19	0.99987	0.98124									
20	0.99987	0.98148									
21	1.00000	0.98163									
22		0.98175									
23		0.98178									
IR, Por riego	1.00000	0.98178	0.98175	0.96004	0.82730	0.34373	0.05417	0.00788	0.00043	5.15709	
Ha regadas	63,161	62,010	62,008	60,637	52,253	21,710	3,421	498	27		325,725

Elaboración propia

El comportamiento de las curvas de riego de la Figura 1 es la parte central del estudio que consistió en obtener el modelo de predicción de la superficie regada acumulada en cada riego, en donde se analizaron los modelos:

1. Modelo logístico de Verhulst: $y = \frac{ymax}{1 + e^{-k(t-t_i)}}$ (1)
2. Función Gompertz: $y = y_{max} e^{-e^{-k(t-t_i)}}$ (2)
3. Función beta de crecimiento: (3)

$$y = y_{max} \left(1 + \frac{tm-t}{tm-t_i}\right) \left(\frac{t}{tm}\right)^{\frac{tm}{tm-t_i}} \text{ para } 0 \leq t_i < tm$$

Donde (y) Variable dependiente; (y_{max}) Valor máximo de y ; (k) Constante de curvatura del modelo; (t) Tiempo (variable independiente); (t_i) Tiempo de inflexión; (t_m) Tiempo máximo y (e) Número de Euler.

Para obtener los parámetros en los modelos se recurrió al uso de un programa especializado para regresiones no lineales mediante el procedimiento NLIN de SAS 9.2 con la opción Marquardt-Hougaard. Las variables de entrada fueron los datos observados en cada riego y la expresión matemática de las ecuaciones que además de los parámetros, genera la estimación de límite de confianza al 95%, error estándar, grado de asimetría (*skewness*), matriz de correlación y un análisis de varianza para el modelo.

Con los datos observados y estimados en cada uno de los modelos se determinaron los indicadores de bondad de ajuste, tales como: media del error absoluto (MEA), media del cuadrado del error (MCE) y coeficiente de determinación para modelos no lineales (R_i^2).

El criterio para la selección del modelo se basó en el cumplimiento de las siguientes restricciones:

- Que el modelo fuera estadísticamente significativo en el análisis de varianza.
- Que los parámetros obtenidos presentaran indicadores aceptables de límites de confianza y asimetría.

- Que el análisis de estimados y observados cumpliera las pruebas de bondad de ajuste de MEA, MCE y R_i^2 .
- Que los parámetros de los modelos no fuesen correlacionados.
- Que los modelos cumplieran con los supuestos de normalidad e independencia del residual.

RESULTADOS

De los nueve riegos aplicados se descartó el último, ya que el porcentaje de aplicación fue muy bajo (0.043%) con solo tres datos observados, lo que imposibilitó un análisis estadístico confiable en este caso. En la revisión de la información utilizada (Tabla 1) se observa que en la parte final de los riegos este se registra tardíamente, ya que aun cuando la temporada se termina, se siguen ingresando datos. Al margen de estas dos consideraciones se realizó el análisis de la información (Tabla 3), en donde se muestra el concentrado de los resultados del análisis de varianza en los tres modelos propuestos.

En los tres modelos se aprecia que el análisis de varianza de cada uno de ellos y en todos los riegos son altamente significativos, ya que en la fuente de variación atribuida al modelo se obtiene un valor de ($P < .0001$). Analizando el parámetro (k) de los modelos Gompertz y Verhulst y el parámetro (t_m) del modelo Beta, en la Tabla 4, se confirma con

Tabla 3. Suma de cuadrados y significancia de los modelos propuestos

Modelo	S.C. Modelo	S.C. Total	Riego 1	S.C. Modelo	S.C. Total	Riego 5
	GL= 2	GL= 21	Pr>F	GL= 2	GL= 10	Pr>F
Gompertz	13.41720	13.41880	<.0001	2.81450	2.81770	<.0001
Verhulst	13.40520	13.41880	<.0001	2.81700	2.81770	<.0001
Beta	13.21950	13.41880	<.0001	2.79390	2.81770	<.0001
	GL= 2	GL= 23	Riego 2	GL= 2	GL= 12	Riego 6
Gompertz	12.33410	12.33720	<.0001	0.87820	0.87870	<.0001
Verhulst	12.33230	12.33720	<.0001	0.87860	0.87870	<.0001
Beta	11.98630	12.33720	<.0001	0.85730	0.87870	<.0001
	GL= 2	GL= 16	Riego 3	GL= 2	GL= 10	Riego 7
Gompertz	6.71310	6.71500	<.0001	0.01790	0.01790	<.0001
Verhulst	6.70620	6.71500	<.0001	0.01790	0.01790	<.0001
Beta	6.61540	6.71500	<.0001	0.01760	0.01790	<.0001
	GL= 2	GL= 17	Riego 4	GL= 2	GL= 8	Riego 8
Gompertz	7.06820	7.07120	<.0001	0.00026	0.00026	<.0001
Verhulst	7.07000	7.07120	<.0001	0.00026	0.00026	<.0001
Beta	6.91080	7.07120	<.0001	0.00026	0.00026	<.0001

GL: Grados de Libertad; SC: Suma de Cuadrados. Elaboración propia

certeza estadística del 95% que los parámetros obtenidos en los tres modelos y en los ocho riegos son confiables. Al analizar en la misma tabla la medida de asimetría se puede observar para el modelo Beta en el parámetro 1, el valor $|g_{1i}| > 1.0$, que lo sitúa como un parámetro con comportamiento no lineal considerable y de baja certidumbre para fines de predicción. En cuanto al modelo de Gompertz en el parámetro (k), presenta tres riegos con valor $|g_{1i}| > 0.25$ y cinco por debajo del mismo, mientras que el de Verhulst sólo muestra uno con valor $|g_{1i}| > 0.25$ y siete < 0.25 , lo que indica para este parámetro que el modelo Verhulst es el mejor calificado, al resultar que tiene propiedades razonablemente cercanas al de una regresión lineal con mínima varianza, distribución normal y con intervalos de confianza seguros para la construcción de inferencias.

En la Tabla 5 se presentan los datos del parámetro (t_i), señalan que su estimado cumple en general en los tres modelos y con todos los riegos con los límites de confianza obtenidos al 95% y la medida de asimetría fue $|g_{1i}| < 0.1$ en todos los casos de riego y modelos, lo que muestra en este parámetro un comportamiento estadístico muy cercano a un modelo lineal. De este análisis de límites de confianza y asimetría de ambos parámetros se deduce que los modelos Gompertz y Verhulst son confiables y más recomendables para obtener predicciones que el modelo Beta.

En cuanto a la correlación entre parámetros, en la Tabla 6 se indica que la correlación es muy baja o no existe, ya que este coeficiente fue: $r < 0.35$ en el modelo de Gompertz, en Verhulst: $r < 0.012$ y en Beta: $r < 0.15$, por lo que la contribución al resultado del modelo de cada uno de los parámetros es independiente.

Tabla 4. Parámetros (k) y (t_m), error de estimación (\hat{E} 95%) y asimetría $|g_{1i}|$ de los modelos ensayados

Modelo	Parámetro	Estimado	\hat{E} 95% (\pm)	$ g_{1i} $	Parámetro	Estimado	\hat{E} 95% (\pm)	$ g_{1i} $
Riego 1					Riego 5			
Gompertz	k	0.5190	0.0179	0.0741	k	0.8810	0.7663	0.2562
Verhulst	k	0.7429	0.0776	0.2207	k	1.2621	1.1833	0.1211
Beta	t_m	16.5606	1.5700	1.1544	t_m	9.0918	8.5301	1.2835
Riego 2					Riego 6			
Gompertz	k	0.6640	0.0345	0.1127	k	1.1623	0.1503	0.3053
Verhulst	k	0.9432	0.0640	0.1468	k	1.6475	0.0860	0.0998
Beta	t_m	18.9991	1.5623	1.2432	t_m	9.7916	1.3657	1.7502
Riego 3					Riego 7			
Gompertz	k	0.6111	0.0302	0.1030	k	1.2003	0.1120	0.1474
Verhulst	k	0.8648	0.0943	0.2286	k	1.6877	0.1679	0.1941
Beta	t_m	14.1439	0.8399	1.1916	t_m	8.2644	1.2086	1.8268
Riego 4					Riego 8			
Gompertz	k	0.7407	0.0499	0.1419	k	0.8588	0.2806	0.5817
Verhulst	k	1.0544	0.0464	0.0930	k	1.1655	0.2885	0.4269
Beta	t_m	14.8940	0.9696	1.2800	t_m	7.0997	0.9323	1.6977

Elaboración propia.

Tabla 5. Parámetro (t_i), error de estimación (\hat{E} 95%) y asimetría $|g_{1i}|$ de los modelos ensayados

Modelo	Estimado	\hat{E} 95% (\pm)	$ g_{1i} $	Estimado	\hat{E} 95% (\pm)	$ g_{1i} $
Riego 1				Riego 5		
Gompertz	5.6531	0.0563	(0.0079)	5.0877	0.1251	(0.0242)
Verhulst	6.5379	0.1590	(0.0002)	5.6224	0.0562	(0.0001)
Beta	4.7899	2.2036	(0.0588)	6.2604	0.4841	(0.1684)
Riego 2				Riego 6		
Gompertz	8.8062	0.0663	(0.0119)	4.0556	0.0924	(0.0368)
Verhulst	9.4883	0.0817	0.0000	4.4475	0.0364	0.0003
Beta	9.7838	1.8824	(0.0365)	4.0923	1.8080	(0.6689)
Riego 3				Riego 7		
Gompertz	7.6156	0.0685	(0.0110)	3.3715	0.0656	(0.0243)
Verhulst	8.3984	0.1432	(0.0000)	3.7548	0.0669	(0.0024)
Beta	9.3104	0.7895	(0.1900)	3.4934	1.5496	(0.6871)
Riego 4				Riego 8		
Gompertz	8.2494	0.0771	(0.0148)	2.9294	0.8687	(0.0608)
Verhulst	8.8789	0.0475	(0.0000)	3.4402	0.2376	(0.0021)
Beta	9.8627	0.9962	(0.2134)	3.3751	0.8421	(0.6518)

Elaboración propia.

Al revisar los indicadores de bondad de ajuste obtenidos del análisis de datos observados y estimados con los modelos, en la Tabla 7 se muestra un R_1^2 mayor a 0.98 en los modelos Gompertz y Verhulst. En el caso del Beta, este indicador es mayor a 0.91.

Tabla 6. Matriz de correlación entre parámetros de los modelos

Riego	Parámetro	Gompertz	Verhulst	Beta
		Parámetro k	Parámetro k	Parámetro $t m$
1	t_i	0.3191	0.0015	(0.2908)
2	t_i	0.3192	0.0000	(0.0177)
3	t_i	0.3191	0.0000	0.0947
4	t_i	0.3187	0.0000	0.1496
5	t_i	0.3197	0.0004	0.1106
6	t_i	0.3501	(0.0031)	(0.1163)
7	t_i	0.2885	0.0123	(0.1430)
8	t_i	0.3165	0.0087	(0.3498)

Elaboración propia.

Tabla 7. Indicadores de bondad de ajuste de los modelos

Modelo	MEA*	MCE**	R ²	Modelo	MEA*	MCE**	R ²
Riego 1				Riego 5			
Gompertz	0.0063	0.0001	0.9995	Gompertz	0.0149	0.0040	0.9973
Verhulst	0.0176	0.0007	0.9956	Verhulst	0.0074	0.0001	0.9994
Beta	0.0795	0.0105	0.9350	Beta	0.0407	0.0030	0.9801
Riego 2				Riego 6			
Gompertz	0.0062	0.0015	0.9993	Gompertz	0.0041	0.0000	0.9979
Verhulst	0.0092	0.0002	0.9988	Verhulst	0.0016	0.0000	0.9996
Beta	0.1005	0.0167	0.9172	Beta	0.0358	0.0021	0.9118
Riego 3				Riego 7			
Gompertz	0.0076	0.0001	0.9993	Gompertz	0.0005	0.0000	0.9989
Verhulst	0.0168	0.0006	0.9969	Verhulst	0.0005	0.0000	0.9988
Beta	0.0646	0.0071	0.9648	Beta	0.0050	0.0000	0.9273
Riego 4				Riego 8			
Gompertz	0.0098	0.0020	0.9990	Gompertz	0.0003	0.0000	0.9798
Verhulst	0.0062	0.0001	0.9996	Verhulst	0.0002	0.0000	0.9890
Beta	0.0786	0.0107	0.9478	Beta	0.0004	0.0000	0.9717

* MEA (media del error absoluto); **MCE (media del cuadrado del error). Elaboración propia.

Se observa también que consistentemente este modelo presenta el menor valor de ese indicador. Para el caso de la MEA y MCE en los riegos 1, 2 y 3, se aprecia que el modelo Gompertz presenta los valores menores, lo cual es deseable; mientras que el Verhulst en los riegos 4, 5, 6 y 8 son los más bajos. En cambio, para el riego 7 se aprecia similitud en Gompertz y Verhulst. Para todos los indicadores, el Beta es el menos recomendable al compararse con los otros dos modelos. De acuerdo a este análisis, sería indistinto recomendar Gompertz o Verhulst para utilizarse como modelo de predicción en índices de riego.

Para validar los supuestos de normalidad e independencia del modelo se realizó un examen del residual, se practicó la prueba de las rachas (*run test*) para comprobar la independencia de los errores; esto se muestra en la Tabla 8, en donde se describe que el modelo Gompertz presenta independencia

entre errores en cuatro riegos, el de Verhulst en tres y Beta en uno.

En cuanto a la verificación de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk presentada en la Tabla 9, indica que el modelo de Gompertz mostró características de distribución normal del residual en cinco riegos, el de Verhulst en cuatro y el Beta en siete.

Con base en los distintos análisis expresados y resumidos en la Tabla 10, tanto el modelo Gompertz como Verhulst muestran condiciones estadísticas aceptables para ser utilizados como predictores de índices de riego, cuyos parámetros se muestran en las Tablas 4 y 5, siendo las ecuaciones:

$$\text{Modelo logístico de Verhulst: } y = \frac{y_{\max}}{1 + e^{-k(t-t_i)}} \quad (1)$$

$$\text{Función Gompertz: } y = y_{\max} e^{-e^{-k(t-t_i)}} \quad (2)$$

Tabla 8. Prueba de las rachas para independencia de los errores $\alpha = 0.05$

Riego	Gompertz			Verhulst			Beta		
	<i>r</i>	<i>r</i> crítico	se acepta	<i>r</i>	<i>r</i> crítico	se acepta	<i>r</i>	<i>r</i> crítico	se acepta
1	5	4	H0	3	3	H1	4	6	H1
2	5	5	H1	5	3	H0	4	7	H1
3	5	3	H0	3	2	H0	4	4	H1
4	3	2	H0	5	5	H1	2	5	H1
5	3	-	-	4	2	H0	4	2	H0
6	3	-	-	0	-	-	2	3	H1
7	5	2	H0	0	-	-	2	2	H1
8	5	-	-	4	-	-	5	-	H1

Elaboración propia.

Tabla 9. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk (W) $\alpha = 0.05$

Riego 1 (n= 21, Wt= 0.908)		Riego 5 (n= 10, Wt= 0.842)	
Gompertz	0.893	Gompertz	0.944
Verhulst	0.887	Verhulst	0.939
Beta	0.902	Beta	0.958
Riego 2 (n= 23, Wt= 0.914)		Riego 6 (n= 12, Wt= 0.859)	
Gompertz	0.757	Gompertz	0.858
Verhulst	0.852	Verhulst	0.852
Beta	0.956	Beta	0.950
Riego 3 (n= 16, Wt= 0.887)		Riego 7 (n= 10, Wt= 0.842)	
Gompertz	0.905	Gompertz	0.851
Verhulst	0.840	Verhulst	0.885
Beta	0.950	Beta	0.912
Riego 4 (n= 17, Wt= 0.892)		Riego 8 (n= 8, Wt= 0.818)	
Gompertz	0.941	Gompertz	0.881
Verhulst	0.960	Verhulst	0.854
Beta	0.958	Beta	0.963

Elaboración propia.

Tabla 10. Resumen de indicadores estadísticos

Indicadores	Gompertz	Verhulst	Beta
ANDEVA del modelo	$P < .0001$	$P < .0001$	$P < .0001$
Parámetro 1	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>t m</i>
L.C. 95%	Confiable	Confiable	Confiable
Asimetría	$ g_{11} < 0.25$ en 5 riegos	$ g_{11} < 0.25$ en 7 riegos	$ g_{11} > 1.0$ en 8 riegos
Parámetro 2	<i>t i</i>	<i>t i</i>	<i>t i</i>
L.C. 95%	Confiable	Confiable	Confiable
Asimetría	$ g_{11} < 0.1$	$ g_{11} < 0.1$	$ g_{11} < 0.1$
Correlación			
entre parámetros	< 0.35	< 0.012	< 0.15
Bondad de Ajuste			
MEA	$< .01153$	$< .01536$	$< .07194$
MCE	$< .00015$	$< .00057$	$< .0048$
R^2	0.98 a 0.99	0.98 a 0.99	0.91 a .98
Examen del Residual			
Rachas	Independencia en 4 riegos	Independencia en 3 riegos	Independencia en 1 riego
Shapiro - Wilk	Normalidad en 5 riegos	Normalidad en 4 riegos	Normalidad en 7 riegos

Elaboración propia.

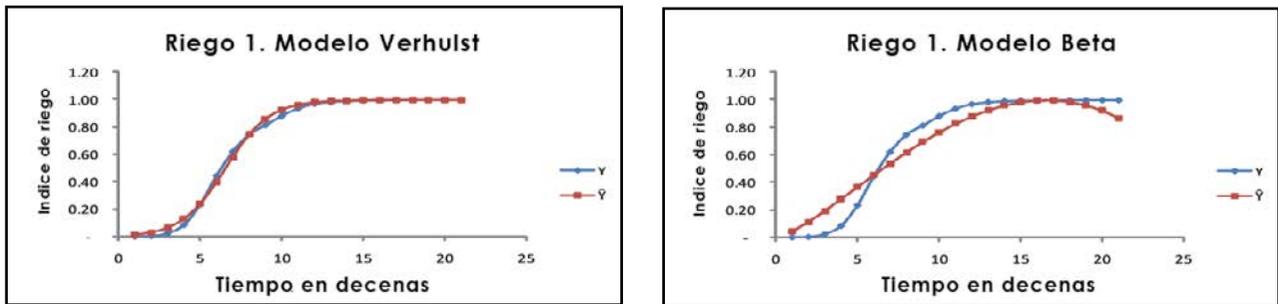


Figura 2. Indicadores de riego estimados y observados del Riego 1 en los modelos Verhulst y Beta. Elaboración propia.

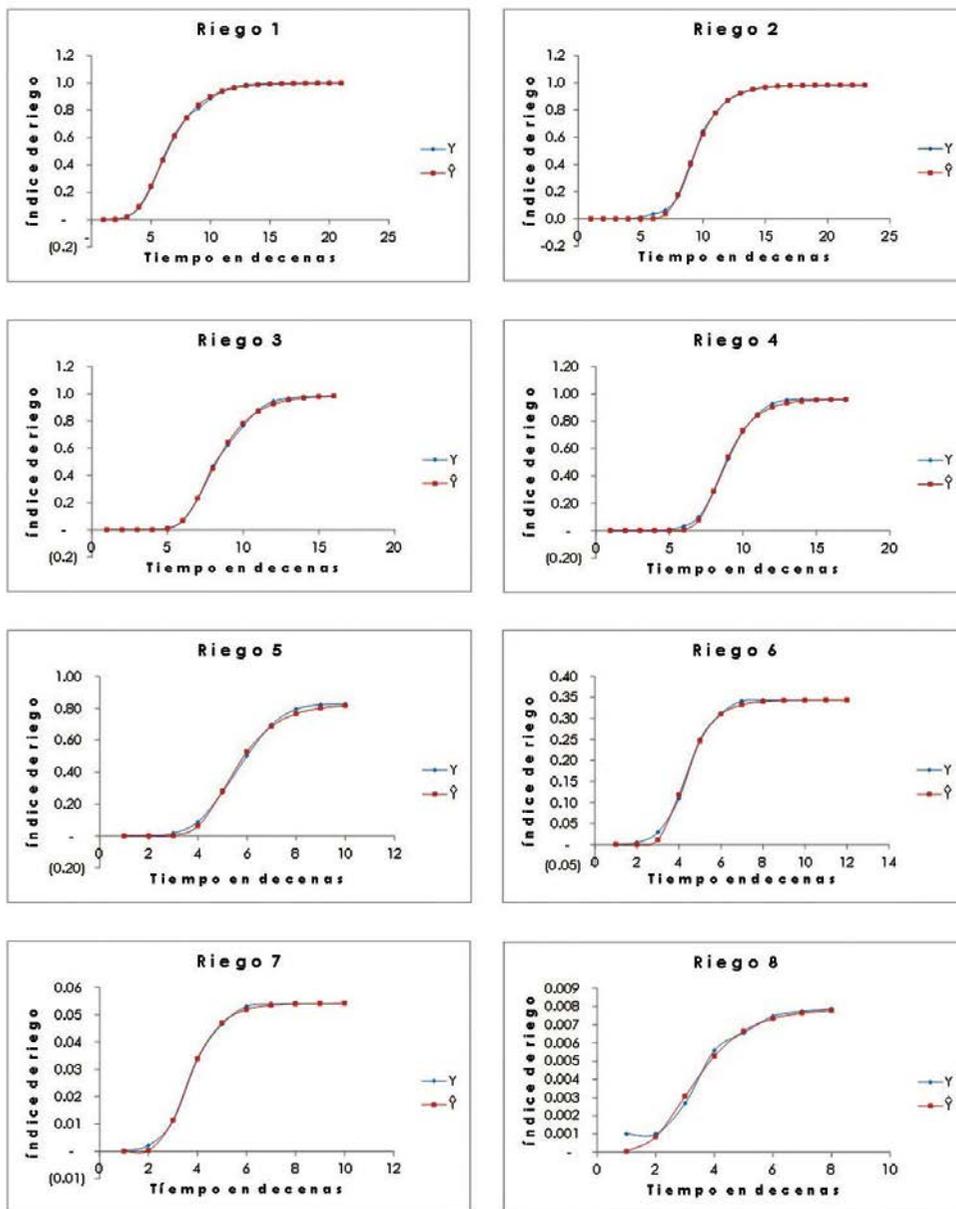


Figura 3. Índices de riego observados y estimados con el modelo Gompertz. Elaboración propia.

En la Figura 2 se presenta el comportamiento típico que reflejaron los modelos Verhulst y Beta; en donde puede apreciarse que en el segundo la expresión gráfica no es una curva sigmoide, aunque algunos indicadores de ajuste fueron buenos. Se muestra además el comportamiento del modelo Gompertz para los ocho riegos, y se observa en la Figura 3 una sobreposición muy estrecha entre las curvas de datos observados y los normales estimados.

DISCUSIÓN

La información analizada sobre la superficie regada y acumulada del estudio fue recabada y registrada por los operadores del sistema de entrega de agua a los usuarios de los módulos de riego, por lo que los datos provienen de registros históricos no controlados. Por ello, en la investigación se dio énfasis al análisis estadístico y a la aplicación de las pruebas no paramétricas por tratarse de modelos no lineales y para evitar conclusiones erróneas, aun cuando siempre se corre el riesgo. Al respecto, en la Tabla 1 se presentan aplicaciones del primer riego después de enero en aproximadamente 1,800 ha, que representan 2.9% de la superficie total establecida, lo cual puede indicar que se reporta información tardía, lo que afecta la toma de decisiones en el manejo del agua dentro de la presa Morelos que recibe agua del caudal del río Colorado (Figura 4).

La representación gráfica del riego en la Figura 1 permite interpretar el avance del riego en forma objetiva, identificar intervalos entre los riegos y detectar atrasos en los programas para realizar los ajustes requeridos. La expresión de la superficie regada acumulada en fracción de la superficie total establecida (índices de riego), como se presenta en la Tabla 2, facilita extrapolar los datos para la programación de riego al obtenerse los índices con los modelos logrados en el estudio (Ecuaciones 1 y 2).

Al conocer el comportamiento gráfico de la superficie regada acumulada en curvas sigmoideas que pueden ser simuladas con funciones de crecimiento, fue posible comparar y seleccionar el mejor ajuste de los modelos ensayados (Tablas 4 y 5), lo cual fue el principal objetivo de esta investigación y da pauta para modelar en otros cultivos con la metodología propuesta.

El empleo de regresiones no lineales cuando se conocen las funciones matemáticas que los simulan facilita la obtención de los parámetros de los modelos



Figura 4. Presa Morelos, obra hidráulica de recepción de agua del río Colorado. Fotografía proporcionada por Carlos H. Castro González.

siempre y cuando se fundamenten estadísticamente, más aún cuando la variable independiente es el tiempo como en este estudio y puede presentar correlación entre residuos y que aparentemente se tenga un buen modelo pero que no permita obtener predicciones acertadas.

Para el caso de los modelos empleados, el análisis estadístico aplicado permitió obtener modelos confiables para las condiciones ensayadas. La modelación de la superficie regada acumulada expresada en índices de riego se realizó en forma independiente de cada uno de los riegos; es decir, el tiempo de inicio en todos los riegos fue la Decena 1, como se muestra en la Tabla 2 y Figuras 2 y 3. Se procedió así en virtud de que el objetivo principal del estudio fue seleccionar el modelo de mejor ajuste y con la pretensión de utilizarlo en modelaciones futuras con otros cultivos. Será oportuno utilizar esta metodología con la información de varios ciclos agrícolas y en distintos cultivos para obtener los índices de riego de la cédula completa del Distrito de Riego 014.

CONCLUSIONES

Los modelos Gompertz y Verhulst permitieron estimar estadísticamente los índices de riego con fines de predicción, por lo que esta metodología puede ser utilizada para la elaboración de planes de riego en el cultivo de trigo en la región de los valles de Mexicali y San Luis Río Colorado. Esto se afirma considerando que fueron los modelos que cumplieron con las restricciones estadísticas establecidas en este estudio. Se recomienda el análisis y obtención de índices de riego empleando información de un mayor número de ciclos de cultivo.

LITERATURA CITADA

- ALONSO BÁEZ, M. et al. Modelo logístico: herramienta para diagnosticar el cuánto y cuándo fertilizar. *Terra Latinoamericana*, 21(2): 225-231, 2003.
- BIRCH, C. A new generalized logistic sigmoid growth equation compared with the Richards growth equation. *Annals of Botany*, 83(6): 713-723, 1999.
- CONAGUA (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA). Capítulo II. De la operación. *Anexos del título de concesión (ATC). Distrito de Riego Río Colorado SRL de IP*. México: Autor, 2009.
- CONAGUA (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA). *Programa temporal de renta de permisos de riego para enfrentar los efectos del terremoto del 4 de abril de 2010 en el Valle de Mexicali*. Documento interno. Mexicali, B. C., México: Autor, 2010.
- CORTEZ LARA, A. A. Gestión local y binacional del agua del río Colorado: El reto de la región fronteriza, California-Baja California. En A. Cortez Lara, S. Whiteford & M. Chávez (Coords.), *Seguridad, agua y desarrollo: el futuro de la Frontera México-Estados Unidos*, Tijuana, B. C. (333-364). El Colegio de la Frontera Norte-Michigan State University, 2005.
- CORTEZ LARA, A. A. Gestión y manejo del agua: el papel de los usuarios agrícolas del Valle de Mexicali. *Revista Problemas del Desarrollo*, 42(167): 71-95, 2011.
- KIRCHHOFF, W. H. Logistic function profile fit: A least-squares program for fitting interface profiles to an extended logistic function. *Journal of Vacuum Science & Technology*, 30(5): 33-55, 2012.
- *Plan de riegos, sistema de gravedad (PRSG) 2010-2011*. Distrito de Riego Río Colorado SRL de IP de CV. Mexicali, B. C., México, 2011.
- SÁNCHEZ, M. V. Introducción. En V. Sánchez (Coord.), *El revestimiento del canal todo americano. ¿Competencia o cooperación por el agua en la frontera México-Estados Unidos?* (13-23). Tijuana, B. C., México: El Colegio de la Frontera Norte-Plaza y Valdés, 2004.
- SRE (SECRETARÍA DE RELACIONES EXTERIORES). *Tratado sobre distribución de aguas internacionales entre Estados Unidos Mexicanos y Estados Unidos de Norteamérica* (85-114). México: Autor, 1944.
- YIN, X. et al. A flexible sigmoid function of determinate growth. *Annals of Botany*, 91(3): 361-371, 2003.

Identificación de helmintos en carpa común (*Cyprinus carpio*) de un ecosistema acuático en el norte de México

Identification of helminthes in common carp (*Cyprinus carpio*) from an aquatic environment in the north of Mexico

Héctor Rubio Arias^{1*}, Magali Domínguez Chacón¹, Martín Renato Hernández Castaños², María Ediviges Burrola Barraza¹, Luis Colmenero³, María de Lourdes Villalba⁴

Rubio Arias, H., Domínguez Chacón, M., Hernández Castaños, M. R., Burrola Barraza, M. E., Colmenero, L., Villalba, M. L. Identificación de helmintos en carpa común (*Cyprinus carpio*) de un ecosistema acuático en el norte de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 15-21, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

El pescado es un alimento imprescindible en la dieta humana, debido a que su consumo provee proteínas, lípidos, sales minerales, carbohidratos y vitaminas. Sin embargo, el parasitismo en los peces es un fenómeno que puede afectar a la salud humana. El objetivo del trabajo fue identificar la morfología de helmintos en carpa común (*Cyprinus carpio*) procedentes de la Laguna de Bustillos en Chihuahua, México. En otoño de 2011 se colectaron 30 especímenes (N= 30) y se realizó un análisis parasitológico determinando la frecuencia total parasitaria (FT) y la frecuencia parasitaria por especie (FP). Se encontró una FT de 90%, en la que *Gyrodactylus* spp. se localizó en agallas, *Pseudocapillaria tomentosa* en intestino y *Botriocephalus acheilognathi* parasitando la mucosa intestinal. Se observó una FP de *P. tomentosa* con 83.33%, de *Gyrodactylus* spp. con 76.67% y de *B. acheilognathi* con 6.67%. Se recomienda que el consumidor realice la ingesta de pescado atendiendo medidas sanitarias como su preparación

Palabras clave: carpa común, análisis parasitológico, *Gyrodactylus*, *Pseudocapillaria*, *Botriocephalus*.

Keywords: common carp, parasitological analysis, *Gyrodactylus*, *Pseudocapillaria*, *Botriocephalus*.

Recibido: 25 de marzo de 2015, aceptado: 21 de marzo de 2016

¹ Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

² Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

³ Instituto Tecnológico de Chihuahua II.

⁴ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua.

* Autor para correspondencia: rubioa1105@hotmail.com

a 60 °C por más de 10 min para matar las larvas que pudieran ser zoonóticas al ser humano.

ABSTRACT

Fish constitute an essential part of human diet, because its consumption provides important nutrients such as protein, lipids, mineral salts, carbohydrates and vitamins. However, despite these benefits, it has been discovered that parasitism in fish is a common phenomenon that represents a potentially risk for human health. Therefore, the study of the presence of helminthes in individuals of common carp (*Cyprinus carpio*) present in the Laguna de Bustillos, Chihuahua, Mexico, was established as the objective of this research. During the period from September to November 2011, a total of 30 fishes (N= 30) were captured and summated to a parasitoscopic analysis that allowed obtaining the total frequency of parasitism (FT) and frequency of parasitism (FP) by specie were determined. The results showed up a FT of 90%, finding *Gyrodactylus* spp. in gills, *Pseudocapillaria tomentosa* in the intestine and *Botriocephalus acheilognathi* in the intestinal mucosa from the fish specimens studied. The FP obtained was about 83.33% for *P. tomentosa*, about 76.67% for *Gyrodactylus* spp. and 6.67% for *B. acheilognathi*. Due to the high frequency of helminthes found in common carp, it is highly recommended that the consumption of these fish to be after the necessary sanitary measures, such as cooking the fish above 60 °C for over 10 min; action that will allow the elimination of larvae which may be zoonotic to humans.

INTRODUCCIÓN

El ecosistema conocido como Laguna de Bustillos es un cuerpo de agua natural localizado en el noroeste del estado de Chihuahua, México. Algunos estudios realizados en este ecosistema endorreico han reportado niveles de contaminación en el agua con diversos elementos como Fe (hierro), Mn (manganeso), Ni (níquel), V (vanadio), Zn (zinc) y Li (litio) (Rubio et al., 2005) en sedimentos (Soto, 2011) e incluso, en los suelos de sus alrededores con los metales pesados Cd (cadmio) y Pb (plomo) (Rubio et al., 2006). Esta contaminación se explica por los desechos vertidos de la industria Celulosa Chihuahua, de dos grandes ciudades como Cuauhtémoc y Anáhuac y por la escorrentía de la actividad agrícola-pecuaria de grupos menonitas, que van a ser almacenados en este ecosistema. Como consecuencia, se puede hipotetizar que su ictiofauna ha sido afectada.

Los peces, al igual que la mayoría de los seres vivos, están expuestos a diversas infecciones; sin embargo, las enfermedades parasitarias no se manifiestan excepto cuando las condiciones del hospedero, o bien del medio ambiente, permiten su proliferación. En cualquier caso, el parasitismo es un fenómeno constante en los peces (Kinkelin et al., 1991). Ha sido bien documentado que existen trastornos parasitarios en el ser humano que inician a través del contacto directo con los animales, o bien, mediante ingesta de carne infectada; a esta transmisión de origen animal-ser humano se le identifica como zoonosis (Slifko et al., 2000; Becerril, 2008).

Es importante la identificación de parásitos que afectan la ictiofauna de un determinado cuerpo de agua, en especial cuando los peces son destinados para el consumo humano, ya que pueden causar enfermedades zoonóticas, parasitosis médica y, en el peor de los casos, parasitosis clínica. Es importante mencionar que una de las especies de peces más importantes en México es la carpa común (*Cyprinus carpio*), una especie introducida (FAO, 2007) y, a la fecha, se le considera también como una de las principales en los ecosistemas acuáticos del norte de México.

El objetivo de este estudio fue identificar la morfología de helmintos en carpa común (*C. carpio*) que se desarrolla en la Laguna de Bustillos, Chihuahua, México. Para el caso particular de

México han sido documentadas 262 especies de helmintos en 152 géneros y 59 familias catalogadas en tres grupos taxonómicos (Salgado Maldonado, 2006), la mayoría identificados en el sur de México (Salgado Maldonado et al., 2014a), pero a la fecha no se conoce información sobre los parásitos que infectan a la carpa común que se desarrolla en la Laguna de Bustillos. Esta exploración es relevante dado que los habitantes consumen pescado procedente de dicho cuerpo de agua de manera importante en su dieta diaria. Los resultados de este estudio permitirán dar a conocer información a los consumidores rurales, así como a las autoridades de todos los niveles en México para prevenir o corregir daños potenciales al ecosistema y a la salud humana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de especímenes, sacrificio y disección

La presente investigación consistió en dos fases. La primera implicó la obtención de especímenes vivos, los cuales fueron capturados en la Laguna de Bustillos (28° 33' 16.00" N y 106° 45' 33.91" O). Este ecosistema natural se localiza en el municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, México. En la segunda fase del estudio se desarrolló el análisis parasitológico de los peces, en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) campus II. Se capturaron 30 especímenes (N= 30), los cuales se analizaron sin discriminación de especie, sexo, tamaño ni longitud. La captura se realizó en el periodo comprendido desde septiembre hasta noviembre de 2011. El número de peces en el presente estudio garantiza la confiabilidad de los datos, ya que la recomendación para la valoración de helmintos es analizar por lo menos 15 ejemplares con el propósito de que la prevalencia sea confiable (Vidal Martínez et al., 2001). Una vez capturados, los ejemplares fueron transportados vivos en un contenedor especial que fue previamente adaptado con una bomba oxigenadora Elite 802 con el propósito de mantener los órganos intactos y evitar pérdida de características morfológicas de los parásitos.

En laboratorio, los animales fueron sacrificados y se procedió a realizar un examen *post mortem*, que consistió en una incisión longitudinal en la zona ventral, se removieron las vísceras del tórax, las abdominales y el sistema esquelético con el propósito de descubrir signos o lesiones de enfermedad. Se utilizó un microscopio binocular de campo claro (Carl

Zeiss Primo Star) y un estereoscopio binocular con luz tipo LED (Zeigen). Para la disección se utilizaron tubos de ensayo, cajas Petri de plástico, portaobjetos, navajas de bisturí número 20 y soluciones fijadoras o conservadoras de alcohol-formol-ácido acético (AFA).

La disección inició con el corte del opérculo y extracción de branquias, que se colocaron en una caja Petri con solución salina fisiológica al 0.85% para ser observados en microscopio. Se realizaron tres cortes en la zona ventral del pez. El primero recorrió el vientre desde el ano hasta el espacio de las branquias. El segundo, lateral, desde la zona superior de una de las branquias hasta el ano y, finalmente, el tercero, desde el inicio de las dos aperturas anteriores, incluyendo la zona branquial. Se separó la piel quedando descubiertas las vísceras y se tuvo precaución de no realizar las incisiones demasiado profundas para no dañar órganos superficiales. Se separaron los órganos, cortando los tejidos que los unían y se colocaron en cajas Petri con una solución salina fisiológica al 0.85%. La piel fue separada para examinar todos los órganos y, de esta manera, detectar posibles anomalías, parásitos internos, tumores, hemorragias y cualquier tejido anómalo.

Análisis parasitológico

De manera posterior a la disección y separación de órganos se extrajo una porción de epitelio intestinal mediante una incisión longitudinal del tracto gastrointestinal. La muestra resultante fue humedecida con una solución salina fisiológica al 0.85% con el fin de evitar su deshidratación. La obtención de la muestra se realizó con una hoja de bisturí No. 20 colocada en posición perpendicular y se raspó el epitelio intestinal de 6 a 8 cm de largo. La muestra fue analizada mediante microscopía. El análisis del tejido muscular se realizó mediante la técnica de triquinoscopía (OIE, 2008), también conocida como compresión en placas. Una vez obtenida la muestra, se colocó entre las placas de vidrio del compresor y se observó por medio de un estereoscopio con luz tipo LED (Zeigen) para la identificación de los parásitos tisulares. Al encontrar organismos parásitos, en una primera etapa se identificaron mediante morfometría y, en una segunda etapa, se procedió a su conservación en soluciones AFA.

Frecuencia total parasitaria (FT) y frecuencia parasitaria por especie (FP)

Se determinó la FT y la FP de acuerdo con la

metodología propuesta por Vidal Martínez et al. (2001) y se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$FT = \frac{\text{Número de especímenes infectados}}{\text{Número total de especímenes}} \times 100$$

$$FP = \frac{\text{Número de especímenes infectados por un género de Helminto}}{\text{Número total de especímenes}} \times 100$$

Soluciones conservadoras y técnica de tinción

Se utilizaron dos emulsiones conservadoras; la primera fue una mezcla fijadora de AFA específica para platelmintos y la segunda una solución de AFA específica para nemátodos (De Haro et al., 2002). Se utilizaron tinciones para la identificación de nemátodos, tremátodos y céstodos. Las infusiones colorantes fueron preparadas con $KAl(SO_4)_2$ en 30 g, así como colorante de alumbre de carmín ($C_{22}H_{20}O_{13}$) en polvo en 30 g. Se mezclaron los 30 g de $KAl(SO_4)_2$ con los 30 g de pigmento de $C_{22}H_{20}O_{13}$ y se disolvieron en 200 ml de agua destilada. Se hirvieron durante 1 h, se dejaron enfriar y se filtraron con un embudo de porcelana en un filtro Whatman número 1. El papel filtro con el sedimento se volvió a hervir con 200 ml más de agua destilada durante 30 min y se volvió a filtrar. Los dos filtrados se mezclaron y se reintegró el volumen hasta 400 ml con agua destilada.

Para la solución acuosa saturada de carbonato de litio (Li_2CO_3) se agregó agua destilada hasta disolver la sal, se procuró que quedara un residuo del carbonato y se etiquetó. Para la emulsión aclaradora de Amman se colocaron en un mortero 20 g de fenol (C_6H_5OH) previamente fundidos en baño maría. Se agregaron 20 ml de ácido láctico ($C_3H_6O_3$) y se mezclaron hasta obtener una mezcla homogénea sin grumos. Posteriormente se agregaron 40 ml de glicerina ($C_3H_8O_3$) y se incorporaron 20 ml de agua destilada (De Haro et al., 2002).

Preparación de helmintos

Los helmintos se lavaron en agua durante 24 h y por capilaridad se introdujo el fijador. Se colocaron en una solución de Amman por 24 h y se lavaron en agua. Los helmintos se colocaron en C_2H_6O al 50% 1 h, se pusieron en agua destilada 10 min para su disposición en C_2H_6O al 70% durante 2 min. Se colocaron en la solución de tinción de alumbre carmín por un periodo de 24 h y después en alcohol ácido acético al 3%, hasta que se observó cierta definición en la tinción. Se dispusieron en C_2H_6O al 70% en un lapso de 2 min y posteriormente en una solución de C_2H_6O al 70% saturada con Li_2CO_3 .

durante 1 h. Después se situaron en C_2H_6O al 95% por 1 h. Los helmintos se colocaron en C_2H_6O con aceite de cedro ($C_{15}H_{26}O$) en proporción 50-50 durante 1 h y, finalmente, se montaron en resina sintética Entellan (De Haro et al., 2002). La identificación de helmintos se realizó con el apoyo de los atlas de Vidal Martínez et al. (2001), con Bunkley Williams y Williams (1995) y Hoffman (1999).

RESULTADOS

En los especímenes analizados se observó una FT de 90%, lo que indica que en el ecosistema bajo estudio se presenta una fuerte parasitosis. Las especies encontradas (FP) fueron *P. tomentosa* con 83.33%, *Gyrodactylus* spp. con 76.67% y *B. acheilognathi* con 6.67%. En la Figura 1 se observa el tremátodo *Gyrodactylus* spp., identificado en una de las agallas de los peces en este estudio. En algunas fotografías fue posible observar su órgano de adhesión llamado haptor (Figura 2). Este tremátodo es monogéneo, de cuerpo alargado y presenta seis pústulas cefálicas a lo largo de la faringe, así como lóbulos cefálicos bien desarrollados, que a su vez tienen dos anclas medianas para su proceso de fijación (Hoffman, 1999). Este tremátodo fue observado en las agallas de la carpa común. Se fija en piel, aletas y puede ocasionar una infestación severa en branquias, por lo que es considerado como de gran importancia para la salud acuícola, ya que al aumentar su presencia impide el intercambio de gases en las branquias y disminuye la productividad de los peces (Bunkley Williams y Williams, 1995).



Figura 1. Tremátodo monogéneo del género *Gyrodactylus* sp. identificado en *C. carpio* (50X). Fotografía tomada por Martín Renato Hernández Castaños.

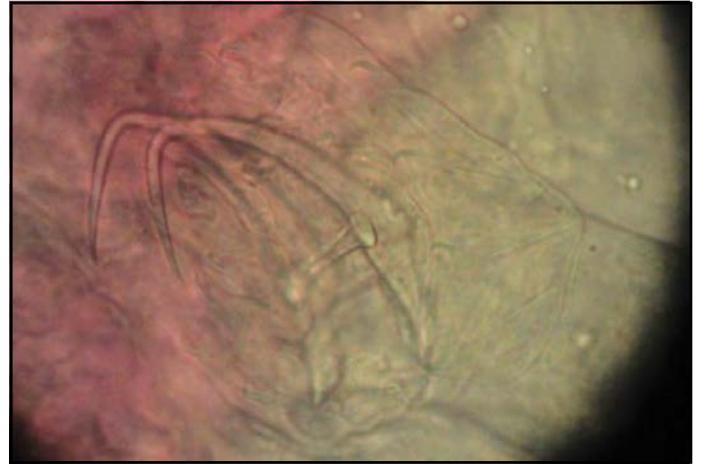


Figura 2. Órgano de adhesión (haptor) del tremátodo monogéneo *Gyrodactylus* sp. (65X). Fotografía tomada por Martín Renato Hernández Castaños.

El céstodo pseudofilídeo de la especie *B. acheilognathi* fue encontrado en este trabajo parasitando el epitelio intestinal. Se localizó en estado maduro, tal como se muestra en la Figura 3, mientras que en la Figura 4 se muestran los huevos no embrionados del mismo; céstodo asiático, introducido, cuyo hospedero definitivo es la carpa común (*C. carpio*) y cuyo sitio de infección es el tracto intestinal. Este céstodo está ampliamente distribuido entre las especies nativas del altiplano mexicano. Presenta un escólex en forma de corazón y los órganos de adhesión se localizan en este. *P. tomentosa* se encontró en el epitelio intestinal con una FP de 83.33%. En esta investigación se localizaron hembras adultas, lo cual se visualiza en la Figura 5 y, en algunas ocasiones, fue posible observar la presencia de huevos en útero, como se muestra en



Figura 3. Detalle del céstodo adulto pseudofilídeo de *B. acheilognathi* (40X). Fotografía tomada por Martín Renato Hernández Castaños.



Figura 4. Huevo no embrionado de *B. acheilognathi* (65X).
Fotografía tomada por Martín Renato Hernández Castaños.



Figura 5. Hembra adulta de *P. tomentosa* en el epitelio intestinal (40X). Fotografía tomada por Martín Renato Hernández Castaños.

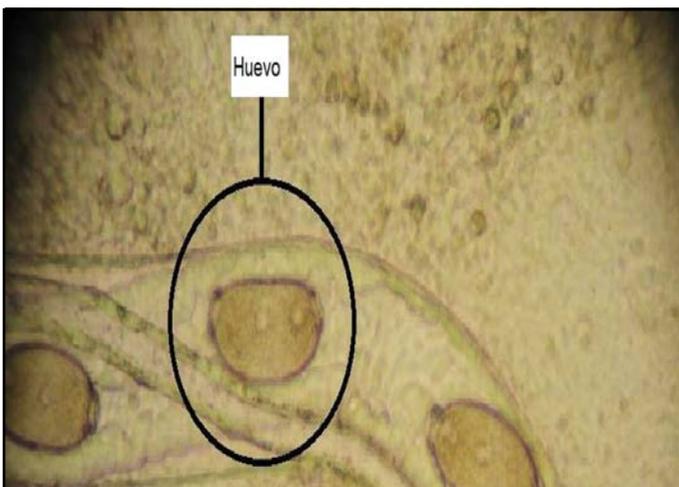


Figura 6. Huevos en útero de *P. tomentosa* (50X).
Fotografía tomada por Martín Renato Hernández Castaños.

la Figura 6. Además, se encontraron machos, en los que fue posible observar la espícula copuladora en vainada.

DISCUSIÓN

En el ecosistema bajo estudio se encontró una FT de 90%, en donde se identificó a *P. tomentosa* (83.33%), a *Gyrodactylus* spp. (76.67%) y, a *B. acheilognathi* (6.67%). Es conveniente resaltar que ninguna de estas especies es considerada como zoonótica; es decir, no representan un riesgo para el humano, al menos, en el corto plazo. Se debe recordar que los parásitos representan un componente esencial en todo ecosistema acuático. En otras palabras, un ecosistema prístino puede albergar poblaciones sanas de parásitos que proceden de la biota de una determinada región (Salgado Maldonado, 2014b). Resulta claro que la presencia de parásitos puede ser un indicador de ciertos padecimientos en la ictiofauna, toda vez que algunos de ellos han sido responsables de enfermedades en peces. Por ejemplo, en ejemplares adultos de salmón pueden reducir la productividad hasta 55% (Krkošek et al., 2012). *Gyrodactylus* se fija en la piel, aletas y branquias y puede ocasionar una infestación severa, impedir la respiración del hospedero o, en el peor de los casos, producir una infestación masiva y provocar su muerte debido a las lesiones en branquias (Harris et al., 2004). Su distribución se da ampliamente en México (Vidal Martínez et al., 2001).

En otro estudio, los investigadores Walberg et al. (2003) encontraron este parásito ampliamente distribuido en dos áreas de California y se ha reportado su aparición en ríos de Noruega, en donde puede representar un factor de riesgo para la producción de salmón. Otros estudios como el de García Vázquez et al. (2007) documentaron el parásito *G. cichlidarum*, el cual se encontraba afectando la producción de tilapia en el río Nilo. Este céstodo se encuentra prácticamente en todo el mundo (Marcogliese et al., 2001), también se localiza ampliamente distribuido entre las especies nativas de peces del altiplano mexicano. Se considera que posiblemente fue llevado a Europa y a los Estados Unidos de Norteamérica en el transporte de peces de ornato que arribaron de diferentes partes del mundo. También se cree que ha sido introducido a los diversos cuerpos de agua de México y se ha dispersado ampliamente en todo el país mediante prácticas de acuicultura poco cuidadosa.

B. acheilognathi cuenta con un solo hospedero intermediario como lo es un copépodo con una larva procercoide. Las vellosidades intestinales son seriamente dañadas, puede provocar hemorragias, hemólisis o vesiculación de la lámina propia de la mucosa. Es causante de la muerte de peces jóvenes por anemia, obstrucción y estallamiento del intestino. Los peces adultos que son infectados no mueren y continúan alimentándose activamente; sin embargo, los cambios histopatológicos pueden llegar a ser serios, ya que afectan su crecimiento. Este parásito no es zoonótico y presenta un escólex en forma de corazón. Tiene unos órganos de adhesión característicos que se localizan en el escólex. Su distribución geográfica se da en los estados de Campeche, Michoacán, Tabasco y Yucatán y su origen es Asia Oriental (Vidal Martínez et al., 2001).

B. acheilognathi fue identificado por primera vez en Japón y después se extendió en todos los continentes (Hansen et al., 2006), llegó a los Estados Unidos de Norteamérica, en donde ha afectado a las especies nativas. También es considerado como uno de los helmintos más peligrosos para peces de cultivo y, a su vez, de riesgo potencial para las poblaciones silvestres de peces en todo el mundo. La patología que causa es grave, principalmente en larvas y ejemplares juveniles de peces (Vázquez Núñez et al., 2004). Velázquez Velázquez (2015) encontró altos niveles de este céstodo parasitando la especie *Profundulus candalarius* en un ecosistema del estado de Chiapas, México.

Con respecto al género *Pseudocapillaria* que se encontró parasitando el epitelio intestinal, se debe especificar que es endémico de Eurasia y de Norteamérica, pero ha sido reportado en Gran Bretaña, Finlandia, Dinamarca, Francia y Alemania. Está bien documentado que los parásitos de esta clase

de metazoarios se mantienen en sistemas cerrados. Este nemátodo tiene una amplia gama de hospederos (Pazooki et al., 2011), por ejemplo, afecta a peces de la familia Cyprinidae, así como a otros miembros de diferentes órdenes. Es importante mencionar que el nivel de parasitismo en un ecosistema es reflejo del grado de contaminación que presenta el mismo (Galli et al., 2001; Salgado Maldonado, 2006).

En el caso específico de la Laguna de Bustillos y de acuerdo con los resultados de este estudio, se puede establecer que se ha reducido el número de especies de fauna que habitaban o que tradicionalmente se presentaban en este cuerpo de agua y, como consecuencia, se ha reducido también la variabilidad de los parásitos que aportaban dichas especies. Resulta importante mencionar que cualquier parasitosis es reguladora natural de poblaciones, tamaños y especies de peces; por lo cual no debe pensarse en exterminarlas, ya que son parte de un ciclo de vida, el cual puede afectar toda la cadena de la que forman parte.

CONCLUSIONES

La mayoría de los especímenes capturados presentaron los parásitos *Gyrodactylus* spp., *B. acheilognathi* y *P. tomentosa*. Es importante mencionar que aunque no se encontró una diversidad parasitaria distintiva, los parásitos fueron impercederos y se puede inferir cierto grado de contaminación del ecosistema. Se sugiere a los potenciales consumidores que realicen la evisceración al momento de la captura, con la cual se evita la migración de parásitos a músculos. Además, es recomendable no arrojar los órganos al agua, debido a que de esta manera es posible que se infecten otros peces y animales que consuman dichos órganos.

LITERATURA CITADA

- BECERRIL, M. A. *Parasitología Médica*. 2 ed. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana, 10-11, 2008.
- BUNKLEY WILLIAMS, L. y WILLIAMS, E. H. *Parásitos en peces de valor recreativo en agua dulce en Puerto Rico*. Puerto Rico: Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico y Departamento de Ciencias Marinas, 1995.
- DE HARO, A. I. et al. *Diagnóstico morfológico de las parasitosis*. 2 ed. D. F., México: Méndez Editores, 2002.
- GALLI, P. et al. Water quality as a determinant of the composition of fish parasite communities. *Hydrobiologia*, 452(1): 173-179, 2001.
- GARCÍA VÁZQUEZ, E. et al. Alternative Mating Strategies in Atlantic Salmon and Brown trout. *Journal of Heredity*, 92(2): 146-149, 2007.
- HARRIS, P. D. et al. Nominal species of the genus *Gyrodactylus* von Nordmann 1832 (Monogenea: Gyrodactylidae), with a list of principal host species. *Systematic Parasitology*, 59(1): 1-27, 2004.

- HOFFMAN, L. G. *Parasites of North American Freshwater Fishes*. 2 ed. US: Cornell University, 1999.
 - KINKELIN, P. et al. *Tratado de las enfermedades de los peces*. Zaragoza, España: Editorial Acribia, 1991.
 - MARCOGLIESE, D. J. et al. Potential impacts of clearcutting on parasites of minnows in small boreal lakes. *Folia Parasitologica*, 48(4): 269-274, 2001.
 - PAZOOKI, J. et al. Parasitic infection of an endemic fish (*Blicca bjoerkna*) and an exotic fish (*Hemiculter beucisculus*) in Anzali Lagoon, Caspian Sea, Iran. *Iran Journal of Parasitology*, 6(3): 66-73, 2011.
 - RUBIO, A. H. et al. Are crop and range land being contaminated with cadmium and lead in sediments transported by wind from an adjacent contaminated shallow lake? In J. F. Martin Duque, C. A. Brebbia, D. E. Emmanouloudis & U. Mander (Eds.), *Geo-Environment and Landscape Evolution II* (pp. 135-141). WitPress, 2006.
 - RUBIO, A. H. et al. Water quality in the Laguna de Bustillos of Chihuahua, Mexico. In M. de Conçelcao Cunha & C. A. Brebbia (Eds.), *Water Resources Management III* (pp.155-160). Algarve, Portugal: WitPress, 2005.
 - SALGADO MALDONADO, G. *Checklist of helminth of freshwater fishes from Mexico (Zootaxa 1324)*. Auckland, New Zealand: Magnolia Press, 357 pp., 2006.
 - SALGADO MALDONADO, G. et al. *Helminths parásitos de los peces del río Lacantún en la reserva de la biósfera Montes Azules, Chiapas*. Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 142 pp., 2014.
 - SALGADO MALDONADO, G. et al. Range extension of helminth parasites of *Profundulus* spp. (Teleostei: Profundulidae) from southern Mexico and Central America. *Check List The Journal of Biodiversity Data*, 10(6): 1507-1513, 2014.
 - SLIFKO, T. R. et al. Emerging parasite zoonoses associated with water and food. *International Journal of Parasitology*, 30(12-13): 1379-1393, 2000.
 - SOTO, CH. G. *Evaluación de parámetros fisicoquímicos y contenido de metales en sedimentos de la Laguna de Bustillos en Chihuahua, México*. Tesis de Maestría. Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2011.
 - VIDAL MARTÍNEZ, V. M. et al. *Atlas of the Helminth Parasites of Cichlid Fish of Mexico*. Praga: Academia, 91-100, 2001.
 - WALBERG, M. P. et al. Occurrence of *Gyrodactylus perforates* (Monogenea) on its fish host clevelandia (Gobiidae) from bodega Bay and Tomales Bay, California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* No. 102. 2003.
- De páginas electrónicas**
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). *Fishery and Aquaculture 2007*. 2007. Recuperado el 22 de noviembre de 2012, de <http://faostat.fao.org>
 - HANSEN, S. P. et al. Experimental infection of the endangered bonytail chub (*Gila elegans*) with the Asian fish tapeworm (*Bothriocephalus acheilognathi*): impacts on survival, growth and condition. *Canadian Journal of Zoology*, 84(10): 1383-1394, 2006. doi: 10.1139/z06-126
 - KRKOŠEK, M. et al. Impact of parasites on salmon recruitment in the Northeast Atlantic Ocean. *Proceedings of the Royal Society B*, 2012. Recuperado el 24 de junio de 2013, de <http://royalsociety.org/news/2012/parasites-impact-salmon/>
 - OIE (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE EPIZOOTIAS). *Triquinelosis. Manual de la OIE sobre animales terrestres*. 2008. Recuperado de http://web.oie.int/esp/normes/mmanual/pdf_es_2008/2.01.16.%20Triquinelosis.pdf
 - VÁZQUEZ NÚÑEZ, R. et al. Lesiones causadas por helmintos del aparato digestivo en peces estuarinos de la laguna Tres Palos, Guerrero, México. *Veterinaria México*, 35(4): 369-378, 2004. Recuperado el 3 de mayo de 2012, de <http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol35-04/RVM35409.pdf>
 - VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ, E. The invasive tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 in the endangered killifish *Profundulus candalarius* Hubbs, 1924 in Chiapas, Mexico. *Bioinvasions Records*, 4(4): 265-268, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2015.4.4.06>

Factores determinantes de las emisiones de CO₂ asociadas al uso de combustibles en el sector industrial de San Luis Potosí

Determinants of CO₂ emissions associated with the use of fuels in the industrial sector of San Luis Potosi



María Teresa Gutiérrez Escajeda^{1*}, Pedro Medellín Milán², Carlos Joel Ábrego Góngora¹

Gutiérrez Escajeda, M. T., Medellín Milán, P., Ábrego Góngora, C. J. Factores determinantes de las emisiones de CO₂ asociadas al uso de combustibles en el sector industrial de San Luis Potosí. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 22-28, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

El análisis de la dinámica de los factores determinantes de las emisiones de CO₂ y el efecto que los mismos ejercen sobre la variación de las mismas brinda argumentos útiles para establecer metas de reducción. En este artículo se analizó la identidad de Kaya para identificar los factores que impulsan la variación interanual de las emanaciones de CO₂ originadas por el consumo de combustibles en el sector industrial manufacturero de San Luis Potosí durante el periodo 2000-2012. La indagación determinó que la variación de la intensidad energética y del PIB per cápita y, en menor grado, el de la intensidad de carbonización de la energía, fueron los más contribuyentes en la variación de las emisiones de CO₂ del sector de estudio.

ABSTRACT

The analysis of the dynamics of the determinants of CO₂ emissions and the effect they have on the variation of emissions, provides useful arguments to

Palabras clave: sector manufacturero, dióxido de carbono, factores determinantes, intensidad de carbonización, intensidad energética, PIB per cápita.

Keywords: manufacturing sector, carbon dioxide, determinants, carbonization intensity, energy intensity, per capita GDP.

Recibido: 25 de septiembre de 2014, aceptado: 4 de septiembre de 2015

¹ Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

² Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

* Autor para correspondencia: maytte0179@gmail.com

establish appropriate reduction targets. In this article Kaya identity was analyzed to identify the factors driving the yearly variation of CO₂ emissions caused by the consumption of fuels by the manufacturing sector of San Luis Potosi during the period 2000-2012. The inquiry found that the effect of the energy intensity and GDP per capita, and to a lesser extent the intensity of carbonization of energy, were the factors that contributed the most in the variation of CO₂ emissions.

INTRODUCCIÓN

El uso de combustibles fósiles como fuente energética es uno de los impulsores más importantes del incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, condición que ha intensificado el efecto invernadero sobre el calentamiento global experimentado en los últimos años. Las emisiones mundiales anuales de CO₂ derivadas del uso de combustibles fósiles y la producción de cemento, fueron: 8.3 Gt (gigatoneladas) promediadas entre 2002 y 2011; esto es, 54% por encima del nivel registrado en 1990. Por lo anterior, es de gran utilidad analizar la relación entre las emisiones de CO₂ y la dinámica en el uso de los combustibles fósiles (IPCC, 2013).

El análisis de los factores determinantes de las emisiones de CO₂ es una tarea primordial para el establecimiento de estrategias que impacten de forma eficaz y precisa en las metas de reducción de las mismas en cada país. Una de las relaciones más analizadas es la atribuida a las emisiones de CO₂ con el crecimiento económico de cada país o región (Alcántara Escolano y Padilla Rosa, 2005;

Samaniego y Galindo, 2009). De igual forma, han cobrado importancia los estudios relacionados con la identificación de los factores determinantes que explican la dinámica o evolución de las emisiones de CO₂ generadas por el uso de energía (Galindo y Aroche, 2000; Stegman y McKibbin, 2005; Arouri et al., 2012).

Uno de los primeros modelos que se utilizaron para explicar los factores determinantes de los impactos ambientales fue propuesto por Ehrlich y Holdren (1972b), conocido como IPAT. El mismo propone que los impactos ambientales ($I = Impact$) se explican por el producto de tres factores: población ($P = Population$), la actividad económica ($A = Affluence$), y la tecnología ($T = Technology$) (Ehrlich & Holdren, 1972a). A través de los años se ha utilizado para explicar la dinámica de las emisiones de CO₂, al aplicarse a diferentes escalas espaciales y temporales (Dietz y Rosa, 1997; York et al., 2002; Zilio, 2008; Alcántara, 2009; Song et al., 2011; Yue et al., 2013).

Una de las variantes del IPAT que frecuentemente ha sido utilizada es la ecuación de Kaya, que corresponde a una aplicación específica para explicar las emisiones de CO₂ generadas por el uso de combustible. Según la ecuación de Kaya, las emanaciones nacionales de CO₂ se descomponen en el producto de cuatro factores determinantes: el índice de carbonización, la intensidad energética, el PIB per cápita, y el tamaño de la población (Yamaji et al., 1991; Kaya, citado en IPCC, 2007).

La ecuación de Kaya ha sido aplicada para explicar y comparar los factores determinantes que impulsan las radiaciones de CO₂ en diferentes áreas del mundo (Alcántara Escolano y Padilla Rosa, 2005; Rivas Wyzykowska et al., 2012; Li y Ou, 2013). Asimismo, se han realizado análisis con base en esta ecuación, pero integrando índices para explorar las desigualdades en las emisiones de CO₂ entre distintos países y para analizar el impacto de acciones de reducción previamente aplicadas (Duro Moreno y Padilla Rosa, 2006; O'Mahony, 2013).

Galindo y Samaniego (2010) aplicaron la ecuación de Kaya para analizar el efecto de los factores determinantes en las emisiones de CO₂ asociadas al uso de combustibles fósiles y la producción de cemento en los países de América Latina y el Caribe (ALC). Concluyeron que para el

periodo comprendido desde 1990 hasta 2005 la tasa anual promedio de crecimiento de las emanaciones de CO₂ en ALC fue de 2.6%, pero enfatizan diferencias significativas entre los países. El estudio muestra la dependencia del crecimiento económico de ALC sobre el consumo de energía, lo que podría ser un factor limitante para establecer acuerdos comunes sobre la reducción de las irradiaciones.

Baumert y Pershing (2004) señalan que el nivel de la intensidad energética de un país puede ser el reflejo de su estructura económica. Por esto, es de gran importancia analizar la dinámica de los distintos sectores que contribuyen con la economía de una región. Por ejemplo, el sector manufacturero de San Luis Potosí ha sido el principal contribuyente del PIB estatal, con una participación del 25.83% anual, promediado entre 1995 y 2010 (INEGI, 2000, 2005, 2009, 2012). A su vez, de los subsectores que componen dicho sector, los más importantes en orden por su mayor contribución al PIB del sector son: fabricación de maquinaria y equipo, industria alimentaria, industrias metálicas básicas y productos minerales no metálicos que juntos contribuyen con 90% del PIB manufacturero estatal.

La dinámica del sector manufacturero de San Luis Potosí ha impactado también en materia ambiental. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de este ramo durante el periodo 2000-2006 fueron de las más contribuyentes a nivel estatal al alcanzar 39,985,755 toneladas, de las cuales 68% corresponde a las derivadas por el uso de combustibles y el 32% restante a las generadas en los procesos de transformación de las materias primas. El objetivo del presente estudio fue aplicar la ecuación de Kaya para analizar el efecto que cada uno de los factores impulsores ejerce sobre la variación interanual de las radiaciones de CO₂ producidas por el consumo de combustible en el sector industrial manufacturero de San Luis Potosí (Figura 1), durante el periodo 2000-2012.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada para analizar la variación de las emisiones de CO₂ se sustentó en el análisis de la ecuación de Kaya, la cual sugiere que las mismas se pueden descomponer en cuatro factores determinantes:

$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \cdot \frac{E}{PIB} \cdot \frac{PIB}{P} \cdot P \quad (1)$$



Figura 1. Imágenes de empresas manufactureras ubicadas en la zona industrial de San Luis Potosí. Fotografía proporcionada por la autora.

donde: CO_2/E es la intensidad de carbonización de la energía o índice de carbonización, que son las toneladas de CO_2 (tCO_2) generadas en el sector manufacturero en función de la energía (E) consumida por el uso de combustibles en el ramo (toneladas de CO_2 por cada barril equivalente de petróleo, BEP); E/PIB representa la intensidad energética en función de la renta económica, en este caso es la cantidad de energía requerida para producir mil unidades del PIB del sector manufacturero (BEP por cada 1,000 pesos de PIB); PIB/P , es la renta económica per cápita del sector (miles de pesos por habitante); y P es la población (número de habitantes en el estado). La Ecuación (1) se puede reescribir como:

$$C = c \cdot e \cdot r \cdot P \quad (2)$$

donde C = emisiones de CO_2 , c = intensidad de carbonización de la energía, e = intensidad energética, r = renta económica per cápita del sector, y P = población.

La desagregación de los factores de la ecuación se realizó con la técnica de análisis de descomposición de índices (*Decomposition Index Analysis, IDA*), la cual permite separar los componentes de una determinada ecuación con el fin de analizar en qué medida la variación de estos componentes contribuye con el cambio en el indicador de estudio (Fernández González, 2012). La descomposición de una variable en efectos explicativos se ha utilizado en años recientes bajo

distintos enfoques, en problemas relacionados con energía y emisiones de CO_2 (Alcántara Escolano y Padilla Rosa, 2005; Feng et al., 2009).

A partir de la Expresión (2) se puede establecer que el cambio en las emanaciones de CO_2 en un periodo T (ΔC_T) se descompone por el efecto de la variación de cuatro factores; a saber, el efecto de la variación de la intensidad de carbonización (ΔC_c), el de la intensidad energética (ΔC_e), el efecto del PIB per cápita (ΔC_r) y el del tamaño de la población (ΔC_p). La variación de las radiaciones de un año base a un año objetivo (T), puede expresarse como:

$$\Delta C_T = C_T - C_0 = \Delta C_c + \Delta C_e + \Delta C_r + \Delta C_p \quad (3)$$

Debido a que el interés se centra en la tasa de cambio de las emisiones a través del tiempo, se considera la derivación de los logaritmos de la Expresión (2):

$$\frac{d \ln C}{dt} = \frac{d \ln c}{dt} + \frac{d \ln e}{dt} + \frac{d \ln r}{dt} + \frac{d \ln P}{dt} \quad (4)$$

Finalmente, al integrar la Ecuación (4) para un intervalo entre 0 y T (para este estudio un año), y siguiendo la propuesta de Ang y Choi (1997), la forma aditiva para descomponer los efectos de cada factor en la variación de las irradiaciones está dada por:

$$\Delta C_T = L(C_T, C_0) \ln \frac{C_T}{C_0} + L(C_T, C_0) \ln \frac{e_T}{e_0} + L(C_T, C_0) \ln \frac{r_T}{r_0} + L(C_T, C_0) \ln \frac{P_T}{P_0} \quad (5)$$

Tabla 1. Contribución de los factores determinantes en la variación interanual de las emisiones de CO₂ por el uso de combustible en el sector manufacturero de San Luis Potosí, durante el periodo 2000-2012

Periodo	Variación total anual ΔC	Contribución de cada factor en la variación anual de las emisiones (en miles de toneladas de CO ₂ y porcentual)							
		ΔC_c	%	ΔC_e	%	ΔC_r	%	ΔC_p	%
2000-2001	20,241	17,772	4.04	180,938	41.11	-209,956	-47.70	31,488	7.15
2001-2002	188,046	72,544	38.59	55,037	29.27	28,293	15.05	32,171	17.11
2002-2003	208,228	-2,944	-0.96	-46,424	-15.12	223,862	72.93	33,734	11.00
2003-2004	295,536	-7,838	-2.150	-26,654	-7.31	294,264	80.73	35,765	9.81
2004-2005	574,128	198,080	25.74	434,325	56.44	-97,695	-12.70	39,418	5.12
2005-2006	-62,872	-71,758	17.13	-169,093	40.37	112,781	-26.93	65,199	-15.57
2006-2007	-294,829	-92,573	18.96	-298,993	61.23	35,033	-7.17	61,704	-12.64
2007-2008	521,657	120,071	22.28	347,850	64.54	-8,646	-1.60	62,383	11.57
2008-2009	-1,047,750	-62,791	5.40	-401,651	34.53	-640,958	55.11	57,651	-4.96
2009-2010	381,975	-164,486	-23.14	56,500	7.95	437,380	61.52	52,581	7.39
2010-2011	991,534	82,110	8.28	434,025	43.77	411,022	41.45	64,376	6.49
2011-2012	-248,250	-120,243	9.01	-671,042	50.29	472,807	-35.43	70,228	-5.26

Donde:

$$L(C_T, C_0) = \frac{C_T - C_0}{\ln C_T - \ln C_0} \quad (6)$$

Corresponde a la media logarítmica de C_T y C_0 , que proporciona una descomposición aditiva exacta. Cada uno de los términos de la Ecuación (5) describe el efecto (emisiones), con el cual contribuye cada factor determinante en el total de la variación de las emisiones del periodo a evaluar (ΔC_c , ΔC_e , ΔC_r , ΔC_p).

Los datos relativos a las emanaciones de CO₂ y de energía consumida se tomaron del inventario de emisiones de GEI 2000-2012 del sector industrial en San Luis Potosí con año base 2005, elaborado por Gutiérrez Escajeda (2015). Los datos del PIB del sector manufacturero a precios constantes del 2008 se tomaron del INEGI (2005, 2009 y 2012), y las cifras de población del INEGI (s/f).

RESULTADOS

Una vez que se obtuvieron los valores de cada uno de los factores, se hicieron los cálculos de la Expresión (5) para cada año del periodo en estudio. En términos generales, la dinámica de la variación interanual total de las emisiones de CO₂ reflejó la contribución cambiante de cada uno de los factores del modelo (Tabla 1). En la variación total acumulada se distingue el efecto que impusieron los factores de la intensidad energética y el PIB manufacturero per cápita sobre el

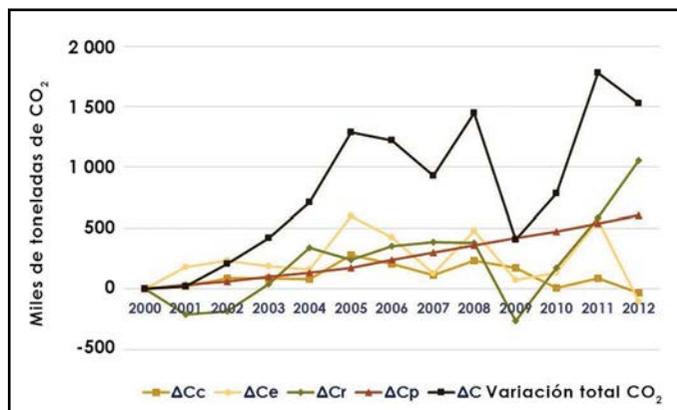


Figura 2. Variación acumulada de las emisiones de CO₂ por factores determinantes.

patrón de comportamiento observado en la mayoría del periodo (Figura 2).

A continuación se analiza con más detalle el efecto de cada factor del modelo:

- En general, el efecto del factor de intensidad de carbonización de la energía (ΔC_c) en la variación interanual de las emisiones fue poco significativo, con una contribución media anual de 14.64%; sin embargo, hay algunos periodos como el 2001-2002 y el 2004-2005, cuyas contribuciones de 38.59% y 25.74%, respectivamente, fueron importantes en la variación total de CO₂. De igual forma, durante el comprendido desde 2009 hasta 2010 este

Tabla 2. Cambios observados en el factor de la intensidad de carbonización de la energía entre 2004 y 2005

Año	ton CO ₂	TAV CO ₂	*BEP	TAV BEP	**c = CO ₂ /BEP	TAV c
2004	3 977 376		9 442 819		0.4212	
2005	4 551 504	14.43%	10 314 702	9.23%	0.4413	4.76%

*Barriles equivalentes de petróleo. **Intensidad de carbonización de la energía.

factor contribuyó de forma positiva con - 23.14% de la variación de las emisiones; lo que significa que gracias a esta importante participación se dejaron de emitir 164, 486 tCO₂ durante ese lapso.

Para analizar la causa de los efectos más significativos de la intensidad de carbonización es necesario analizar los cambios en las variables que la componen. Por ejemplo, para el efecto que experimentó entre 2004 y 2005 se detectó que la tasa anual de variación (TAV) de la energía consumida en el sector fue de 9.23%, pero las emisiones de CO₂ aumentaron 14.43%, lo cual generó un incremento de 4.76% en la intensidad de carbonización (Tabla 2), que se reflejó de forma negativa al contribuir con 198,080 tCO₂ en la variación de las mismas entre 2004 y 2005 (Tabla 1).

El efecto del factor determinante de la intensidad energética (ΔC_e) mostró una participación significativa en la variación interanual de las emisiones, con una contribución media anual de 37.66%. Cabe destacar los episodios de 2004-2008 y de 2010-2012, en los que el efecto de la intensidad energética dominó el patrón que siguió la variación total de las emanaciones (Figura 3). Además, existen episodios como 2005-2006 y 2006-2007 en los que este factor contribuyó de forma positiva, al dejar de emitir 169, 063 y 298, 993 tCO₂, respectivamente.

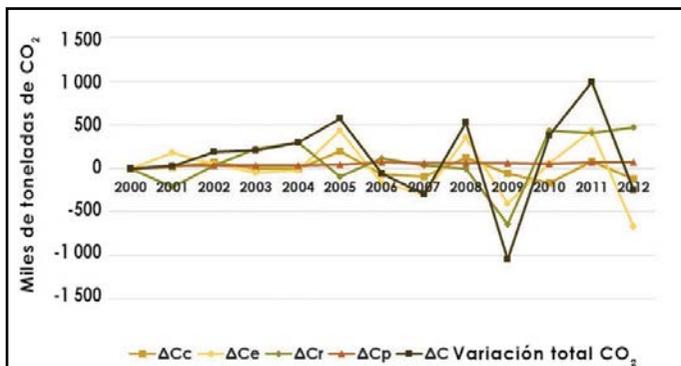


Figura 3. Dinámica de la contribución de cada factor en la variación interanual de las emisiones de CO₂ por el uso de combustible en el sector manufacturero de San Luis Potosí.

Por otra parte, el efecto del factor del PIB manufacturero per cápita (ΔC_p) presentó la mayor contribución en la variación media anual de CO₂, con 38.19%. El factor reflejó una dinámica variable en su contribución, con efectos interanuales importantes en los periodos 2002-2004 y 2008-2010. Aunque este factor se relaciona con el de la intensidad energética (energía/PIB), se presentaron episodios como el de 2002 a 2004, en los que el incremento del PIB no impactó de la misma forma en la variación de ambos factores.

Finalmente, el efecto del tamaño de población no parece significativa, presenta una contribución anual en la variación de las emisiones de 9.50%. Además, este factor conservó un crecimiento interanual constante, desacoplado de la dinámica observada en la variación interanual de las emisiones durante el periodo de estudio.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que la estructura económica de un sector impacta en los niveles de su intensidad energética, lo cual coincide con lo argumentado por Baumert y Pershing (2004). Como se observó en el estudio, la intensidad energética reflejó un efecto importante en la variación de las emisiones entre 2004-2005 y 2007-2008, como consecuencia de un incremento en el PIB total del sector, pero con un aumento más pronunciado en la energía consumida. En el periodo 2004-2005, el factor de la intensidad energética contribuyó mayoritariamente con 56.44% de la variación total, como resultado del cambio experimentado por el mismo factor, al pasar de 0.1772 a 0.1962 BEP/PIB, debido a un desacoplamiento entre la TAV de la energía y la del PIB; mientras que la TAV de la energía fue 9.23%, la del PIB fue de - 1.36% (Tabla 3).

De igual manera, entre 2007 y 2008, la intensidad energética experimentó un comportamiento similar al del periodo comprendido entre 2004 y 2005, lo que dejó de manifiesto que un crecimiento en la demanda de energía del sector no siempre es el reflejo de

Tabla 3. Cambios en los componentes de la intensidad energética en el periodo 2004-2005

Año	BEP	TAV BEP	PIB	TAV PIB	*e = BEP/PIB	TAV e
2004	9 442 819		53 296 322		0.1772	
2005	10 314 702	9.23%	52 571 847	-1.36%	0.1962	10.74%

*Intensidad energética.

Tabla 4. Cambios en los componentes de la intensidad de carbonización de la energía en el periodo 2009-2010

Año	ton CO ₂	TAV CO ₂	BEP	TAV BEP	c = CO ₂ /BEP	TAV c
2009	3 666 321		8 520 311		0.4303	
2010	4 114 432	12.22%	10 025 127	17.66%	0.4104	-4.62%

un incremento en el PIB; esto es, la intensidad energética depende, en gran medida, de la dinámica de los subsectores más intensos en la demanda de energía, pero que no necesariamente son los más contribuyentes en el PIB del sector.

En una economía en crecimiento es común observar que las emisiones aumenten de acuerdo con el PIB, debido a que un mayor crecimiento económico requiere mayor demanda de energía; sin embargo, es posible un crecimiento del PIB junto a una reducción en la intensidad de carbonización, debido a que la estructura económica dentro de un sector económico incide sobre las radiaciones de CO₂, lo cual coincide con lo demostrado por Galindo y Samaniego (2010). Por ejemplo, el factor de la intensidad de carbonización de la energía contribuyó con una tasa significativa de -23.14%, que evita la emisión de 164, 486 toneladas en 2010, debido a que la energía consumida en el sector se incrementó a una tasa de 17.66%, mientras las emisiones lo hicieron a 12.22% (Tabla 4); este desacoplamiento entre radiaciones y energía se debió al crecimiento de subsectores en los cuales predomina el uso de combustibles de baja carbonización.

las irradiaciones, con una contribución media anual de 37.66% y 38.19%, respectivamente. El efecto de estos factores determinantes reflejó la dinámica de los subsectores más demandantes en energía y que utilizan combustibles intensos en carbonización, independientemente de la contribución de estos subsectores en el PIB del sector manufacturero.

Por otra parte, la intensidad de carbonización de la energía contribuyó en menor grado que los factores anteriores, pero de forma importante en algunos años. Cabe señalar los lapsos 2006-2007 y 2009-2010, en los que se experimentó una reducción de emisiones por el efecto del factor de intensidad de carbonización, a pesar de una mayor demanda energética. Estos episodios muestran la posibilidad de una reducción de emisiones ante un incremento en la energía requerida por los procesos industriales.

Dado que el tamaño de la población no reflejó un efecto significativo, es posible prescindir de este último factor en la ecuación de Kaya al analizar los factores determinantes en las emisiones industriales de CO₂, por lo que se recomienda hacer un análisis que considere solamente el efecto de los tres primeros factores del modelo.

CONCLUSIONES

Los factores de la intensidad energética y el PIB per cápita fueron los de mayor efecto en la variación de

LITERATURA CITADA

- ALCÁNTARA ESCOLANO, V. Consumo energético y emisiones de CO₂ en la industria española: una primera aproximación a la situación actual. *Economía Industrial*, 2009(371): 49-57, 2009.
- ALCÁNTARA ESCOLANO, V. y PADILLA ROSA, E. Análisis de las emisiones de CO₂ y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo. *Revista de Economía Crítica*, 4, 17-37, 2005.
- ANG, B. W. y CHOI, K. H. Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: A refined Divisia index method. *Energy Journal*, 18(3): 59-73, 1997.
- AROURI, E. et al. Energy consumption, economic growth and CO₂ emissions in Middle East and North African countries. *Energy Policy*, 45, 342-349, 2012.

- BAUMERT, K. y PERSHING, J. *Climate Data: Insights and Observations*. Arlington, VA, US: Pew Center on Global Climate Change, 2004.
 - DIETZ, T. y ROSA, E. A. Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(1): 175-179, 1997.
 - DURO MORENO, J. A. y PADILLA ROSA, E. *Análisis de los factores determinantes de las desigualdades internacionales en las emisiones de CO₂ per cápita aplicando el enfoque distributivo: una metodología de descomposición por factores de Kaya*. Barcelona, España: Instituto de Estudios Fiscales, 2006.
 - EHRLICH, P. y HOLDREN, J. A bulletin dialogue on The Closing Circle: Critique: One dimensional ecology. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 28(5): 16-27, 1972a.
 - EHRLICH, P. R. y HOLDREN, J. Impact of population growth. En R. G. Riker (Ed.), *Population, Resources and the Environment* (pp. 365-377). 1972b.
 - FENG, K. et al. Lifestyles, technology and CO₂ emissions in China: A regional comparative analysis. *Ecological Economics*, 69(1): 145-154, 2009.
 - FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, P. *Técnicas de descomposición de variaciones basadas en índices Divisia. Algunas aplicaciones medioambientales*. Tesis inédita de doctorado. Principado de Asturias, España: Universidad de Oviedo, 2012.
 - GALINDO, L. M. y AROCHE, F. *Cambio climático y fundamentos económicos. El caso México*. Reporte final. D. F., México: Estudio elaborado para el Instituto Nacional de Ecología, 2000.
 - GALINDO, L. M. y SAMANIEGO, J. L. La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: algunos hechos estilizados. *Revista CEPAL*, 100, 69-96, 2010.
 - GUTIÉRREZ ESCAJEDA, M. T. *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del sector industrial de San Luis Potosí: proyección al 2020 y propuesta de mitigación*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 2015.
 - INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa*. Aguascalientes, México: Autor, 2000, 2005, 2009, 2012.
 - IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). *Climate Change 2007: Mitigation*. En B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave & L. A. Meyer (Eds.), *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (107). Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press, 2007.
 - IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. En T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P. M. Midgley (Eds.), *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY: Cambridge University Press, 2013.
 - O'MAHONY, T. Decomposition of Ireland's Carbon Emissions From 1990-2010: an Extended Kaya Identity. *Energy Policy*, 59, 573-581, 2013.
 - RIVAS WYZYKOWSKA, A. et al. Impact assessment growth of human activity environmental: Identity Kaya applied to Venezuela (1990-2006). *Agroalimentaria*, 19(37): 127-145, 2012.
 - SAMANIEGO, J. L. y GALINDO, L. M. Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a combustibles fósiles y cemento en América Latina. *Economía Informa*, 360, 40-66, 2009.
 - SONG, M. et al. To reduce energy consumption and to maintain rapid economic growth: Analysis of the condition in China based on expended IPAT model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9): 5129-5134, 2011.
 - STEGMAN, A. y McKIBBIN, W. J. Convergence and per capita carbon emissions. *Brookings Discussion Papers in International Economics*, Canberra, Australia, 167, 1-76, 2005.
 - YAMAJI, K. et al. An integrated system for CO₂/Energy/GNP Analysis: Case studies on economic measures for CO₂ reduction in Japan. En *Workshop on CO₂ Reduction and Removal: Measures for the Next Century*, 19-21 March 1991. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis, 1991.
 - YORK, R. et al. Bridging Environmental Science with Environmental Policy: Plasticity of Population, Affluence, and Technology. *Social Science Quarterly*, 83(1): 18-34, 2002.
 - YUE, T. et al. The optimal CO₂ emissions reduction path in Jiangsu province: An expanded IPAT approach. *Applied Energy*, 112(C): 1510-1517, 2013.
 - ZILIO, M. I. Emisiones de dióxido de carbono en América Latina. Un aporte al estudio del cambio climático. *Economía y Sociedad*, XIV(22): 133-161, 2008.
- De páginas electrónicas**
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). *Volumen y crecimiento. Población total por entidad federativa, 1895 a 2010* [Base de datos]. México: Autor. Recuperado el 3 de abril 2014, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo148&s=est&c=29192>
 - LI, W. y OU, Q. X. Decomposition of China's Carbon Emissions Intensity from 1995 to 2010: An Extended Kaya Identity. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013(2013): Article ID 973074. Recuperado el 11 de enero de 2014. doi: 10.1155/2013/973074

Determinación de la calidad microbiológica del agua de la Laguna de Chapulco, Puebla

Assessment of the microbial quality of Chapulco Lagoon, Puebla

Norma Elena Rojas Ruiz¹, Guillermo Muñoz Zurita², Araceli Sosa Jiménez³, Itzamná Baqueiro Peña^{4*}

Rojas Ruiz, N. E., Muñoz Zurita, G., Sosa Jiménez, A., Baqueiro Peña, I. Determinación de la calidad microbiológica del agua de la Laguna de Chapulco, Puebla. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 29-35, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

La Laguna de Chapulco forma parte de los seis cuerpos de agua principales que se encuentran funcionando aún en la ciudad de Puebla; sin embargo, podría enfrentar problemas de contaminación. Se realizaron tres muestreos independientes en 10 puntos que seccionaban a la Laguna de Chapulco, las muestras fueron sembradas en los medios de cultivo Agar SS para el aislamiento selectivo de *Salmonella* sp., *Shigella* sp. y para coliformes en el medio EMB. En las muestras analizadas se determinó la presencia de *Escherichia coli*, con un valor máximo de 3×10^5 UFC/ml, lo cual excede el límite permitido en la NOM-003-ECOL-1997. Los microorganismos *Shigella* sp. y *Salmonella* sp. estuvieron presentes con un valor máximo de 2×10^3 UFC/ml y 8×10^6 UFC/ml, respectivamente. Finalmente, la cantidad de los microorganismos aislados fue variable en los puntos muestreados en la laguna y tuvo estrecha relación con la estación del año en la cual se tomó la muestra.

Palabras clave: Chapulco, bacterias, agua, *E. coli*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp.

Keywords: Chapulco, bacteria, water, *E. coli*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp.

Recibido: 30 de abril de 2015, aceptado: 18 de noviembre de 2015

¹ Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

² Facultad de Medicina, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

³ Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

⁴ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Coordinación de Ciencias de los Alimentos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

* Autor para correspondencia: itzamna.baqueiro@ciad.mx

ABSTRACT

In the city of Puebla there are six principal water bodies and Chapulco Lagoon is one of them, however lagoon water could face pathogen pollution problems. Three independent samples were taken at 10 sectioned points of Chapulco Lagoon, the samples were inoculated in SS Agar culture media for the selective isolation of *Salmonella* sp., *Shigella* sp. and the coliforms in the media EMB. The presence of *Escherichia coli* was determined with a maximum value of 3×10^5 CFU/ml that exceeds the limit allowed for NOM-003-ECOL-1997. The microorganisms *Shigella* sp. and *Salmonella* sp. presented a maximum value of 2×10^3 CFU/ml and 8×10^6 CFU/ml, respectively. Finally, the amount of the isolated microorganisms was variable at points sampled in the lagoon and had close relations with the season in which the sample was taken.

INTRODUCCIÓN

El agua constituye una parte fundamental del desarrollo de la vida en el planeta, es un recurso renovable; sin embargo, actualmente a nivel mundial nos enfrentamos a graves problemas con respecto a su uso y conservación, uno de ellos es la contaminación de los diversos cuerpos de agua, esto debido principalmente a las actividades humanas.

En el *Plan Municipal de Desarrollo 2011-2014* de Puebla se informó que en la ciudad se tienen registrados 22 cuerpos de agua, de los cuales la mayoría se han perdido por diversas causas, entre ellas la ex-

pansión del suelo urbano que ha contribuido de manera importante al deterioro de la calidad del agua, debido a problemas de contaminación, como se especifica en el *Plan Municipal de Desarrollo 2011-2014* de Puebla (Gobierno Municipal de Puebla, 2015).

El INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) en su reporte presentado en el año 2011 reportó que Puebla es el segundo lugar nacional en puntos de descarga de aguas residuales municipales sin tratamiento, con 226 tiraderos, apenas 45 menos que el estado de México, que presentó el primer lugar nacional, como lo estipula el *Anuario de estadísticas por entidad federativa 2011*. En los 226 puntos del territorio poblano se pueden observar descargas de aguas contaminadas, provenientes de hogares e industrias a las que no se les realiza ningún tipo de tratamiento y que no tienen ningún tipo de control, lo que constituye un problema grave de contaminación para los cuerpos de agua de la ciudad.

De acuerdo con la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), los cuerpos de agua que se encuentran funcionando en los alrededores de la ciudad de Puebla son: la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo), las lagunas de San Baltazar, del Parque Ecológico Revolución Mexicana, de Ciudad Universitaria BUAP, de Amaluquilla y de Chapulco, como se estipula en el *Plan Municipal de Desarrollo 2011-2014* (Gobierno Municipal de Puebla, 2015). Esta última resulta de importancia debido a que su existencia aporta beneficios ambientales y ecológicos a los habitantes de la ciudad de Puebla, tales como representar un hábitat de diversas especies de flora y fauna endémica, constituir un lugar de esparcimiento y recreación para las ciudades cercanas, además de contribuir a la regulación del microclima en la zona; sin embargo, estos beneficios pueden estar en riesgo debido a los posibles problemas de contaminación que sufre la Laguna de Chapulco.

Está documentado que los cuerpos acuáticos naturales y artificiales son altamente propensos a recibir aguas contaminadas con o sin tratamiento previo, lo cual origina el detrimento en la calidad del agua y con ello la pérdida de diversidad biótica nativa y su potencial como fuente de abastecimiento de agua para diversas actividades humanas (Luna Pabello y Aburto Castañeda, 2014). Una vez alterada la calidad y cualidades del agua se convierte en agua de tipo residual. Con respecto a este concepto, la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997 (SEMARNAT, 1998) la define como el líquido de com-

posición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

El ámbito de la calidad microbiológica del agua está en función de la presencia de ciertos microorganismos indicadores de contaminación fecal como las bacterias coliformes, aunque también pueden encontrarse otros microorganismos patógenos para el humano como *Salmonella* sp. y *Shigella* sp., además de virus, bacterias, protozoos y fases enquistadas de metazoarios (Harwood et al., 2005; Savitchcheva y Okabe, 2006). Las bacterias indicadoras de contaminación fecal más utilizadas son las coliformes totales y termotolerantes, los microorganismos coliformes constituyen un grupo heterogéneo de amplia diversidad en términos de género y especie, pertenecen a la familia Enterobacteriaceae. Dentro de estas, una enterobacteria de gran importancia es *E. coli*, ya que su abundancia se ha asociado más al riesgo sanitario en comparación con el resto de los coliformes (Farnleitner et al., 2010; Rivera et al., 2010).

La contaminación de los cuerpos de agua a nivel nacional no solo repercute en el aspecto ambiental, la presencia de microorganismos patógenos para el hombre presentes en el agua la convierten también en una problemática de tipo sanitario, por lo que es relevante realizar investigación con respecto a la calidad microbiológica de los cuerpos de agua en el país. El objetivo del presente fue llevar a cabo el monitoreo de la calidad microbiológica del agua de la Laguna de Chapulco, Puebla, enfocado principalmente al aislamiento de bacterias indicadoras de contaminación fecal como son *E. coli* y bacterias patógenas de interés sanitario como *Salmonella* sp. y *Shigella* sp. El monitoreo de la calidad microbiológica permitirá la evaluación de la efectividad del saneamiento implementado en dicho parque recreativo y el futuro planteamiento de alternativas de saneamiento que sean sustentables y compatibles con el ambiente, que favorezcan también la conservación de la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones del monitoreo de la Laguna de Chapulco

Se realizaron tres muestreos simples independientes (en diferentes estaciones del año), en 10 puntos que seccionaron de manera representativa. El primero

fue realizado en el mes de octubre de 2013, el segundo en marzo de 2014 y el tercero en mayo de 2014. El horario fue desde las 9 a.m. hasta las 12 p.m. en los tres lapsos. El criterio de selección del muestreo en octubre fue debido a que es el mes posterior a la época de lluvias en la ciudad de Puebla. Cabe mencionar que la laguna se encuentra ubicada geográficamente en una zona urbana y recibe cada año aguas residuales de origen urbano, lo que podría afectar la calidad microbiológica del agua. En el mes de marzo no se registraron lluvias de manera considerable, por lo que el volumen del cuerpo de agua se encontraba dentro de los parámetros normales. Finalmente, el tercero en el mes de mayo fue elegido debido al incremento de la temperatura ambiental, la cual afectó el volumen de agua de la laguna por la evaporación.

La selección de los puntos muestreados se realizó de manera aleatoria en cada una de las zonas que integran la laguna. Las características de la ubicación física de los puntos monitoreados se muestra en la Tabla 1.

Condiciones de la toma de muestras y transporte al laboratorio

Las muestras de agua fueron tomadas en cada uno de los puntos a una profundidad de 30 cm desde la

superficie del cuerpo de agua. El muestreo se realizó de la siguiente manera: se usaron recipientes estériles de 50 ml enjuagados varias veces antes de efectuarlo, se introdujo el recipiente colector en el agua de la laguna y se tomó directamente, esto atendiendo lo establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-3-1980 para el respectivo de aguas residuales (SARH et al., s/f). Las muestras fueron mantenidas a baja temperatura y transportadas en hielera hasta llegar al laboratorio para su posterior cultivo, el cual no excedió a 4 h posteriores a la toma de las mismas.

Medios de cultivo para el aislamiento de microorganismos

Para el aislamiento de microorganismos de tipo coliforme presentes en el agua se utilizó el medio Agar Eosina Azul de Metileno marca Bioxon, el cual fue preparado de acuerdo a las especificaciones de su ficha técnica.

En el caso del aislamiento de las bacterias *Salmonella* sp. y *Shigella* sp. se utilizó el medio de cultivo selectivo Agar SS de la marca Bioxon.

Determinación de microorganismos presentes en las muestras de agua por conteo directo en placa

En condiciones de laboratorio se realizaron diluciones seriadas 1/10, 1/100, 1/1,000, 1/10,000 y 1/100,000

Tabla 1. Características de ubicación física de los puntos muestreados en el monitoreo de la Laguna de Chapulco

Sección muestreada de la laguna	Características del punto muestreado
1	Zona de inicio de la laguna, con corriente de agua, generada por la fuente que se encuentra en la laguna.
2	Zona donde se presentaba una población de gallaretas (<i>Gallinula chloropus</i>), agua con corriente, cerca de la zona de las bombas.
3	Zona norte de la laguna, con agua perteneciente a un canal, cercano a tuberías de SOAPAP, se encontraron desechos de basura orgánica e inorgánica y animales muertos.
4	Zona oeste frente a la antena.
5	Zona centro de la laguna, presencia de corriente en la orilla de la laguna y rocas cercanas a la zona de muestreo.
6	Zona oriente, ubicada cerca de la estructura de pirámide, el agua se encontraba estancada.
7	Zona próxima a las bombas de agua, no hay presencia de corriente.
8	Zona con nivel del agua muy bajo, justo debajo de un puente.
9	Zona perteneciente a la explanada principal, a un costado de las escaleras.
10	Zona perteneciente a la explanada principal, parte inferior de las escaleras, cerca de la base de concreto.

Elaboración propia.

Tabla 2. Aislamiento de la bacteria *E. coli* en agua de la Laguna de Chapulco

Sección de la laguna muestreada	Muestreo 1 UFC/ml	Muestreo 2 UFC/ml	Muestreo 3 UFC/ml	Promedio de los muestreos UFC/ml	Log UFC/ml
1	9.00E + 05	1.00E + 03	1.00E + 04	3.04E + 05	5.5
2	8.00E + 05	5.00E + 02	1.00E + 03	2.67E + 05	5.4
3	9.60E + 05	1.00E + 02	1.00E + 04	3.23E + 05	5.5
4	7.60E + 05	5.00E + 02	1.00E + 04	2.57E + 05	5.4
5	8.80E + 05	1.00E + 02	1.40E + 04	2.98E + 05	5.5
6	1.00E + 06	5.00E + 02	6.00E + 03	3.36E + 05	5.5
7	2.40E + 05	1.00E + 03	2.00E + 04	8.70E + 04	4.9
8	4.00E + 05	1.00E + 03	1.00E + 04	1.37E + 05	5.1
9	2.00E + 05	1.00E + 03	1.00E + 04	7.03E + 04	4.8
10	2.40E + 05	1.00E + 03	1.50E + 04	8.53E + 04	4.9

Elaboración propia.

de las muestras, las cuales fueron sembradas en los medios de cultivo Agar SS y EMB. Los medios inoculados se incubaron por 24 h a 37 °C, transcurrido el tiempo de incubación se determinó el número de unidades formadoras de colonias de las bacterias presentes. Posteriormente se realizaron pruebas bioquímicas confirmatorias.

RESULTADOS

Durante el monitoreo de la calidad microbiológica del agua de la Laguna de Chapulco fue posible determinar la presencia de las bacterias de interés sanitario tales como *E. coli*, *Salmonella* sp. y *Shigella* sp.

En el primer muestreo realizado se encontró que la bacteria *E. coli* obtuvo un valor máximo de 1×10^6 UFC/ml, en el segundo se observó una disminución considerable en el número de unidades formadoras de colonias, hasta alcanzar un valor máximo de 1×10^3 UFC/ml. Antes de realizar el segundo muestreo se implementó el programa de tratamiento químico del agua, lo que explica la disminución del aislamiento bacteriano en algunos puntos de monitoreo de la laguna; sin embargo, al realizar el tercer muestreo se determinó que el máximo valor fue de 2×10^4 UFC/ml. Al analizar la cantidad de UFC/ml de *E. coli* en los tres muestreos se observa que durante el primero se aisló al microorganismo entre tres y cuatro órdenes de magnitud mayor con respecto al segundo y al tercer muestreo, por lo que es posible que el arrastre de agua de origen urbano durante la época de lluvias, con aporte de materia orgánica hacia la laguna, permitiera el incremento del microorganismo. El

valor promedio máximo para *E. coli* en el periodo de muestreos fue de 3×10^5 UFC/ml (Tabla 2), valor considerablemente alto de acuerdo con lo establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997 (SEMARNAT, 1998) en los límites máximos permisibles de contaminantes para cuerpos de agua con fines recreativos, que considera un máximo de 1,000 UFC/100 ml.

Durante el monitoreo de la calidad microbiológica del líquido también fue posible el aislamiento de la bacteria *Shigella* sp. con un valor máximo de 3.5×10^3 UFC/ml, en el primer y segundo muestreos. Los puntos analizados en la laguna mostraron poca variación cuando se aisló este microorganismo, lo cual indica una distribución relativamente homogénea del mismo, independientemente de los cambios que ocurrieron en las condiciones ambientales tales como temperatura, cantidad de agua en la laguna y variaciones en el pH (debido a la implementación del tratamiento de la laguna) después del primer muestreo, ya que *Shigella* sp. es capaz de sobrevivir en rangos de temperatura que varían desde los 8 hasta los 55 °C y en un pH de 4.5 a 9, por lo que el desarrollo del microorganismo no fue afectado. En el tercer muestreo se obtuvieron los valores más bajos, alrededor de uno y dos órdenes de magnitud con respecto a los anteriores, comportamiento similar al de *E. coli*; además *Shigella* sp. es un microorganismo cuyo reservorio principal es el ser humano, por lo que su presencia en el líquido de la laguna se relaciona con el aporte de aguas negras de la ciudad hacia la laguna.

Tabla 3. Aislamiento de *Shigella* sp. en agua de la Laguna de Chapulco

Sección de la laguna muestreada	Muestreo 1 UFC/ml	Muestreo 2 UFC/ml	Muestreo 3 UFC/ml	Promedio de los muestreos UFC/ml	Log UFC/ml
1	3.00E + 03	1.00E + 02	1.00E + 01	1.04E + 03	3.0
2	2.00E + 03	1.00E + 03	1.00E + 02	1.03E + 03	3.0
3	4.00E + 02	2.00E + 03	1.00E + 02	8.33E + 02	2.9
4	1.20E + 03	3.00E + 03	1.00E + 03	1.73E + 03	3.2
5	2.00 E + 03	1.00E + 03	2.00E + 02	1.07E + 03	3.0
6	1.50 E + 03	4.00E + 03	5.00E + 01	1.85E + 03	3.3
7	3.50 E + 03	2.00E + 03	4.00E + 01	1.85E + 03	3.3
8	2.00 E + 03	3.50E + 03	5.00E + 02	2.00E + 03	3.3
9	3.20 E + 03	1.00E + 03	4.50E + 01	1.42E + 03	3.2
10	2.50 E + 03	2.00E + 03	1.00E + 02	1.53E + 03	3.2

Elaboración propia.

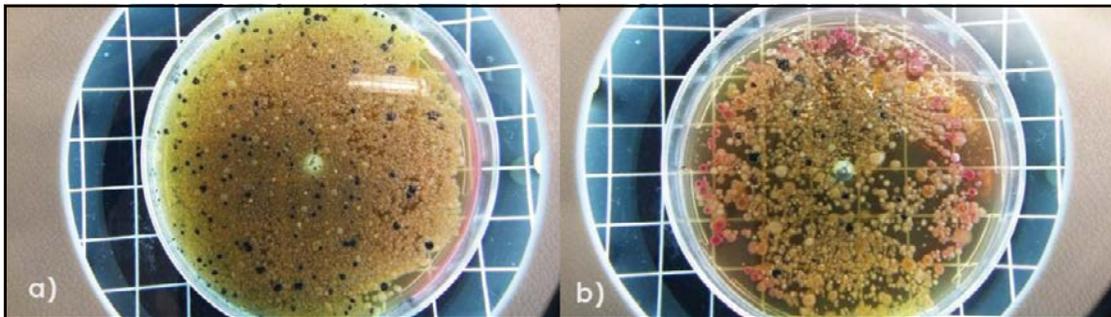


Figura 1. Microorganismos aislados en el medio Agar SS. a) Dilución 1/10, b) Dilución 1/100. Fotografía tomada por Norma Elena Rojas Ruiz.

El valor promedio máximo en el monitoreo para *Shigella* sp. fue de 2×10^3 UFC/ml (Tabla 3 y Figura 1), que aún representa un valor significativo para la presencia de esta bacteria, reafirmando las características fisiológicas de la bacteria para sobrevivir en diferentes condiciones ambientales, lo cual es de importancia, ya que aunque el agua de la Laguna de Chapulco solo se emplea con fines recreativos y de esparcimiento, podría en determinadas circunstancias convertirse en fuente de transmisión de estos microorganismos, sobre todo en aquellas actividades que impliquen contacto directo con ella.

En el caso de la bacteria *Salmonella* sp. solo fue posible su aislamiento durante el primer monitoreo y se determinó en 3 de los 10 puntos muestreados, con un valor máximo de $8.00E + 06$ (Tabla 4), el cual es un valor alto; sin embargo, la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997 (SEMARNAT, 1998) en este caso no es es-

pecífica con respecto a los límites máximos permisibles para *Salmonella* sp. en cuerpos de agua con fines recreativos. La importancia del aislamiento de *Salmonella* sp. radica en que es un microorganismo patógeno para el ser humano; éste se encuentra en la materia fecal, por lo que su presencia en el primer muestreo pudo deberse a las descargas urbanas durante la época de lluvias y haber contaminado el agua.

Tabla 4. Aislamiento de *Salmonella* sp. en agua de la Laguna de Chapulco

Sección de la laguna muestreada	Muestreo 1 UFC/ml	Log UFC/ml
2	1.00E + 06	6.0
3	1.30E + 06	6.1
4	8.00E + 06	6.9

Elaboración propia.

La cantidad de microorganismos aislados fue variable en cada uno de los puntos muestreados de la laguna, además de mostrar fluctuaciones según las condiciones ambientales, como la temperatura de acuerdo a la estación del año, ya que en el caso de *E. coli* se observó un menor desarrollo en el mes de marzo. Tanto *E. coli* como *Salmonella* sp. mostraron ser susceptibles a los efectos del tratamiento químico, el cual posiblemente afectó el pH y temperatura del agua, e inhibió su desarrollo. En el caso de *Shigella* sp., el microorganismo fue aislado en los tres muestreos de manera constante, mostró ser más resistente a los cambios ambientales y al efecto del tratamiento de saneamiento del agua; esto debido a sus características fisiológicas de desarrollo. Es importante mencionar que los tres microorganismos indicadores de contaminación con materia fecal aislados en el presente trabajo mostraron su mayor aislamiento en el primer muestreo, realizado después de la época de lluvias; por lo que se puede relacionar su presencia en el agua de la laguna a la contaminación por descargas de origen urbano.

DISCUSIÓN

Determinar la presencia de *E. coli* en el agua de la Laguna de Chapulco es de suma importancia debido a que los microorganismos coliformes son los principales indicadores de contaminación fecal en el agua (Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994), esto porque ellos forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales homeotermos y están presentes en grandes cantidades en él (Del Pilar et al., 2005; Lamendella et al., 2008). La contaminación del agua con *E. coli* puede deberse a las descargas de agua de origen urbano que llegan inevitablemente a la laguna y la alta concentración de esta bacteria se explica porque en las heces se excretan diariamente entre 10⁸-10⁹ unidades formadoras de colonias (UFC/g) de heces (Larrea et al., 2009). La literatura reporta que *E. coli* crece y se divide en su hábitat primario (hospedero) aunque puede sobrevivir en el hábitat secundario (agua, suelo, sedimentos) durante poco tiempo. La sobrevivencia de *E. coli* en el ambiente es variable, pero no mayor a un día; sin embargo, las altas concentraciones se mantienen debido a la constante descarga de su hábitat primario, como son los mamíferos a los cuerpos de agua superficial (Winfield y Groisman, 2003).

Los resultados obtenidos en la presente investigación mostraron una cantidad considerable de aislados de *E. coli* en un hábitat secundario, lo que concuerda con lo postulado en la literatura en donde se menciona que *E. coli* no vive en ambientes inertes, pero que el continuo volumen de estas bacterias es transferido de fuentes humanas y animales que mantienen una población estable fuera del hospedante animal (Winfield y Groisman, 2003).

De acuerdo con los resultados mostrados en la presente investigación para el aislamiento de *Salmonella* sp. únicamente fue posible encontrar a estas bacterias en 30% de las muestras, lo que difiere de lo propuesto por Barrera Escorcía et al. (2013), que determinaron la presencia de bacterias entéricas patógenas con base en el índice de sensibilidad y el modelo de riesgo atribuible en los lagos de Pátzcuaro, Michoacán, México y el ecosistema lacustre de Xochimilco, D. F., en donde determinaron para ambos cuerpos de agua la presencia de *Salmonella* sp. con un índice de sensibilidad de 60% y un riesgo atribuible de 58%. Esta variación en el hallazgo de microorganismos en la Laguna de Chapulco puede deberse a factores ambientales, como las variaciones en la temperatura y pH, además del efecto benéfico del programa de tratamiento químico que entró en marcha después del primer muestreo, afectó los parámetros de temperatura y pH e inhibió el desarrollo de *Salmonella* sp.

La variación entre la cantidad de microorganismos aislados durante los muestreos del monitoreo fue considerable, está documentado que las bacterias responden a factores ecológicos diversos, como la temperatura, la disponibilidad de nutrientes, la salinidad, el pH, la luz solar, que influyen en su permanencia y sobrevivencia. Con respecto a la temperatura algunas enterobacterias han mostrado ser susceptibles a altas temperaturas (González et al., 2010), lo cual es similar a lo mostrado para *E. coli* en el tercer muestreo del presente estudio, registrado en el mes de mayo.

La relevancia de los microorganismos encontrados en el agua de la laguna radica en que las bacterias aisladas representan indicadores ambientales de la contaminación que está sufriendo este cuerpo de agua, ya que aunque esta representa un área recreativa, es un punto de descargas de aguas de diversos orígenes, siendo la principal descarga la de tipo urbano.

CONCLUSIONES

La contaminación de los cuerpos de agua presentes en las ciudades es una problemática actual. La Laguna de Chapulco, Puebla, representa una de las pocas áreas de esparcimiento presentes en la ciudad, por lo cual es de suma importancia su conservación y saneamiento. Al realizar el análisis microbiológico de la calidad del agua se encontraron mi-

croorganismos como *E. coli*, *Salmonella* sp. y *Shigella* sp., los cuales son indicadores reconocidos de contaminación, en especial aquella de origen fecal, vinculada a las descargas de agua urbana en los cuerpos de agua. El conocer los microorganismos que se encuentran como agentes contaminantes del agua de la laguna posibilita en un futuro la búsqueda del mejoramiento de estrategias de saneamiento compatibles con la conservación del ambiente acuático.

LITERATURA CITADA

- BARRERA ESCORCIA, G. et al. La sensibilidad del grupo coliforme como indicador de la presencia de enterobacterias patógenas en cuatro cuerpos acuáticos de México. *Hidrobiológica*, 23(1): 87-96, 2013.
- DEL PILAR, M. et al. Microbiological indicators of contamination of the water sources. *NOVA-Publicación Científica*, 3(4): 69-79, 2005.
- FARNLEITNER, A. H. et al. *Escherichia coli* and enterococci are sensitive and reliable indicators for human, livestock and wildlife faecal pollution in alpine mountainous water resources. *Journal of Applied Microbiology*, 109(5): 1599-1608, 2010.
- GONZÁLEZ, A. M. et al. Relationships between fecal indicators and pathogenic microorganisms in a tropical lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164(1): 207-219, 2010.
- HARWOOD, V. J. et al. Validity of the indicator organism paradigm for pathogen reduction in reclaimed water and public health protection. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(6): 3163-3170, 2005.
- LAMENDELLA, R. et al. Bifidobacteria in feces and environmental waters. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(3): 575-584, 2008.
- LARREA, J. et al. Evaluación de la calidad microbiológica de las aguas del Complejo Turístico Las Terrazas, Pinar del Río (Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 9, 492-504, 2009.
- LUNA PABELLO, V. M. y ABURTO CASTAÑEDA, S. Sistema de humedales artificiales para el control de la eutroficación del lago del Bosque de San Juan de Aragón. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 17(1): 32-55, 2014.
- RIVERA, R. et al. Relations fecal coliforms/fecal streptococci as indicators of the origin of fecal pollution in urban and rural water bodies of Temuco, Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, 37(2): 141-149, 2010.
- SAVICHTCHEVA, O. y OKABE, S. Alternative indicators of fecal pollution: relations with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen monitoring and future application perspectives. *Water Research*, 40(13): 2463-2476, 2006.
- SEMARNAT (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. *Diario Oficial de la Federación*, 21 de septiembre de 1998.
- WINFIELD, M. D. y GROISMAN, E. A. Role of Non host Environments in the Life styles of *Salmonella* and *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(7): 3687-3694, 2003.

De páginas electrónicas

- GOBIERNO MUNICIPAL DE PUEBLA. *Plan Municipal de Desarrollo 2011-2014*. 2015. Recuperado de implanpuebla.gob.mx/sitio/wp-content/uploads/2015/03/PMD_2011_2014.pdf
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). *Anuario de estadísticas por entidad federativa 2011*. 2011. Recuperado de centro.paot.org.mx/documentos/inegi/anuario_esta_federativa_2011.pdf
- SARH (SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS) et al. NORMA MEXICANA NMX-AA-3-1980. Norma Mexicana Aguas Residuales. - Muestreo. *Legismex. Legislación ambiental mexicana* [Folleto electrónico]. Recuperado de <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa003.pdf>
- SSA (SECRETARÍA DE SALUD). Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. *Diario Oficial de la Federación*, 10 de mayo de 1995. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/112ssa14.html>

Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Aguascalientes

Ants (Hymenoptera: Formicidae) of Aguascalientes

Miguel Vásquez Bolaños^{1*}, Jaime Escoto Rocha²

Vásquez Bolaños, M., Escoto Rocha, J. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 36-40, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

Se elaboró una lista de especies de hormigas con base en los ejemplares depositados en las colecciones entomológicas de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y de la Universidad de Guadalajara, así como con información obtenida en publicaciones especializadas sobre la familia Formicidae para el estado de Aguascalientes. Se conocen 32 especies de hormigas para el mismo: *Atta mexicana*, *Pogonomyrmex barbatus*, *P. rugosus* y *Myrmecocystus melliger* son de las que se tiene mayor número de ejemplares. El municipio de Aguascalientes es el que cuenta con el mayor número de especies registradas, 19; San José de Gracia con 11 y Calvillo con 10. En los municipios de Cosío, El Llano, Rincón de Romos y Tepezalá no se tienen especies de hormigas registradas. Se requiere mayor esfuerzo enfocado al estudio de hormigas en Aguascalientes.

Palabras clave: Formicidae, riqueza, colección, Aguascalientes.

Keywords: Formicidae, richness, collection, Aguascalientes.

Recibido: 15 de abril de 2015, aceptado: 14 de diciembre de 2015

¹ Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.

² Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

* Autor para correspondencia: mvb14145@hotmail.com

ABSTRACT

A list of ant species was assembled based on specimens from the entomological collections of the Universidad Autónoma de Aguascalientes and the Universidad de Guadalajara, as well as from information of Formicidae of Aguascalientes. The species richness of ants found for Aguascalientes is 32. *Atta mexicana*, *Pogonomyrmex barbatus*, *P. rugosus* and *Myrmecocystus melliger* are the species with the largest number of specimens. The municipality of Aguascalientes has the largest richness, with 19 species; whereas San José de Gracia with 11 and Calvillo with 10 species. There are no records of ants in the municipalities of Cosío, El Llano, Rincón de Romos and Tepezalá. More effort focused on the studies of ants in Aguascalientes is required.

INTRODUCCIÓN

Las hormigas son un grupo de insectos sociales, diverso y abundante; que junto con las abejas y avispas integran el orden Hymenoptera (Hölldobler y Wilson, 1990). Todas las especies de estos insectos son eusociales y se agrupan en la familia Formicidae (Bolton, 2003), las colonias están formadas por castas diferenciadas que cumplen una tarea en particular: las reinas y los machos cumplen la función reproductiva, generalmente presentan alas; las obreras (hembras estériles) se encargan del resto de las tareas dentro y fuera de la colonia, son ápteras (Hölldobler y Wilson, 1990). Se localizan en casi todos los ambientes terres-

tres, están presentes en las siete regiones biogeográficas, los polos y picos de altas montañas no han sido colonizados por hormigas (Fernández, 2003; Fernández y Sendoya, 2004). A nivel mundial se conocen casi 13,000 especies distribuidas en 290 géneros y 20 subfamilias (Agosti y Johnson, 2005). La región neotropical es la más diversa con aproximadamente 3,100 especies, 95 géneros y 12 subfamilias (Agosti y Johnson, 2005; Bolton et al., 2006; Ward, 2010). Para México se conocen 927 especies de hormigas, pertenecientes a 93 géneros y 11 subfamilias; el sureste y el norte del país son las zonas en la que se conoce la mayor riqueza (Vásquez Bolaños, 2015). Para el estado de Aguascalientes, de acuerdo con la literatura, se tienen registradas 17 especies, pertenecientes a 11 géneros y cuatro subfamilias (Cañedo Ortiz, 1988; Escoto Rocha et al., 2001; Vásquez Bolaños, 2015). A pesar de su importancia son un grupo poco estudiado en México, no se tienen especialistas ni colecciones suficientes para conocer la riqueza y distribución del grupo en el país (Vásquez Bolaños, 2011). El objetivo de este trabajo es conocer la riqueza de hormigas en el estado de Aguascalientes con base en los ejemplares depositados en colecciones y registros en la literatura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estado de Aguascalientes tiene una superficie de 5, 680.33 km², se localiza en el centro del país, en las coordenadas extremas 22° 27' y 21° 28' latitud norte y 101° 53' y 102° 52' longitud oeste. Limita al norte, este y oeste con el estado de Zacatecas, al sur y al este con el estado de Jalisco; tiene 11 municipios: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, El Llano, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá. Se encuentra a 1,540 m.s.n.m., en la parte baja del valle del río Calvillo, hasta los 3,050 m.s.n.m. en la parte alta de la Sierra Fría (Esparza Juárez, 2008; INEGI, 2008a; INEGI, 2008b).

Se revisaron dos colecciones entomológicas: la Zoológica del Centro de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) y la Entomológica del Centro de Estudios en Zoología de la Universidad de Guadalajara (CZUG). Los ejemplares fueron determinados o corroborados para elaborar la lista. Se revisó literatura especializada sobre hormigas en las bibliotecas de estas y otras universidades que hiciera referencia al estado de Aguascalientes: libros, artículos en revistas científicas, tesis, resúmenes de congresos.

RESULTADOS

Se encontraron 32 especies, pertenecientes a 19 géneros y seis subfamilias para el estado de Aguascalientes (Tabla 1). El municipio en el que se ha colectado el mayor número de especies es Aguascalientes, con 19; seguido de los municipios de San José de Gracia con 11 y Calvillo con 10 especies; Jesús María con cinco; San Francisco de los Romo, Pabellón de Arteaga y Asientos con una cada uno; para los municipios de Cosío, El Llano, Rincón de Romos y Tepezalá no se tienen especies de hormigas registradas. Las especies *Camponotus sericeiventris*, *C. trepidulus*, *Nylanderia bruesii*, *Pheidole calens*, *P. laevivertex* y *Pogonomyrmex tenuispinus* no tienen localidad precisa (Tabla 2).

De las especies que se encuentran depositadas en las colecciones, *A. mexicana*, *P. barbatus*, *P. rugosus* y *M. melliger* son las que están mejor representadas, por el número de ejemplares. Los géneros más diversos son: *Camponotus*, *Pogonomyrmex*, *Pheidole* y *Solenopsis* con tres cada uno; *Dorymyrmex*, *Forelius*, *Monomorium*, *Neivamyrmex* y *Pseudomyrmex* con dos cada uno, el resto de los géneros (10) están representados por una especie cada uno. La subfamilia más diversa es Myrmicinae con 15 especies y ocho géneros, Formicinae con seis y cuatro, Dolichoderinae con cinco y tres, Dorylinae con tres y dos, Pseudomyrmecinae con dos y uno, respectivamente, y Ponerinae con una especie y un género también.

DISCUSIÓN

De las 32 especies hasta ahora conocidas para el estado de Aguascalientes, se tienen dos introducidas: *Paratrechina longicornis* y *Monomorium pharaonis*, originarias de Asia y África, respectivamente. Estas se

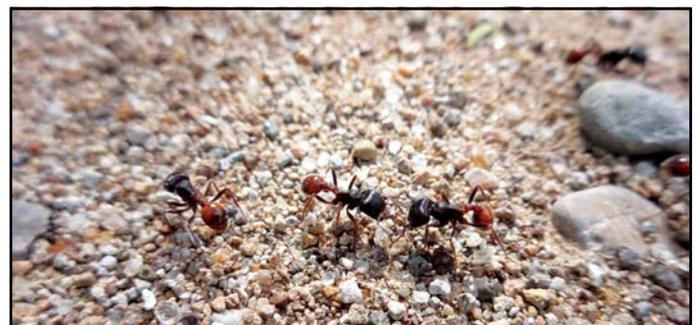


Figura 1. Obreras de *Pogonomyrmex rugosus*. Fotografía tomada por Miguel Vásquez Bolaños.

Tabla 1. Lista de especies de hormigas para el estado de Aguascalientes

Formicidae Latreille, 1809	<i>Neivamyrmex</i> Borgmeier, 1940
Dolichoderinae Forel, 1878	<i>Neivamyrmex cornutus</i> Watkins, 1975
Leptomyrmechini Emery, 1913	<i>Neivamyrmex texanus</i> Watkins, 1972
<i>Dorymyrmex</i> Mayr, 1866	
<i>Dorymyrmex insanus</i> (Buckley, 1866)	Ponerinae Lepeletier, 1835
<i>Dorymyrmex pyramicus</i> (Roger, 1863)	Ponerini Lepeletier, 1835
<i>Forelius</i> Emery, 1888	<i>Odontomachus</i> Latreille, 1804
<i>Forelius mccooki</i> (McCook, 1880)	<i>Odontomachus clarus</i> Roger, 1861
<i>Forelius pruinosus</i> (Roger, 1863)	
Tapinomini Emery, 1913	Myrmicinae Lepeletier, 1835
<i>Liometopum</i> Mayr, 1861	Attini Smith, 1858
<i>Liometopum apiculatum</i> Mayr, 1870	<i>Atta</i> Fabricius, 1818
	<i>Atta mexicana</i> (Smith, 1858)
Formicinae Latreille, 1809	<i>Pheidole</i> Westwood, 1839
Campinotini Forel, 1878	<i>Pheidole calens</i> Forel, 1901
<i>Camponotus</i> Mayr, 1861	<i>Pheidole hirtula</i> Forel, 1899
<i>Camponotus atriceps</i> (Smith, 1858)	<i>Pheidole laevivertex</i> Forel, 1901
<i>Camponotus sericeiventris</i> (Guérin-Méneville, 1838)	Crematogastrini Forel, 1893
<i>Camponotus trepidulus</i> Creighton, 1965	<i>Crematogaster</i> Lund, 1831
Lasini Ashmead, 1905	<i>Crematogaster lineolata</i> (Say, 1836)
<i>Myrmecocystus</i> Wesmael, 1838	<i>Tetramorium</i> Mayr, 1855
<i>Myrmecocystus melliger</i> Forel, 1886	<i>Tetramorium spinosum</i> (Pergande, 1896)
Plagiolepidini Forel, 1866	Pogonomyrmecini Ward, Brady, Fisher & Schultz, 2015
<i>Nylanderia</i> Emery, 1906	<i>Pogonomyrmex</i> Mayr, 1868
<i>Nylanderia bruesii</i> (Wheeler, 1903)	<i>Pogonomyrmex barbatus</i> (Smith, 1858)
Paratrechina Motschoulsky, 1863	<i>Pogonomyrmex rugosus</i> Emery, 1895
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)	<i>Pogonomyrmex tenuispinus</i> Forel, 1914
Pseudomyrmecinae Smith, 1952	Solenopsidini Forel, 1893
Pseudomyrmecini Smith, 1952	<i>Monomorium</i> Mayr, 1855
<i>Pseudomyrmex</i> Lund, 1831	<i>Monomorium minimum</i> (Buckley, 1867)
<i>Pseudomyrmex gracillis</i> (Fabricius, 1804)	<i>Monomorium pharaonis</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Pseudomyrmex pallidus</i> (Smith, 1855)	<i>Solenopsis</i> Westwood, 1840
Dorylinae Leach, 1815	<i>Solenopsis aurea</i> Wheeler, 1906
Dorylini Leach, 1815	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)
<i>Labidus</i> Jurine, 1807	<i>Solenopsis xyloni</i> McCook, 1880
<i>Labius coecus</i> (Latreille, 1802)	Stenammini Ashmead, 1905
	<i>Aphaenogaster</i> Mayr, 1853
	<i>Aphaenogaster cockerelli</i> André, 1893

encuentran ampliamente distribuidas en el planeta y se consideran plagas urbanas (Bajomi et al., 2005; Wetterer, 2008), las mismas figuran en la zona urbana del municipio de Aguascalientes.

El estado de Aguascalientes se encuentra entre los siete estados del país con el menor número de especies de hormigas conocidas, con más especies que el Distrito Federal, Guanajuato, Estado de México, Querétaro, Tlaxcala y Zacatecas (Vásquez Bolaños, 2011). La entidad comparte el tipo de vegetación y clima con los estados de Jalisco y Zacatecas, por la proximidad es posible que algunas especies se compartan; por lo que el número de las mismas se incrementará de manera considerable cuando se realicen más estudios enfocados a conocer la riqueza de Formicidae en el estado.

La riqueza de las diferentes subfamilias coincide con lo que se conoce a nivel regional, nacional y mundial, donde Myrmicinae está en primer lugar, seguida de Formicinae, Dolichoderinae, Dorylinae y Pseudomyrmecinae (Bolton, 2003; Vásquez Bolaños, 2011).

Al contrastar la extensión territorial y la complejidad de los ecosistemas que se presentan en el estado (por su ubicación entre las regiones neártica y neotropical) con el reducido número de especies reportadas y los pocos ejemplares depositados en colecciones entomológicas, queda claro que la familia Formicidae no ha recibido la debida atención por parte de los investigadores; es mucho lo que se encuentra pendiente en cuanto a las hormigas del estado de Aguascalientes y de México.

Tabla 2. Lista de especies de hormigas por municipio de Aguascalientes

Subfamilia	Especie	Municipio						
		AGS	ASI	CAL	JM	PA	SFR	SJG
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex insanus</i>	X						X
	<i>Dorymyrmex pyramicus</i>			X				
	<i>Forelius mccooki</i>	X						
	<i>Forelius pruinosus</i>	X						
	<i>Liometopum apiculatum</i>							X
Formicinae	<i>Camponotus atriceps</i>	X		X	X			X
	<i>Camponotus sericeiventris</i>							
	<i>Camponotus trepidulus</i>							
	<i>Myrmecocystus melliger</i>	X		X	X			X
	<i>Nylanderia bruesii</i>							
	<i>Paratrechina longicornis</i>	X						
Dorylinae	<i>Labius coecus</i>			X				
	<i>Neivamyrmex cornutus</i>			X				
	<i>Neivamyrmex texanus</i>							X
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	X		X	X			
	<i>Pseudomyrmex pallidus</i>	X						
Ponerinae	<i>Odontomachus clarus</i>	X						
Myrmicinae	<i>Aphaenogaster cockerelli</i>	X						
	<i>Atta mexicana</i>	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Crematogaster lineolata</i>							X
	<i>Monomorium minimum</i>	X						
	<i>Monomorium pharaonis</i>	X						
	<i>Pheidole calens</i>							
	<i>Pheidole hirtula</i>	X		X				
	<i>Pheidole laevivertex</i>							
	<i>Pogonomyrmex barbatus</i>	X		X				X
	<i>Pogonomyrmex rugosus</i>	X		X	X			X
	<i>Pogonomyrmex tenuispinus</i>							
	<i>Solenopsis aurea</i>	X						
	<i>Solenopsis geminata</i>	X						X
	<i>Solenopsis xyloni</i>	X						
<i>Tetramorium spinosum</i>							X	

AGS= Aguascalientes, ASI= Asientos, CAL= Calvillo, JM= Jesús María, PA= Pabellón de Arteaga, SFR= San Francisco de los Romo, SJG= San José de Gracia.

CONCLUSIONES

Con base en los ejemplares depositados en las colecciones Zoológica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), Entomológica

de la Universidad de Guadalajara (CZUG) y en las publicaciones revisadas, llegan a 32 el número especies de hormigas para el estado de Aguascalientes.

Con este estudio, el estado de Aguascalientes pasa del segundo lugar al séptimo a nivel nacional entre las entidades pobremente conocidas en cuanto a especies de hormigas se refiere.

Los estudios que hacen referencia a la familia Formicidae de Aguascalientes son escasos, solo hay una tesis (de licenciatura en la Universidad Autónoma de Aguascalientes) y dos artículos.

Las especies mejor representadas en las colecciones son: *A. mexicana*, *P. barbatus*, *P. rugosus* y *M. melliger*. Los municipios de Aguascalientes, Calvillo y San José de Gracia son los que tienen registrado el mayor número de especies.

Se tienen pocos ejemplares depositados en las colecciones científicas consultadas, lo que refleja el escaso trabajo realizado para el grupo en el estado de Aguascalientes y lo mucho que falta por hacer.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a las autoridades de las colecciones visitadas: Colección Zoológica del Centro de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología de la Universidad de Guadalajara, por las facilidades para revisar los ejemplares de hormigas depositados en dichas instituciones.

LITERATURA CITADA

- BAJOMI, D. et al. Elimination of pharaoh's ant, *Monomorium pharaonis* colonies with S-methoprene baits (Hymenoptera: Formicidae). En C. Y. Lee & W. H. Robinson (Eds.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Urban Pests* (65-72). Malaysia: P & Y Design Network, 2005.
 - BOLTON, B. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 71, 1-370, 2003.
 - BOLTON, B. et al. *Bolton's Catalogue of the Ants of the World: 1758-2005* [Disco compacto]. US: Harvard University Press, 2006.
 - CAÑEDO ORTIZ, B. O. *Distribución, biología e implicaciones ecológicas y económicas de la entomofauna de la familia Formicidae en el municipio de Aguascalientes*. Tesis de Licenciatura en Biología. Aguascalientes, Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes, 1988.
 - ESCOTO ROCHA, J. et al. Biodiversidad de himenópteros del estado de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 9(24): 20-27, 2001.
 - ESPARZA JUÁREZ, A. 1.1. Superficie. Capítulo 1. Descripción del medio físico. En H. A. Villegas & A. Cruz Angón (Coords. y Comps.), *La biodiversidad en Aguascalientes: estudio de estado* (24). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE)-Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2008.
 - FERNÁNDEZ, F. (Ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003.
 - FERNÁNDEZ, F. y SENDOYA, S. List of neotropical ants (Hymenoptera: Formicidae). *Biota Colombiana*, 5(1): 3-93, 2004.
 - HÖLLDOBLER, B. E. & WILSON, O. *The Ants*. US: Harvard University Press, 1990.
 - INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). 1.2. Relieve. Capítulo 1. Descripción del medio físico. En H. A. Villegas & A. Cruz Angón (Coords. y Comps.), *La biodiversidad en Aguascalientes: estudio de estado* (24-27). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE)-Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2008a.
 - INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). 1.7. Vegetación primaria. Capítulo 1. Descripción del medio físico. En H. A. Villegas & A. Cruz Angón (Coords. y Comps.), *La biodiversidad en Aguascalientes: estudio de estado* (42-44). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE)-Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2008b.
 - VÁSQUEZ BOLAÑOS, M. Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana*, 18(1): 95-133, 2011.
 - VÁSQUEZ BOLAÑOS, M. Taxonomía de Formicidae (Hymenoptera) para México. *Métodos en Ecología y Sistemática*, 10(1): 1-53, 2015.
 - WARD, P. S. *Taxonomy, Phylogenetics, and Evolution*. En L. Lach, C. L. Parr & K. L. Abbott (Eds.), *Ant ecology* (3-17). New York, US: Oxford University Press, 2010.
 - WETTERER, J. K. Worldwide spread of the longhorn crazy ant, *Paratrechina longicornis* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 11, 137-149, 2008.
- De páginas electrónicas**
- AGOSTI, D. y JOHNSON, N. F. (Eds.). *Antbase*. World Wide Web electronic publication. Recuperada el 19 de febrero de 2013, de antbase.org, version (05/2005).

Ecuaciones de volumen para *Arbutus* spp. (madroño) en la región de Pueblo Nuevo, Durango

Volume table for *Arbutus* spp. (madroño) in the region of Pueblo Nuevo, Durango

Francisco Cruz Cobos^{1*}, Roberto Mendía Santana¹, Abner Alain Jiménez Flores¹, Juan Abel Nájera Luna¹, Francisco Cruz García²

Cruz Cobos, F., Mendía Santana, R., Jiménez Flores, A. A., Nájera Luna, J. A., Cruz García, F. Ecuaciones de volumen para *Arbutus* spp. (madroño) en la región de Pueblo Nuevo, Durango. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 41-47, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue ajustar modelos para estimar el volumen total de *Arbutus* spp. (madroño) en la región de Pueblo Nuevo, Durango. Se derribaron 120 árboles de diferentes categorías diamétricas, se midieron las variables diámetro normal (D), altura total (H), diámetro de la base (DB), diámetro de copa (DC) y el volumen de cada árbol (V). Se probaron 20 modelos de una entrada y 15 de dos o más entradas, el ajuste de las ecuaciones se hizo por mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados ponderados. Para la selección del mejor modelo se tomó en cuenta, el RCME, R^2 y el nivel de significancia de los parámetros. El mejor modelo de una entrada fue el M2 (alométrico de Berkhou), que considera como variable independiente el diámetro normal; el de dos entradas, M21 (Schumacher-Hall), que considera como variables independientes el diámetro normal y la altura total.

ABSTRACT

Mathematical equations were fitted to estimate the total volume in madroño trees (*Arbutus* spp.),

Palabras clave: modelos de volumen, relaciones alométricas, madroño.

Keywords: volume models, allometric relations, madroño.

Recibido: 3 de marzo de 2016, aceptado: 13 de mayo de 2016

¹ Instituto Tecnológico de El Salto.

² Programa de Doctorado en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma de Nuevo León.

* Autor para correspondencia: cobos_cruz@yahoo.com.mx

in the region of Pueblo Nuevo, Durango. 120 trees of different diameter categories were demolished, the variables normal diameter (D), total height (H), diameter of the base (DB) and crown diameter (DC) were measured. The volume of each tree was obtained with the xylometer. 20 models of one input and 15 of two or more inputs were tested for to predict the volume, the equations adjustment was by Ordinary Least Squares and Weighted Least Squares. For the selection of the best model, the RCME, R^2 and the level of significance of the parameters were taken into account. The best model of one input was the M2 (allometric of Berkhou), which considers the independent variable normal diameter, the two inputs M21 (Schumacher-Hall), that consider independent variables the normal diameter and total height.

INTRODUCCIÓN

Una de las variables que es indispensable conocer en estudios de inventario de manejo para llevar a cabo un aprovechamiento forestal maderable es el volumen de los árboles en pie. Lo anterior se logra mediante la medición de algunas variables como el diámetro y la altura, para luego estimar el espesor de cada árbol y posteriormente extrapolar la información a todo un rodal (Acosta y Carrillo, 2008). Al grupo de ecuaciones que nos permite estimar el volumen en pie se le denomina Sistema Volumétrico o de Cubicación. La obtención de un sistema adecuado permitirá obtener un inventario maderable confiable y servirá como herramienta para el buen manejo de los recursos forestales. Las tablas de volumen son una herramienta muy útil para un estricto control de los aprovechamientos maderables, esto facilita la ejecución del manejo sustentable de los bosques. Con el uso cotidiano de estas tablas, los prestadores

de servicios técnicos forestales estiman la dimensión de la madera de los árboles de cada cosecha anual, simplemente midiendo el diámetro y la altura de los árboles (Acosta y Carrillo, 2008). En la región de Pueblo Nuevo, Durango, se han hecho estudios y tablas de volumen, la mayoría de ellos en especies de coníferas; pero para *Arbutus* spp. no se tiene algún antecedente en estudios de estimación del mismo. El objetivo del presente trabajo fue ajustar modelos de una y dos o más entradas que permitan estimar el volumen total con corteza de este género y generar herramientas matemáticas que faciliten su evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se realizó en la UMAFOR 1008 El Salto, específicamente en los ejidos La Victoria, San Esteban y La Campana, estos se ubican en la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, en la subprovincia Gran Meseta y cañones duranguenses (Figura 1). La altura promedio en los ejidos es 2,200 a 2,500 m.s.n.m. En cuanto a los climas que se presentan en la región empleando la clasificación de climas de Köppen modificada por García (1973) se ubican el C(E) (W2): clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano y C(W2): clima templado subhúmedo. Las comunidades vegetales más importantes de la región están compuestas por bosques mezclados con especies del género *Pinus* y *Quercus*.

Se muestrearon un total de 120 árboles de cinco especies de *Arbutus* y se abarcaron la mayoría

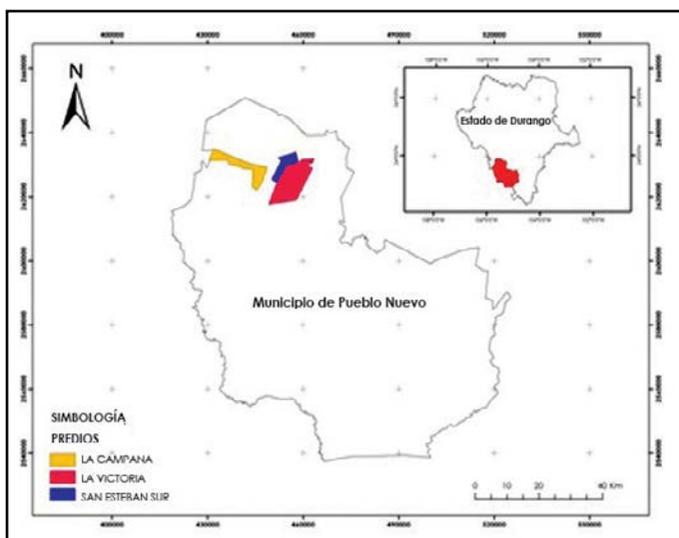


Figura 1. Localización del área de estudio. Elaboración propia.



Figura 2. Características del fuste del madroño. Fotografía tomada por Francisco Cruz Cobos.

de las categorías diamétricas, clases sociológicas, diferentes condiciones topográficas y edáficas.

A cada árbol muestreado se le midieron las variables: diámetro de la base del tallo (cm), diámetro normal con corteza a 1.30 (m), diámetro de copa total por tallo (m), altura total por tallo (m), volumen total del árbol (m³). Estos árboles en algunos casos crecen formando cepas con dos o más fustes y bifurcaciones, en tales situaciones la medición de las variables se hizo de la siguiente manera: los fustes con bifurcación antes de los 30 cm del suelo se consideraron como dos árboles, los fustes bifurcados por arriba de 30 cm y por debajo de 130 cm se consideraron como un árbol y se obtuvo el diámetro normal como el promedio de los dos diámetros; de igual manera se hizo la operación para el diámetro de copa y la altura y los árboles que presentaron bifurcación después de 130 cm se consideraron como un solo tallo (Figura 2). El cálculo del volumen de cada árbol se realizó mediante el xilómetro.

Para la estimación del volumen total, se ajustaron modelos volumétricos de una entrada (Tabla 1) y de dos y tres entradas (Tabla 2).

Para la evaluación del ajuste de los modelos se utilizó el análisis gráfico y numérico, a través del mayor valor de coeficiente de determinación ajustado (R^2), el menor valor de la raíz del error medio cuadrático (RCME), las representaciones gráficas y el nivel de significancia de los parámetros.

Tabla 1. Modelos de volumen de una entrada ajustados

Modelo	Expresión
M1	$V = \beta_0 + \beta_1 * (D)^2$
M2	$V = \beta_0 * (D)^{\beta_1}$
M3	$V = \beta_0 * D + \beta_1 * (D)^2$
M4	$V = \beta_0 + \beta_1 * D + \beta_2 * (D)^2$
M5	$V = \beta_0 + \beta_1 * D^2 + \beta_2 * (D)^3$
M6	$V = \beta_0 + \beta_1 * D + \beta_2 * (D)^2 + \beta_3 * (D)^3$
M7	$V = \beta_0 + \beta_1 * (DB)^2$
M8	$V = \beta_0 * (DB)^{\beta_1}$
M9	$V = \beta_0 * DB + \beta_1 * (DB)^2$
M10	$V = \beta_0 + \beta_1 * DB + \beta_2 * (DB)^2$
M11	$V = \beta_0 + \beta_1 * DB^2 + \beta_2 * (DB)^3$
M12	$V = \beta_0 + \beta_1 * DB + \beta_2 * (DB)^2 + \beta_3 * (DB)^3$
M13	$V = \beta_0 + \beta_1 * (H)^2$
M14	$V = \beta_0 * (H)^{\beta_1}$
M15	$V = \beta_0 * H + \beta_1 * (H)^2$
M16	$V = \beta_0 + \beta_1 * H + \beta_2 * (H)^2$
M17	$V = \beta_0 + \beta_1 * H^2 + \beta_2 * (H)^3$
M18	$V = \beta_0 + \beta_1 * (DC)^2$
M19	$V = \beta_0 * (DC)^{\beta_1}$
M20	$V = \beta_0 * DC + \beta_1 * (DC)^2$

Elaboración propia.

$$R^2 = 1 - (n - 1) \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p} / \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (1)$$

$$RCME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}} \quad (2)$$

donde: y_i, \hat{y}_i y \bar{y} son valores observados, estimados y media del volumen; n y p son el número de observaciones y de parámetros, respectivamente.

Torres y Magaña (2001) mencionan que es común que la mayor parte de los modelos de volumen sufran problemas de heterocedasticidad, dado que a mayor valor de diámetro y altura la variación en el volumen de los árboles se hace más grande, por lo que es necesaria esta corrección con el uso de mínimos cuadrados ponderados. Una vez corregido con este procedimiento se obtienen estimadores insesgados y eficientes (Gujarati, 1988).

El análisis gráfico de los residuos estudentizados frente a los valores estimados con los modelos selec-

Tabla 2. Modelos de volumen de dos y tres entradas ajustados

Modelo	Expresión
M21	$V = \beta_0 * (D)^{\beta_1} * (H)^{\beta_2}$
M22	$V = \beta_0 * (D)^2 * H$
M23	$V = \beta_0 * (D * H)^{\beta_1}$
M24	$V = \beta_0 + \beta_1 * (D)^2 * H$
M25	$V = \beta_0 + \beta_1 * H + \beta_2 * (D)^2 * H$
M26	$V = \beta_0 + \beta_1 * (D)^2 + \beta_2 * (D)^2 * H + \beta_3 * H$
M27	$V = (D)^2 / \beta_0 + \beta_1 / H$
M28	$V = \beta_0 + \beta_1 * (D)^{\beta_2} * (H)^{\beta_3}$
M29	$V = \text{Exp}(\beta_0 + \beta_1 * H + \beta_2 * DB)$
M30	$V = \text{Exp}(\beta_0 + \beta_1 * H + \beta_2 * DB + \beta_3 * DC)$
M31	$V = \beta_0 + \beta_1 * (DB)^2 * H + \beta_2 * DC$
M32	$V = \beta_0 + \beta_1 * (DB)^2 * H$
M33	$V = \beta_0 + \beta_1 * (D)^2 * H$
M34	$V = \beta_0 + \beta_1 * D + \beta_2 * D * H + \beta_3 * (D)^2 + \beta_4 * (D)^2 * H$
M35	$V = \beta_0 + \beta_1 * D + \beta_2 * D * H + \beta_3 * (D)^2 + \beta_4 * H + \beta_5 * (D)^2 * H$

V= volumen (m³), D= diámetro normal (cm), H= altura total (m), DB= diámetro de base (cm), DC= diámetro de copa (m) y $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ = parámetros a ser estimados. Elaboración propia.

cionados mostró problemas de heterocedasticidad, por lo que se hizo la corrección a través de regresión ponderada, que consiste en asignar una variable de peso igual a la inversa de cada observación. Dicha varianza σ_i^2 , que es desconocida, se estimó utilizando una función exponencial $\sigma_i^2 = \gamma * D^k$. Los valores de γ y del exponente k se optimizaron empleando la metodología propuesta por Harvey (1976), que consiste en emplear los errores del modelo ajustado sin pesos como variable dependiente en el modelo potencial de varianza del error; finalmente, el peso considerado fue $1/D^k$.

RESULTADOS

Las principales estadísticas descriptivas de las variables utilizadas muestran que se cubrió un amplio rango de alturas (H) y diámetros normales (D). Sin embargo, por la poca abundancia mostrada en cuatro de las cinco especies analizadas en el área de estudio (Tabla 3), el tamaño de muestra no se consideró suficiente para hacer un ajuste de los modelos por especie como lo recomienda Torres y Magaña (2001), de muestrear al menos 50 árboles o 10 por categoría diamétrica, por lo que

las ecuaciones se ajustaron a nivel de género. Se observaron además de manera gráfica las similitudes

de los volúmenes con respecto a los diámetros entre las diferentes especies (Figura 3).

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la muestra empleada por especie

No. árboles	Especie	D (cm)		H (m)		V (m³)	
		Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
65	<i>A. bicolor</i>	5.9	36	4.6	14.5	0.0065	0.8097
25	<i>A. tessellata</i>	5.5	25	3.8	12.72	0.0073	0.2766
4	<i>A. arizonica</i>	9.5	24	5.57	10.85	0.0324	0.3553
16	<i>A. madrensis</i>	7.5	22.25	3.3	11.85	0.0122	0.1994
10	<i>A. xalapensis</i>	9.2	20.5	5.2	8.9	0.0222	0.2606

Elaboración propia.

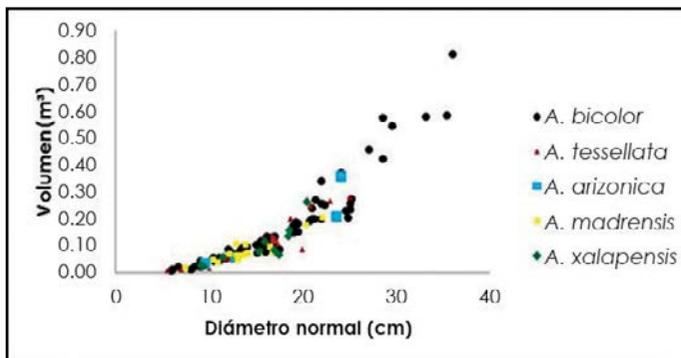


Figura 3. Tendencia del volumen observado vs. diámetro normal por especie. Elaboración propia.

Tabla 4. Estadísticos de ajuste de las ecuaciones volumétricas de una entrada

Modelo	R²	RCME	Modelo	R²	RCME
M1	0.919	0.039	M13	0.543	0.1134
M2	0.925	0.0375	M14	0.538	0.1141
M3	0.924	0.0379	M15	0.545	0.1132
M4	0.926	0.0376	M16	0.545	0.1141
M5	0.925	0.0378	M17	0.544	0.1143
M6	0.926	0.0378	M18	0.308	0.1397
M7	0.874	0.0595	M19	0.369	0.1334
M8	0.894	0.0545	M20	0.351	0.1353
M9	0.884	0.0571			
M10	0.891	0.0557			
M11	0.896	0.0545			
M12	0.8981	0.0544			

Todos los parámetros fueron significativos al 5%.
Elaboración propia.

En la Tabla 4 se muestran los estadísticos de ajuste de los modelos de volumen total con corteza de una entrada, en donde se encontraron los mejores ajustes con los modelos M1-M6 que consideran como variable independiente el diámetro normal. Tanto los estadísticos de ajuste de estos modelos como su representación gráfica (Figura 4) son muy similares, por lo que se seleccionó el modelo M2 por su simplicidad en la implementación.

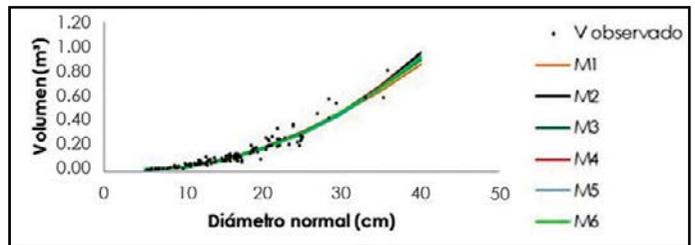


Figura 4. Volumen observado y estimado a partir del diámetro normal. Elaboración propia.

Una vez corregida la heterocedasticidad (Figura 5), la expresión final del modelo M2 se presenta en la Tabla 5, de manera que la estructura queda conformada así:

$$V = 0.000144 * D^{2.379922}$$

Tabla 5. Estadísticos finales de ajuste de la ecuación M2 con mínimos cuadrados ponderados

Modelo	R²	RCME	β0	β1
M2	0.9244	0.0378	0.000144	2.379922

Elaboración propia.

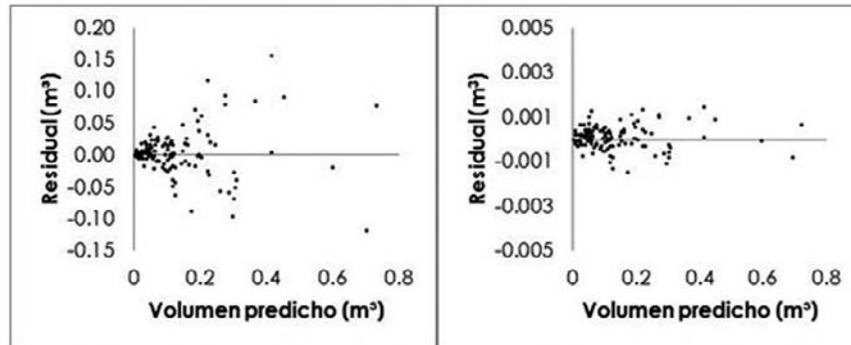


Figura 5. Valores predichos vs. residuos estudentizados con evidencia de problemas de heterocedasticidad (izquierda) y los obtenidos con regresión ponderada (derecha). Elaboración propia.

Todos los modelos probados presentan buenos ajustes a excepción de los modelos M31 y M32 (Tabla 6).

expresión final del modelo M21 se presenta en la Tabla 7, de modo que la estructura queda de la siguiente forma:

Una vez corregida la heterocedasticidad por mínimos cuadrados ponderados (Figura 6), la

$$V = 0.000116 * D^{2.078374} * H^{0.501168}$$

Tabla 6. Estadísticos de ajuste para las ecuaciones volumétricas de dos o más entradas

Modelo	R ²	RCME	Modelo	R ²	RCME
M21	0.955	0.0009	M29	0.916	0.0016
M22	0.954	0.0009	M30	0.930	0.0014
M23	0.928	0.0014	M31	0.896	0.0020
M24	0.954	0.0009	M32	0.895	0.0020
M25	0.956	0.0008	M33	0.954	0.0009
M26	0.956	0.0009	M34	0.956	0.0009
M27	0.920	0.0015	M35	0.956	0.0009
M28	0.955	0.0009			

Todos los parámetros fueron significativos al 5%, con excepción de los modelos M34 y M35. Elaboración propio.

Tabla 7. Estadísticos finales del ajuste de la ecuación M21 por mínimos cuadrados ponderados

Modelo	R ²	RCME	β ₀	β ₁	β ₂
M21	0.9453	0.0321	0.000116	2.078374	0.501168

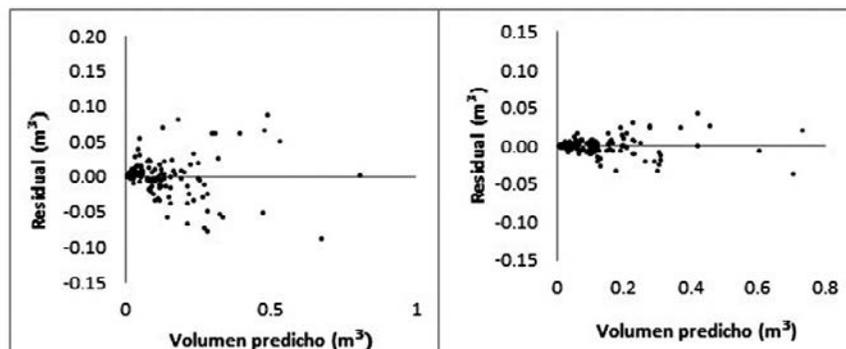


Figura 6. Valores predichos vs. residuos estudentizados con evidencia de problemas de heterocedasticidad (izquierda) y los obtenidos con regresión ponderada (derecha). Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Se puede observar que se cubrió un amplio rango en diámetros y alturas (Tabla 3). Las mayores dimensiones de estas variables se encontraron en *Arbutus bicolor*, seguidos de *A. tessellata*, *A. arizonica*, *A. madrensis* y *A. xalapensis*, también se observa que *A. bicolor* fue la especie más abundante y la menos abundante fue *A. arizonica*, debido a que su rango de distribución geográfica y abundancia disminuye con la altitud (González et al., 2012a; De León et al., 2013).

Los mejores ajustes para las ecuaciones de una entrada se obtuvieron utilizando como variable independiente el diámetro normal (M1-M6), seguidos con ajustes aceptables los modelos que consideran la variable diámetro de base (M7-M12) (Tabla 4); mientras que los ajustes más pobres se obtuvieron con los modelos que consideran la altura total y el diámetro de copa, esto en parte es debido a que la altura total es influenciada y varía por la calidad de sitio y el diámetro de copa se ve afectado a causa de que este género en la mayoría de los casos se desarrolla formando cepas de dos o más tallos (González et al., 2012b). El modelo M2 (alométrico de Berkhout) fue recomendado por Bustillos (2012) en un estudio para *Pinus douglasiana* Martínez y *P. oocarpa* Schiede en la UMAFOR 1008 El Salto, Durango.

Todos los modelos de dos entradas presentaron buenos ajustes a excepción de los modelos M31 y M32 (Tabla 6), que consideran como variables

independientes el diámetro de la base (DB), la altura total (H) y el diámetro de copa (DC), por lo que se seleccionó el modelo M21 (Schumacher-Hall) por su simplicidad en la implementación, ya que tiene como variables independientes el diámetro normal y la altura total. De la misma manera, Reyes Valdovinos (2006) en un estudio para *Eucalyptus grandis* y *E. urophylla* en los límites de Veracruz y Oaxaca, ajustó varios modelos y concluyó que el modelo M21 (Schumacher-Hall) era el mejor para la estimación de volumen total, este modelo es ampliamente usado para la estimación del volumen total de coníferas de la región de Pueblo Nuevo, Durango (Vargas et al., 2012), lo que afirma la flexibilidad para modelar también en especies latifoliadas.

CONCLUSIONES

El mejor ajuste en modelos de una entrada se obtuvo cuando se utilizó el diámetro normal como variable independiente, por lo que se recomienda el modelo M2 (alométrico de Berkhout) por su simplicidad en la implementación.

El mejor ajuste para la estimación de volumen para los modelos de dos o más entradas se obtuvo con la ecuación M21 (Schumacher-Hall, alométrica), esta ecuación considera el diámetro normal y la altura total como variables independientes.

Los modelos propuestos son precisos y permitirán hacer estimaciones confiables del volumen en pie de este importante género en la región de Pueblo Nuevo.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA, M. M. y CARRILLO, A. F. *Tabla de volumen total con y sin corteza para Pinus montezumae Lamb. en el Estado de Hidalgo*. Folleto técnico No. 7. Pachuca, Hidalgo, México: INIFAP Campo Experimental Pachuca, 20 pp., 2008.
- BUSTILLOS, A. E. G. *Sistema volumétrico para Pinus douglasiana Martínez y Pinus oocarpa Schiede en la UMAFOR 1008 El Salto*. Tesis profesional. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango: Instituto Tecnológico de El Salto, 54 pp., 2012.
- DE LEÓN, M. G. D. et al. Distribución de la vegetación a través de un transecto sobre la Sierra Madre Occidental de Durango, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 9(1): 30-40, 2013.
- GARCÍA, M. E. *Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. D. F., México: UNAM. Instituto de Geografía, 246 pp., 1973.
- GONZÁLEZ, E. M. S. et al. Delimitación de taxonomía de *Arbutus mollis* y *A. occidentalis* (Ericaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 100, 49-81, 2012a.
- GONZÁLEZ, E. M. S. et al. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana*, 100, 351-403, 2012b.
- GUJARATI, D. *Econometría básica*. D. F., México: Ed. McGraw-Hill/Interamericana, 463 pp., 1988.
- HARVEY, A. C. Estimating regression models with multiplicative heteroscedasticity. *Econometrica*, 44(3): 461-465, 1976.
- REYES VALDOVINOS, J. R. *Sistema de cubicación para Eucaliptus grandis y E. urophylla en los límites de Veracruz y Oaxaca*. Tesis profesional. Texcoco, Edo. de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales, 36 pp., 2006.
- TORRES, R. J. M. y MAGAÑA, T. O. S. *Evaluación de plantaciones forestales*. D. F., México: Ed. Limusa Noriega, 473 pp., 2001.
- VARGAS, L. B. et al. *Ecuaciones de volumen total y comercial para las especies maderables de la UMAFOR 1008 El Salto*. Informe Técnico. 37 pp., 2012.

Viviendas sobre cavernas subterráneas artificiales: una construcción social del riesgo. Caso Atizapán de Zaragoza, Estado de México

Houses on artificial underground caves: social construction of risk. Case Atizapan of Zaragoza, State of Mexico

Fabiola Sánchez Gómez^{1*}, Aleyda Reséndiz Vázquez¹

Sánchez Gómez, F., Reséndiz Vázquez, A. Viviendas sobre cavernas subterráneas artificiales: una construcción social del riesgo. Caso Atizapán de Zaragoza, Estado de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 48-59, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

La problemática de viviendas ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales aunada a la necesidad de vivienda en México representa un riesgo (físico, social, económico-urbano y político-jurídico), en conjunto con la vulnerabilidad de la vivienda y el crecimiento poblacional y urbano. La amenaza de subsidencia minera provoca inseguridad en la población cuando la misma se asienta en lugares en donde existen túneles mineros subterráneos. Es decir, es producto de las acciones de una población sobre la naturaleza; por tanto, un problema que se desarrolla en un proceso histórico. Las viviendas ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales presentan un riesgo eminente e inminente, por lo que resulta esencial la comprensión y explicación del fenómeno con base en procesos históricos e identificando los problemas urbano arquitectónicos: antes, durante y después del desastre; a partir de la interacción de dos actores principales: las *inmobiliarias-municipio* y la participación social.

Palabras clave: viviendas sobre cavernas subterráneas artificiales, túneles mineros subterráneos, subsidencia minera, construcción social del riesgo, amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

Keywords: houses on artificial underground caves, underground mining tunnels, mining subsidence, social construction of risk, threat, vulnerability and risk.

Recibido: 22 de noviembre de 2014, aceptado: 13 de mayo de 2016

¹ Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Tecamachalco.

* Autor para correspondencia: ing.arq.fabiolasanchez@hotmail.com

ABSTRACT

The problem of houses located on artificial underground caves in conjunction with the need for housing in Mexico represents a (physical, social, economic, urban and political-legal) risk; along with the vulnerability of housing and population and urban growth. The threat of mining subsidence becomes a risk when the population is settled in places on artificial underground caves. That is, risk is the product of the actions of a population on nature; therefore, a problem that develops in a historical process. The homes located on artificial underground caves have an eminent and imminent risk, so the understanding and explanation of the phenomenon is essential, based on historical processes, identifying architectural urban problems before, during and after the disaster; from the interaction of two key players: the *estate-town* and social participation.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es abordada en el ámbito arquitectónico-urbano, tomando como fenómeno las viviendas ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales que representan un riesgo (físico, social, económico, político, jurídico y urbano) para la población que las habita. Esto crea un riesgo social que contribuye a la creación de un desastre. La amenaza de subsidencia minera se convierte en un riesgo cuando la población se asienta en lugares con túneles mineros subterráneos. Es decir, el riesgo es producto de las acciones de una población sobre la naturaleza.

El fenómeno afrontado en la investigación tiene un campo limitado en el ámbito arquitectónico-

urbano, es por tal razón que surge la duda: ¿Por qué se ubican viviendas sobre cavernas subterráneas artificiales? Para responder a este cuestionamiento se hace referencia a la falta de planeación en las construcciones y al descontrol de asentamientos humanos, con la finalidad de aportar información a planeaciones urbanas futuras.

Se pretende demostrar y comprobar que el riesgo de los inmuebles ubicados sobre cavernas subterráneas artificiales se construye socialmente en relación con la vulnerabilidad, a partir de la demanda de vivienda, de la política urbana, de los intereses inmobiliarios y de la percepción de riesgo de los habitantes. Para ello, se debe comprender el proceso histórico de interacción de factores involucrados para la ubicación de residencias en zonas de subsidencia minera, en conjunto con la percepción de la población que está directamente afectada, ya que la construcción social del riesgo radica en la creación y la percepción del mismo, bajo una amenaza latente.

El fenómeno se aterriza en el caso de estudio, Atizapán de Zaragoza, municipio en donde se desarrolló la actividad minera; actualmente presenta 64 zonas minadas, en donde se encuentran ubicadas casas sobre cavernas subterráneas artificiales. El municipio resulta interesante ya que es el de mayor concentración de subsidencia minera en el área metropolitana de la Ciudad de México, donde 32 son consideradas de alto riesgo, 21 de mediano y 11 de bajo. De las mismas, 22 han sido rehabilitadas, pero 32,000 personas viven en cavernas sin rehabilitar (Barrera, 2010). El Municipio de Atizapán, en el periodo comprendido desde 1930 hasta 1960 creció en expansión de asentamientos, cuando surgieron los primeros fraccionamientos. Este periodo es de suma relevancia, ya que a la mitad de la década de los cincuenta inició la explotación de yacimientos mineros, aledaños a los asentamientos de vivienda. "El periodo de auge de la extracción de yacimientos se dio después de la mitad de los cincuentas y hasta finales de los setentas" (Bringas López, 1994: 97), "lo que llevó a extraer material para la construcción de tipo arena, grava, tepetate; utilizados para el crecimiento de la Ciudad de México" (Municipio de Atizapán de Zaragoza, Protección Civil, 2009). "Al efectuarse esta actividad minera de manera descontrolada provocó la creación de cavernas subterráneas de origen artificial, dándose la formación de túneles, galerías, salones en un enjambre subterráneo, que posteriormente fueron agotadas y abandonadas" (Chávez González, 2008: 30).

En el periodo de 1960 a 1990, el municipio desarrolló la construcción en conjuntos habitacionales, unifamiliares, populares y de zona industrial. Para 1970 la explotación de yacimientos mineros descendió y la actividad minera concluyó en el territorio de Atizapán en 1982 por medio de un decreto del entonces gobernador Alfredo del Mazo que acabó de tajo con los permisos de esa actividad (Bringas López, 1994: 98).

Con este decreto se terminaron los permisos para efectuar la actividad minera, por lo que quedaron las edificaciones ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales y bajo la amenaza de la subsidencia minera. El crecimiento urbano en el municipio fue notable en el periodo de 1990 a 2010, debido al incremento poblacional, así como a la formación de colonias irregulares (asentamientos sin escrituras), colonias regulares y fraccionamientos. En el plano de riesgo del Plan de Desarrollo Urbano del municipio 2009-2012 (H. Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza, 2009) se tiene el registro de 12 zonas de minas. Ahí se identificaron zonas minadas faltantes; por lo que se relacionaron las zonas minadas en el plano de riesgo del Plan de Desarrollo Urbano del municipio de Atizapán de Zaragoza, las minas no registradas en plano de riesgo señaladas en el documento del Plan de Desarrollo Urbano Atizapán 2006-2009 (H. Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza, s/f) y 2009-2012 (H. Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza, 2009), las reseñas históricas y las manifestaciones registradas. Ello dio como resultado un cruce de datos para obtener la Figura 1, la cual contiene los cuatro puntos anteriores, así como las minas generales del municipio de Atizapán de Zaragoza.

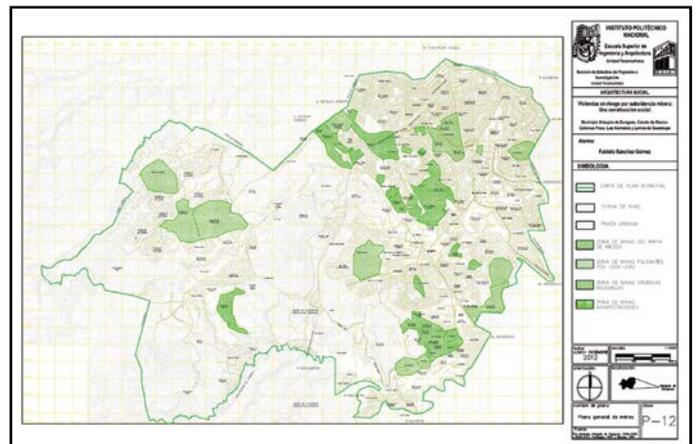


Figura 1. Plano general de minas. Elaboración propia basada en Bringas López (1994), Rodríguez Vázquez (1997) y PDU H. Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza 2006-2009 (s/f) y 2009-2012 (H. Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio diacrónico, en el que se presenta un análisis histórico a partir de dos casos de estudio, cuyas diferencias permitieron efectuar un análisis comparativo de cada uno de los factores intervinientes.

Para seleccionar el caso de estudio de las viviendas sobre cavernas subterráneas artificiales, se partió de tres referentes principales:

- El objeto observado: viviendas ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales.
- Población afectada: zonas de subsidencia minera.
- Exposición al fenómeno: determinado en mapas de riesgo y PDU de Atizapán de Zaragoza 2006 y 2012.

En cuanto a las casas afectadas sobre zonas de subsidencia minera, prevalecen dos tipologías en el municipio de Atizapán de Zaragoza: vivienda popular y media (fraccionamiento). Con lo anterior se delimitó la población y el número de residencias ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales en un lugar determinado. Para ello se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

- Zonas de subsidencia minera. Donde se encuentran localizadas las colonias afectadas por el fenómeno.
- Nivel de riesgo. Permiten identificar las colonias que están sobre túneles mineros subterráneos, así como el nivel de riesgo establecido acorde a la profundidad que posee el techo de la cavidad, determinado por Protección Civil del municipio y estipulado en el PDU de Atizapán de Zaragoza 2012.
- Estatus de colonias sobre cavernas subterráneas artificiales. Se refiere a las colonias que se encuentran en zonas de subsidencia minera establecidas en el PDU de Atizapán de Zaragoza 2012, acorde a su estatus legal, ya sea regular o irregular.
- Estatus de rehabilitación-relleno de colonias sobre cavernas subterráneas artificiales. Se retomaron las colonias afectadas en zonas de subsidencia minera, establecidas en el PDU de Atizapán de Zaragoza 2012 y estipulado por Protección Civil.

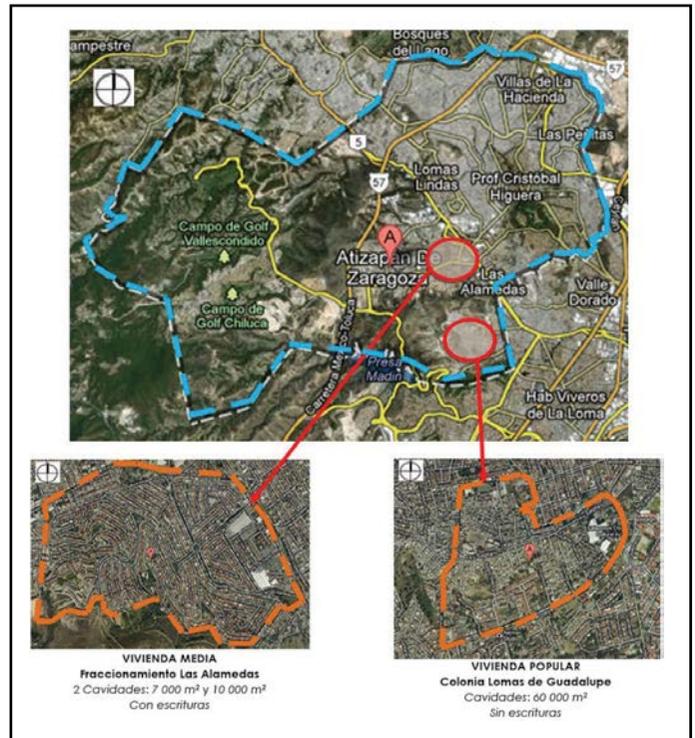


Figura 2. Selección de la muestra. Vivienda media y popular. Elaboración propia basada en Googlemaps 2012.



Figura 3. Fraccionamiento Alamedas, vivienda media. Ubicación de viviendas afectadas inmediatamente en la Cavidad Pizón. Elaboración propia basada en Googlemaps 2012.

Con estos datos se seleccionó el caso de estudio de dos colonias con características muy diferentes, que permiten desarrollar una comparativa en un análisis de vulnerabilidad y percepción de riesgo.

Las colonias planteadas como caso de estudio permitieron efectuar un análisis comparativo a partir de la ubicación de casas sobre zonas de



Figura 4. Fraccionamiento Alamedas. Calle por donde pasa la Cavidad Pizón. Fotografía tomada por Fabiola Sánchez Gómez.

subsistencia minera; ya que son muy diferentes en cuanto a nivel económico, tipología de vivienda, nivel de riesgo, estatus de colonia y estatus de rehabilitación-relleno.

Para efectuar la selección de la muestra se consideraron como tamaño de la población de cada caso de estudio las construcciones ubicadas sobre las cavidades antes identificadas. Para comprobar la hipótesis, fue necesario identificar las fuentes de información que son requeridas, por lo que se identificaron los actores que aportan los datos necesarios:

- Población (vivienda media: fraccionamiento y vivienda popular): el grupo inmediatamente

- afectado, que demanda residencia debido al incremento poblacional que presenta el municipio, así como la percepción de habitar casas sobre cavernas subterráneas artificiales.
- Gobierno Municipal y Protección Civil: este grupo maneja directamente la política urbana del municipio, la cual está directamente involucrada con la edificación de residencias sobre cavernas subterráneas artificiales, así como con la protección y seguridad de quien las habita.
- Inmobiliarias: es el grupo de constructoras que edifican proyectos en el municipio, con lineamientos e interés, en particular en zonas con subsidencia minera.



Figura 5. Colonia Lomas de Guadalupe, vivienda popular. Ubicación de viviendas afectadas inmediatamente en la Cavidad Joaquín de la Peña y Tucán. Elaboración propia basada en Googlemaps 2012.



Figura 6. Colonia Lomas de Guadalupe, vivienda popular. Calle por donde pasa la Joaquín de la Peña y Tucán. Fotografía tomada por Fabiola Sánchez Gómez.

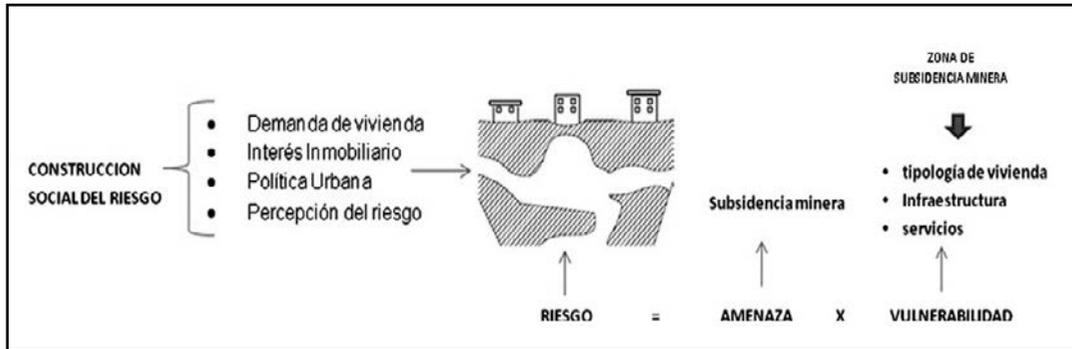


Figura 7. Construcción social del riesgo. Elaboración propia.

— Viviendas sobre cavernas subterráneas artificiales: es el grupo de edificaciones habitacionales que se encuentran ubicadas en zonas de subsidencia minera.

RESULTADOS

Se realizó un análisis del crecimiento demográfico y se relacionó con el aumento de vivienda que se ha generado históricamente en el municipio. Esto permitió explicar el aumento demográfico y crecimiento urbano en zonas con subsidencia minera, a causa de la demanda de vivienda que ha provocado la saturación de suelo para uso habitacional. Este crecimiento se ha dado, aun en zonas no aptas para uso habitacional, como es el caso de zonas con subsidencia minera. La saturación urbana ha llevado a tener actualmente una distribución de la superficie en el municipio, como se muestra en la Figura 8.

Con base en el PDU municipal 2009-2012 y en el Bando Oficial municipal 2009-2012 (H. Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza, 2012), se identificó el nombre de las colonias involucradas, así como la condición del estatus del predio por tipología de vivienda que se presenta en el municipio, además de aquellas colonias que no fueron entregadas y dadas de alta en el municipio como colonia ya edificada y terminada.

Se identificó la intervención de constructoras de casas en el municipio de Atizapán de Zaragoza, así como lineamientos desviados que efectúan para su edificación en zonas de subsidencia minera, por lo que se encontraron los intereses que llevan a construir de forma masiva y en zonas de cavernas subterráneas artificiales. Se realizó la consulta del análisis de mercado inmobiliario con la cobertura que posee Tasaciones Inmobiliarias (TINSA, 2012) que produce cada trimestre información detallada

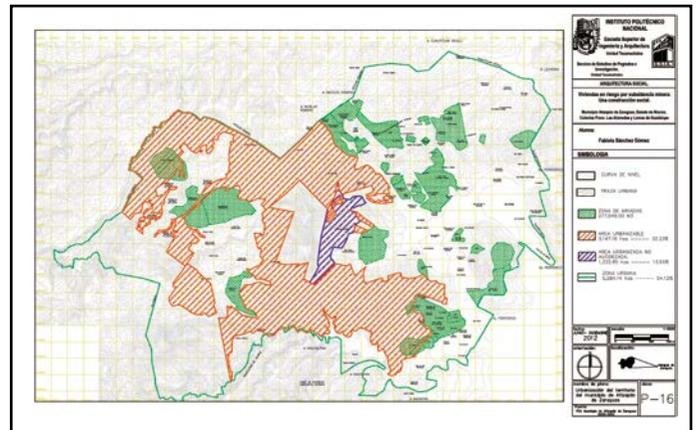


Figura 8. Urbanización del territorio del municipio de Atizapán de Zaragoza. Elaboración propia basada en PDU Municipio Atizapán de Zaragoza 2009-2012 (H. Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza, 2009).

sobre proyectos en venta, en donde señala que el municipio Atizapán de Zaragoza cuenta con un enfoque mercantil inmobiliario de tipo de vivienda media y residencial, a partir del año 2010 hasta 2012, en donde se considera el volumen de unidades vendidas así como el valor de venta por tipo de residencia, por lo que se tiene un aproximado de montos de operación inmobiliaria.

La producción inmobiliaria en el municipio de Atizapán de Zaragoza tuvo su auge en 2003, ya que hubo producción masiva de conjuntos habitacionales que incluso fueron construidos en zonas de subsidencia minera. La producción total de vivienda por inmobiliarias durante el periodo comprendido desde 1973 hasta 2011 fue de 57,870 construcciones, equivalente a 44.75% de la vivienda que presentaba el municipio. El PDU municipal 2009-2012 afirma que Atizapán de Zaragoza tiene un total de 129,300 casas. De las mismas, 69% equivale a 89,217 viviendas populares, 10% corresponde a 12,930 de tipo medio y 21% a 27,153 tipo residencial.

Tabla 1. Producción, inversión e impuestos de inmobiliarias en el municipio Atizapán de Zaragoza 2010-2012

Año	No. de proyectos	No. de viviendas		Venta promedio		Monto de operación	Impuesto por conjuntos habitacionales
		Media	Residencial	Media	Residencial		
2010	13	62	352	\$960,731.50	\$1,965,132.50	\$751,291,993.00	\$1,512,275.52
2011	13	37	207	\$1,000,190.50	\$2,045,844.50	\$460,496,860.00	\$890,579.52
2012	18	71	401	\$1,042,158.00	\$2,131,686.50	\$928,799,504.50	\$1,723,652.16
Total	44	1130				\$2,140,588,357.50	\$4,126,507.20

Elaboración propia basada en Informe de Coyuntura Inmobiliaria, Ciudad de México 2010, 2011 y 2012 y en Código Financiero del Estado de México y municipios 2013.

En relación con los datos que proporciona el PDU municipal 2009-2012 de vivienda media y residencial más los datos obtenidos de los conjuntos urbanos desarrollados en el periodo de 1973 a 2011 con base en el Plan de Desarrollo Urbano del Estado de México, Departamento de Supervisión 2008-2012 (SDUM, 2011); se tiene que existe una variación de 17,787 residencias ante los datos presentados por el PDU municipal 2009-2012 y los datos que muestra Desarrollo Urbano del Estado de México, Departamento de Supervisión 2008-2012, de registro de viviendas media y residencial que se encuentran en el municipio que comprende a conjuntos urbanos. Para cuantificar la actividad del mercado inmobiliario en el municipio de 2010 a 2012 se presenta la Tabla 1, en donde se muestra una producción de 44 proyectos, de los cuales se realizaron 1,130 viviendas entre media y residencial. También se presenta el desglose de los tres años para los que se tienen datos de cada número de proyectos ejecutados, así como el número de casas que corresponde a cada año y tipología, la venta promedio de cada uno, el monto de operación promedio que ejercieron las inmobiliarias en relación con las edificaciones ejecutadas y el impuesto por

conjuntos habitacionales que deben haber pagado por la construcción de estos.

Se analizaron los lineamientos, normas y autorizaciones que el Ayuntamiento utiliza para permitir edificar vivienda en zonas con subsidencia minera, mediante la identificación de la superficie con uso de suelo habitacional que ha sido urbanizado en zona de cavernas, así como uso de suelo manejado para crecimiento urbano.

Se efectuó una recolección de datos que permitió la identificación del uso de suelo habitacional presentado en el municipio de Atizapán de Zaragoza, lo que permitió relacionar el número de casas, superficie y porcentaje que se involucra en cada uso habitacional.

Uso de suelo habitacional + uso de suelo zona urbana = Área urbanizada
 $4,204.12 + 1,080.02 = 5,284.14$ ha
 $43.05\% + 11.04\% = 54.12\%$
 5,284.14 ha de área urbanizada que corresponde al 54.12% de la totalidad del territorio municipal

Tabla 2. Uso de suelo habitacional urbanizado

Área	Uso	División	Porcentaje	% Total
URBANA	Suelo habitacional	Unifamiliar	35.7%	43.05%
		Plurifamiliar	7.35%	
	Suelo zona urbana	CU	0.94%	11.04%
		IP-N	0.50%	
		Equipamiento	2.15%	
		Validad	6.84%	
		Otros usos	0.66%	
Total				54.12%

Elaboración propia basada en PDU de Atizapán de Zaragoza 2009-2012 (H. Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza, 2009).

Lo anterior hizo posible efectuar una comparativa del área urbanizada en Atizapán de Zaragoza en relación con el área de zonas minadas, que permite ver cómo las construcciones se han asentado en suelos de zonas de riesgo. Es por ello que se realizó una entrevista a los responsables del crecimiento urbano del municipio, así como a los encargados de dar protección y seguridad a viviendas que se encuentran sobre cavernas subterráneas artificiales. Esto dio como resultado que Desarrollo Urbano y Protección Civil del municipio Atizapán de Zaragoza carecen de sustento, congruencia y comunicación de información entre los actores municipales involucrados y en relación con el tipo de casa afectada, manejo de usos de suelo, equidad en el apoyo a la población, ubicación de zonas de subsidencia minera, actualización de datos de plano de riesgo, autorización para construir en zonas de subsidencia minera, factores que agudizan el riesgo, garantía en técnicas nuevas como seguridad y protección a la vivienda y población, así como parámetros para valorar el riesgo.

Se localizaron las casas afectadas en zonas de subsidencia minera, lo que permitió efectuar mapas para visualizar las zonas de cavernas y su rehabilitación-relleno, así como las condiciones de ocupación de vivienda que se tienen. Para realizar el análisis comparativo de la vulnerabilidad física de la construcción se hicieron gráficas que permiten visualizar los datos obtenidos, tanto del caso de la colonia Lomas de Guadalupe como del Fraccionamiento Las Alamedas. Se diseñó una cédula 1a y una cédula 1b, en donde se desglosaron los dos casos de estudio con la muestra representativa para localizar las colonias de los casos de estudio que se ven afectadas por zona de subsidencia minera. Se identificó la cavidad que afecta esta zona de subsidencia minera, donde se determinó nombre de cavidad, superficie de cavidad, así como la muestra representativa de las viviendas que se involucran en cada caso de estudio. Al tener identificadas las residencias que representan la muestra al delimitar su situación, ya sea colonia regular o irregular, así como la rehabilitación-relleno en la que se encontraban, se realizó una cédula 2a y una 2b, correspondientes a cada colonia a analizar. Así se efectuó una observación directa en la muestra que se obtuvo de cada caso. Después se localizaron las viviendas en el mapa de las cédulas, se aplicaron las cédulas 3a y 3b de cada muestra representativa del caso de estudio de las colonias analizadas. Estas cédulas permitieron medir el nivel de vulnerabilidad física en que se encuentran las

viviendas ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales en relación con el riesgo ya establecido, así como el contexto que lo integra y sus afectaciones al estar sobre zonas de subsidencia minera. Para ello se efectuó observación de campo y se registraron los parámetros determinados, así como los daños en grietas que permiten establecer el hundimiento presentado por medio de croquis, con observación directa y fotografía de la casa. Se estableció el análisis de la vulnerabilidad física de las viviendas que se encuentran afectadas por subsidencia minera, en un tiempo y espacio real determinado por la muestra. Para poder determinar la vulnerabilidad física de la vivienda, se consideró a Municipio de Atizapán de Zaragoza, Protección Civil (2009); Saeidi et al. (2009); Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza (2009) y Can et al. (2012), que permitieron determinar por medio de una valoración el nivel de vulnerabilidad física que tiene la vivienda que está ubicada sobre cavernas subterráneas artificiales. Por ello, entre mayores sean las características de la residencia y el techo de la caverna sea menor a la superficie donde está ubicada aquella el hundimiento es mayor, con grietas en la vivienda que son determinadas por la subsidencia minera.

Como resultado hay tres niveles de vulnerabilidad en relación con los parámetros establecidos que comprenden la fragilidad física de la vivienda, como se muestra en la Tabla 3.

Para medir la vulnerabilidad que presentan las casas en las colonias de la muestra, la colonia Lomas de Guadalupe y Fraccionamiento Las Alamedas, se retomó la tabla diseñada con anterioridad y se obtuvo de manera general en porcentaje la condición vulnerable que tiene cada colonia.

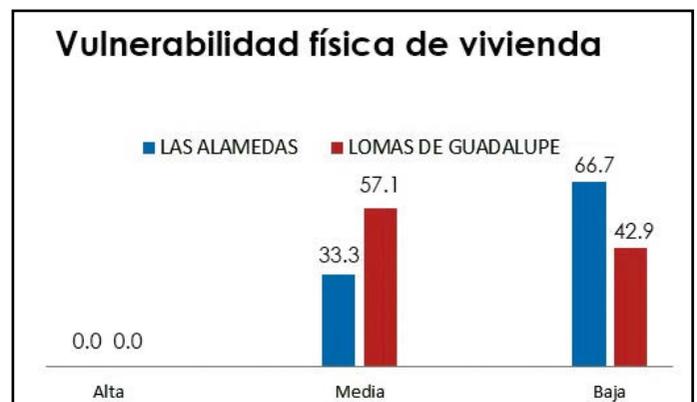


Figura 9. Vulnerabilidad física de la vivienda caso de estudio. Elaboración propia basada en resultados de parámetros para determinar la vulnerabilidad física de vivienda.

Tabla 3. Parámetros para determinar vulnerabilidad física de la vivienda

Parámetros	Vulnerabilidad		
	Baja	Media	Alta
Forma y simetría	Simple y simetría en muros	Simple y asimetría muros/irregular y simetría muros	Irregular y asimetría muros
	1	2	3
No. de plantas arq.	1 planta	2 a 4 plantas	Más de 5 plantas
	1	2	3
Longitud	7 a 10 m	Mayor de 10 m y menor a 12 m	Mayor de 12 m
	1	2	3
Material construido	Mampostería sin refuerzo	Mampostería con refuerzo	Mampostería y concreto armado
	1	2	3
Superficie de ocupación	60 a 120 m ²	Mayor a 120 y menor a 600 m ²	Mayor a 600 m ²
	1	2	3
Superficie de utilidad	180 a 360 m ²	Mayor a 360 y menor a 1,200 m ²	Mayor a 1,200 m ²
	1	2	3
Daños en vivienda	Grietas estrechas/sin grietas	Grietas anchas	Grietas anchas y estrechas
	1	2	3
Escrituración	Con escrituras	En trámite	Sin escrituras
	1	2	3
Total	8-15	16-20	21-24

Elaboración propia basada en H. Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza (2009), Municipio de Atizapán de Zaragoza, Protección Civi (2009), Saeidi et al. (2009) y Can et al. (2012).

Tabla 4. Parámetros para determinar vulnerabilidad física de la vivienda. Caso de estudio

Características de vivienda	Las Alamedas	Lomas de Guadalupe
Forma y simetría	Simple y simetrías	Simple y simetrías
	63.2%	65.7%
No. de plantas arq.	2 a 4 plantas	2 a 4 plantas
	98.2%	74.3%
Longitud	7 a 10 m	7 a 10 m
	89.5%	100%
Material construido	Mampostería y concreto armado	Mampostería con refuerzo
	98.2%	74.3%
Superficie de ocupación	120 a 250 m ²	60 a 120 m ²
	84.2%	100%
Superficie de utilidad	360 a 750 m ²	360 a 750 m ²
	84.2%	62.9%
Daño de vivienda	Grietas anchas (superior e inferior)	Grietas anchas (superior e inferior)
	19.3%	37.2%

Elaboración propia basada en observación de campo y Municipio de Atizapán de Zaragoza, Protección Civil (2009).

Para manejar la percepción social del riesgo se utilizaron dos indicadores principales: miedo y confianza, se formuló una encuesta que permitió medir la percepción de la población que se encuentra habitando inmuebles ubicados sobre cavernas subterráneas artificiales. Se hizo una valoración de los parámetros que determinan la percepción de riesgo que tiene una población y que da como resultado miedo o confianza, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Parámetros de percepción del riesgo

Parámetros de percepción	Valoración	
	Sí	No
Presencia de cavernas	2	1
Miedo a colapso o derrumbe	2	1
Daño a la vivienda	1	2
Intervención de relleno	1	2
Estudio de cavernas	1	2
Capacitación a población	1	2
Preparación ante el desastre	1	2
Organización de colonia al desastre	1	2
Reubicación necesaria	2	1
Considerar cambiar de domicilio	2	1
Confianza	10-15	
Miedo	16-20	

Elaboración propia basada en Jacobson (2006) y Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2010).

Con los datos de las encuestas y al retomar la valoración de los parámetros para la percepción del riesgo de los habitantes de las obras ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales, en ambos casos de estudio se presenta miedo. En las dos colonias se considera que se desarrollan en un espacio y contexto determinado, en donde la percepción del riesgo no se define por condición regular o irregular de la colonia, ni mucho menos por edad, escolaridad, ingresos y ocupación.

DISCUSIÓN

Los inmuebles ubicados sobre cavernas subterráneas artificiales son consecuencia de una demanda habitacional, ya que los resultados permitieron identificar en cada tipología de vivienda en el municipio, que las residencias populares afectadas en 33.3% se encuentran en condición irregular y 66.7% en condición regular. En lo que respecta a las viviendas tipo medio afectadas por subsidencia minera se presenta 100% en condición regular, pero 50% de las casas no fueron entregadas al municipio. Por lo que corresponde a las viviendas residenciales afectadas, 100% presenta regularidad. De lo anterior se puede concluir que parte de las viviendas ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales fueron asentadas por dos factores principales: demanda habitacional y venta de predios de zonas minadas.

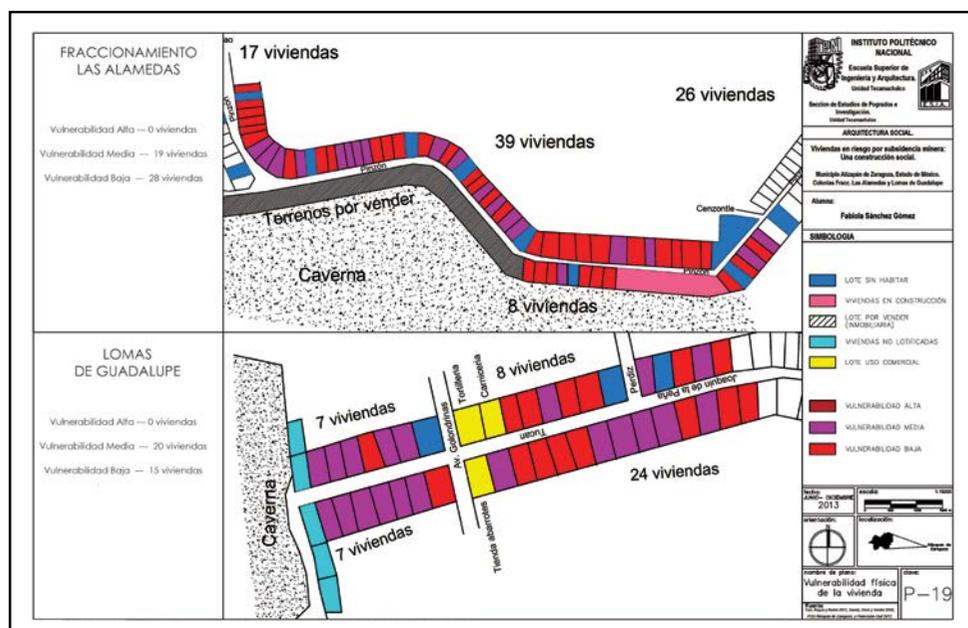


Figura 10. Vulnerabilidad física de la vivienda caso de estudio. Elaboración propia basada en resultados de parámetros para determinar la vulnerabilidad física de la vivienda.

El primer factor se presenta a causa del incremento poblacional que se dio en el periodo comprendido desde 1960 hasta 1980 en el municipio, dejando a un lado aquella población que no tuvo la posibilidad de acceder a la casa por medio de instituciones, lo que originó la ubicación de obras en zonas de subsidencia minera, se crearon las colonias irregulares y, por tanto, la vivienda popular. El segundo factor se desarrolló después de 1982, cuando se concluyó con los permisos y explotaciones de los yacimientos mineros ubicados en el municipio de Atizapán de Zaragoza. Ello permitió después de esta fecha que los dueños de predios de zonas minadas vendieran a fraccionadores por el riesgo de que estos terrenos fueran expropiados, lo que dio como resultado la creación de las colonias regulares y, por tanto, la vivienda media, enfocada a conjuntos y fraccionamientos habitacionales. Lo anterior permitió el inicio de la producción inmobiliaria en el municipio, en donde en el año 2012 se realizaron 18 proyectos en el municipio, de los cuales 71 son de tipo medio y 401 de tipo residencial. Ahí se tiene una venta promedio en vivienda media de \$1,042,158.00, y en vivienda residencial de \$2,131,686.50, destaca que por los tres años presentados existe un incremento de valor de venta por cada tipología de 3% cada año.

Se obtiene, por tanto, un monto de operación en el 2012, con los datos anteriores de \$928,799,504.50, de donde se debe implementar un impuesto por conjuntos habitacionales, pagado por toda persona física y jurídicas colectivas que desarrollen conjuntos urbanos, con base en el tipo de casa. Para la de tipo medio corresponden 36 salarios mínimos por vivienda y para tipo residencial 60. Todo lo anterior estipulado por el Código Financiero del Estado de México y Municipios en su última actualización el 15 de marzo de 2013. Por ello, en el año 2012 la producción inmobiliaria tuvo que dejar un ingreso anual en el municipio por el impuesto de conjuntos urbanos de un total de \$1,723,652.16, desglosado en vivienda media de \$165,526.56 y en residencial de \$1,558,125.60. Dicho ingreso debe ser registrado en el Presupuesto Municipal Definitivo de Ingresos y Egresos de Atizapán de Zaragoza 2012 (OSFEM, 2012), pero no fue así, ya que el municipio estipula que tiene un ingreso nulo del impuesto sobre conjuntos urbanos. Con lo anterior queda claro que el mercado inmobiliario en el municipio está enfocado en el tipo medio y residencial, y dicha producción habitacional tiene una variación de datos entre el PDU municipal y el DU estatal.

La inversión inmobiliaria que se ejerce en el municipio tiene un ingreso considerado en relación con el registro de casas construidas anualmente y con el impuesto de conjuntos urbanos que se deben realizar por edificarlo. Esta situación se refleja en los ingresos anuales del municipio, como se ve en el dúo de intereses inmobiliaria-municipio, por la edificación de casas en territorio municipal aun asentándose en zonas que se encuentran con subsidencia minera, ya que el municipio Atizapán de Zaragoza es el que autoriza la construcción de las viviendas en suelo con subsidencia minera; esto deja claro que busca incrementar el mercado inmobiliario enfocado en vivienda media y residencial. Por esto se deduce que la falta de regularidad en el suelo que se tiene en el territorio municipal ha provocado la ubicación de asentamientos irregulares, así como también conjuntos urbanos en zonas de subsidencia minera, por la falta de supervisión y control evidente del desarrollo urbano municipal. Ello se refleja en los casos de estudio en donde la colonia irregular carece de escrituración y de estudios y rellenos a falta de regularidad de lotes. La desocupación es mínima con respecto a la totalidad, aun con la presencia del riesgo de subsidencia minera, que principalmente se da por la falta de recursos económicos.

Por otro lado, la colonia regular, en su mayoría con escrituración, cuenta con estudios parciales, así como de relleno debido a la regularidad de los lotes. En comparación con la colonia irregular el porcentaje es elevado en vivienda desocupada, que se da no solo por la presencia del riesgo de subsidencia minera, también por la inseguridad en la colonia y la disponibilidad económica.

Se refleja la vulnerabilidad física de la casa en donde la colonia irregular cuenta con una mayoría de vulnerabilidad media de 57.10%, mientras que en la colonia de fraccionamiento es una baja de 66.7%; lo que hace notar que la colonia popular es la que cuenta con menor capacidad física a resistir el evento de algún colapso o derrumbe. Aunado a ello, que ambas colonias presenten la percepción del riesgo de miedo, ya tienen el conocimiento de la existencia y presencia de la amenaza y el riesgo. Con lo anterior se deja ver que la percepción del riesgo está determinada por la cultura de cada población en específico, mediante sus valores, costumbres, creencias y prácticas, que determinan la forma de percibir el riesgo en una población en tiempo y espacio real.

CONCLUSIONES

La construcción social del riesgo de viviendas ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales se desarrolla por cinco factores principales:

- Incumplimiento y falta de regularización de leyes, normas y reglamentos de zonas de túneles mineros subterráneos.
- Interés y negocio inmobiliario, que radica en la construcción de residencias en zonas de subsidencia minera.
- Autorización de permisos de construcción por parte del municipio en túneles mineros subterráneos.
- Ineficiencia de planeación en el ordenamiento territorial ante el acelerado e incontrolado crecimiento urbano.
- La población afectada cuenta con conocimiento de las condiciones del suelo, perciben el miedo ante algún colapso o derrumbe de casa. Presentan incertidumbre ante lo que pueda suceder con el suelo y vivienda, al decidir construir y seguir habitando la zona de subsidencia minera, así como fraude al comprar terrenos en zonas de riesgo y venderlos como fraccionamientos.

Por todo lo anterior, ¿Qué se debe hacer para brindar protección y seguridad a viviendas ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales?

Es importante determinar qué se puede hacer para evitar no solo la ubicación de casas sobre cavernas subterráneas artificiales, sino también para prevenir algún desastre a las viviendas ya asentadas en zonas de subsidencia minera, aplicando políticas públicas que eviten asentamientos en zonas de subsidencia minera para evitar que se desencadenen tragedias que cobren vidas y daños materiales.

Para poder efectuar esta *deconstrucción social del riesgo* en construcciones ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales se pueden determinar aspectos que impulsen además de proporcionar protección y seguridad a los ya afectados, evitar que el fenómeno se extienda. Algunos de estos aspectos son los siguientes:

- Implementar y regularizar normas, leyes y reglamentos específicos en materia de zonas de subsidencia minera. Es decir, hacer un desglose específico en acciones de prevención, protección y seguridad en casos de construcción de vivienda,

así como de la ya edificada y la población que la habita. Realizar mapas de riesgo por subsidencia minera en los que se describa concretamente el objeto-contexto, con base en una evaluación de la vulnerabilidad y la amenaza, se determinen tipo, niveles y características de las mismas. Se requeriría de una participación multidisciplinaria, por ser un fenómeno que lo amerita.

- Producción inmobiliaria que proporcione seguridad en edificaciones. Por medio de un respaldo jurídico emitir un certificado de seguridad en las viviendas edificadas, con estudios de mecánica de suelos y sistemas constructivos acorde a las características del subsuelo, así como brindar seguros de riesgo por subsidencia minera.
- Autorizaciones sujetas por parte de municipio a políticas urbanas actualizadas en materia de subsidencia minera, así como certificados de seguridad vigentes y restricción de más construcciones. Al emitir autorizaciones de construcción en zonas de subsidencia minera, se emitiría un certificado de seguridad de “no riesgo” que acreditara que el terreno está apto para edificar y no después de construido. Se deberán delimitar las zonas de subsidencia minera y destinarlas a áreas de reserva ecológica para evitar más edificación en estas.
- Impulsar y exigir una política de vivienda que permita el acceso a población no asalariada. Establecer programas que permitan brindar casas regulares a población no asalariada, así como también ubicarlas fuera de polígonos de subsidencia minera y con ello proporcionar seguridad y protección en la vivienda y la población.
- Difundir el conocimiento del riesgo por medio de una comunicación a la población afectada por subsidencia minera, enfocada en acciones de seguridad y protección. Efectuar talleres, brigadas y artículos de divulgación para la población afectada, que le permita tener el conocimiento del riesgo por subsidencia minera; así como reforzar organizaciones sociales que están en lucha por brindar casa segura y enriquecer la información del fenómeno en los portales de la red. Establecer los lazos de comunicación entre las organizaciones sociales y la población afectada para intercambiar opiniones que impulsen su seguridad y protección.
- Trabajar en una corresponsabilidad del riesgo con autoridades e instituciones que permita hacer una transferencia del riesgo por medio de acciones de seguridad y protección por cada

actor involucrado. Proporcionar seguros de riesgo por subsidencia minera por parte de inmobiliarias, brindar certificados de seguridad de no riesgo por subsidencia minera antes de edificar por parte de autoridades y después de la entrega de la casa por parte de inmobiliarias. Participación ciudadana para tener acciones de seguridad y protección a población y vivienda en caso de desastre. Efectuar talleres, brigadas y artículos de divulgación para brindar política de prevención de riesgo a la población, en trabajo conjunto con autoridades e instituciones especializadas en el fenómeno. En cuanto a las autoridades, deberán ubicar y delimitar polígonos de zonas de subsidencia minera para convertirlos en zonas de reserva ecológica y así evitar construcciones futuras.

Con todo lo anterior se busca impulsar acciones y estrategias que permitan no solo evitar ubicación de residencias en zonas de subsidencia minera, sino también la participación de instituciones, gobiernos y población afectada en la deconstrucción social de riesgo de viviendas en zonas de subsidencia minera; así como abrir puertas a futuras investigaciones tanto en lo social, geológico y arquitectónico urbano, ya que el fenómeno de viviendas ubicadas sobre cavernas subterráneas artificiales tiene un amplio abanico de interrogantes que deben ser analizadas para dar respuestas que permitan entender el fenómeno y brindar seguridad a la población.

LITERATURA CITADA

- BARRERA, J. M. Nueva grieta es fuente de alarma en Atizapán. *El Universal*, 17 de septiembre de 2010.
 - BRINGAS LÓPEZ, E. *Atizapán de Zaragoza. Estudio Monográfico. H. Ayuntamiento Constitucional de Atizapán de Zaragoza. 1994-1996* (88-100). 1994.
 - CAN., E. et al. Effects of mining subsidence on masonry buildings in Zonguldak hard coal region in Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 66(8): 2503-2518, 2012.
 - CHÁVEZ GONZÁLEZ, S. Atizapán: declaran alto riesgo en zona minada. *La Jornada* (sección Estados), 13 de agosto de 2008.
 - GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO. *Código Financiero del Estado de México y Municipios*. Título Cuarto. De los ingresos de los municipios. Sección Tercera. Del impuesto sobre conjuntos urbanos (p. 262). 2013.
 - H. AYUNTAMIENTO DE ATIZAPÁN DE ZARAGOZA. Bando Municipal. Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza, 2009-2012. *Gaceta municipal*, 151, 2012.
 - H. AYUNTAMIENTO DE ATIZAPÁN DE ZARAGOZA. *Plan de Desarrollo Municipal de Atizapán de Zaragoza, 2006-2009*. s/f
 - H. AYUNTAMIENTO DE ATIZAPÁN DE ZARAGOZA. *Plan de Desarrollo Municipal de Atizapán de Zaragoza, 2009-2012*. Versión Ejecutiva. 2009.
 - JACOBSON, A. Percepción del riesgo y gerencia de riesgos. *Ferma Education*, 93, 43-49, 2006.
 - OSFEM (ÓRGANO SUPERIOR DE FISCALIZACIÓN DEL ESTADO DE MÉXICO). *Atizapán de Zaragoza, Estado Analítico de Ingresos Presupuestales Integrado* (p. 33). 2012.
 - RODRÍGUEZ VÁZQUEZ, R. *Tizapán. Raíces de mi pueblo*. Atizapán de Zaragoza, Estado de México, México, 1997.
 - SAEIDI, A. et al. Development of Building vulnerability functions in subsidence regions from empirical methods. *Engineering Structures*, 31(10): 2275-2286, 2009.
 - TINSA (TASACIONES INMOBILIARIAS). Ventas y stock de viviendas nuevas. Mercado habitacional de la zona metropolitana de la ciudad de México. *INCOIN Informe de Coyuntura Inmobiliaria*, 3^{er} trimestre 2012.
- De páginas electrónicas**
- MUNICIPIO DE ATIZAPÁN DE ZARAGOZA, ESTADO DE MÉXICO. DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y BOMBEROS. Riesgos Geológicos. *Protección Civil*. 2009. Recuperado el 22 de abril de 2011, de <http://www.facebook.com/PCEYBATizapan/?fref=ts>
 - OPS (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD). Módulo 2: Percepción de riesgos. *Curso de autoaprendizaje en comunicación de riesgos*. 2010. Recuperado el 29 de marzo de 2012, de <http://www.bvsde.paho.org/cursocr/e/modulo2.php>
 - SDUM (SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y METROPOLITANO). Sitios de interés en Autorizaciones de Conjuntos Urbanos 2010-2012. Recuperado el 29 de marzo de 2012, de <http://sedur.edomex.gob.mx.autorizaciones>

La libertad de enseñanza: un principio educativo innovador de la Constitución mexicana de 1857

Liberty in education: an innovative principle of 1857 Mexican Constitution

José Bonifacio Barba Casillas^{1*}

Barba Casillas, J. B. La libertad de enseñanza: un principio educativo innovador de la Constitución mexicana de 1857. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 60-69, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

La definición del liberalismo mexicano en los años que siguieron a la independencia tuvo una fase trascendente en la revolución de la Reforma, que creó la Constitución de 1857. Este trabajo tiene el propósito de identificar los valores del proyecto educativo de esta Constitución, analizándolos en el contexto del avance de las libertades fundamentales, la educación entre ellas. Se estudian los antecedentes y características de la Constitución de 1857 para identificar sus aspectos innovadores. Los resultados muestran los rasgos de la Constitución y su sentido valoral para la educación, tanto por los principios constitucionales en conjunto como por la libertad de enseñanza en específico. Se concluye que la Constitución establece valores innovadores para la formación de la nación mexicana al reconocer un amplio conjunto de derechos del hombre y por establecer la libertad de enseñanza, una base legal y filosófica para una educación orientada a la formación moral de los ciudadanos.

Palabras clave: constitucionalismo mexicano, Constitución de 1857, libertad de enseñanza, principios educativos, valores jurídicos de la educación, Derechos Humanos.

Keywords: mexican constitutionalism, Constitution of 1857, liberty in education, educational principles, legal values of education, Human Rights.

Recibido: 5 de diciembre de 2014, aceptado: 14 de agosto de 2015

¹ Departamento de Educación, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

* Autor para correspondencia: jbarba@correo.uaa.mx

ABSTRACT

The progress in the comprehension of the Mexican liberalism in the post independence years had an important phase in the Reforma revolution that produced the Constitution of 1857. This paper aims to identify the values of the educational project in this Constitution through their analysis within the context of the advance of the fundamental freedoms, the education among them. Attention is given to precedents and characteristics of the Constitution in order to identify its innovative aspects. Results show the constitutional features and their significance for education due to the constitutional principles as a whole and, specifically, by the liberty of education. It is concluded that the Constitution establishes a set of innovative principles for the construction of the Mexican nation by acknowledging a large group of human rights and setting-up a legal and philosophical base for an education focused on the moral education of the citizens by establishing the liberty of teaching.

INTRODUCCIÓN

La sociedad mexicana tiene una importante historia constitucional con dos rasgos en relación paradójica: primero, un progreso jurídico en su vida independiente con apertura al constitucionalismo occidental, de acuerdo a las circunstancias del país y a los proyectos de sociedad que se planteaban; segundo, una dificultad práctica, tanto gubernamental como social, para vivir conforme al orden constitucional. A ese entorno pertenece la cuestión de la formación ciudadana como un fin político y social por alcanzar, a la vez que como medio de transformación social.

Las constituciones políticas en el derecho moderno contienen un proyecto de sociedad que se juridifica al determinar un conjunto de principios y valores cuya fuente y criterio organizador reside en el reconocimiento y protección de los derechos humanos, por cuya exigencia vital, filosófica y política la nación ejerce su soberanía, define una nueva forma de gobierno y las facultades y obligaciones de los gobernantes y los ciudadanos (Soberanes Fernández, 2012). En esta filosofía política del Estado democrático de derechos se precisan nuevas relaciones entre el individuo y la sociedad, originando un proyecto específico de formación ciudadana que por su fundamento en la dignidad de los individuos, en el respeto debido a sus derechos y la consecuente exigencia de una convivencia democrática en la comunidad política, representa y demanda una pedagogía orientada al desarrollo moral de los nuevos sujetos jurídicos, los ciudadanos.

México se formó como nación independiente bajo la influencia de esta filosofía política y los progresos en su constitucionalismo tienen al menos cinco fuentes: una, el desarrollo occidental de la doctrina constitucional (Galeana, 2010); dos, el desarrollo de dos tradiciones de los Derechos Humanos, a saber, la de la Ilustración, caracterizada sobre todo por el principio del contrato social y la tradición iberoamericana que se remonta al siglo XVI y afirma la dignidad y derechos originales de las personas y de los pueblos negados por la conquista (De la Torre, 2014); tres, la demanda de justicia de varios sectores de la sociedad, que fue precisando y ampliando el reconocimiento de los derechos y su alcance; cuatro, la demanda del debido cumplimiento del régimen constitucional en paulatina construcción, a fin de transformar las relaciones sociales y el ejercicio del poder público y privado y, cinco, su experiencia real de gobierno constitucional y las dificultades inherentes de lograr el ejercicio de la soberanía en la vida interior de la nación y ante los intereses del exterior.

En ese escenario de elaboración y vida constitucional, desde la Constitución de Apatzingán hasta la reforma constitucional de Derechos Humanos de 2011, la formación del ciudadano ha sido una cuestión jurídica y de gobierno con un lugar central, junto con la necesidad consustancial de impulsar la transformación de las relaciones sociales según el mandato de realizar todos los derechos reconocidos en cada fase histórica y normativa. Tanto por los principios jurídicos como por las necesidades de la

sociedad y las vicisitudes prácticas de los gobiernos, adquirió importancia gradual el deber de garantizar el derecho a la educación por su asociación con los valores de la democracia, con la autonomía moral del individuo como base para su participación con libertad y responsabilidad en la vida social y, finalmente, con el ideal jurídico-político de justicia propio del Estado moderno de derechos (Carbonell et al., 2004).

En la vida del régimen político mexicano se encuentra la paulatina construcción del derecho a la educación por ser un elemento fundamental de las transiciones sociales, políticas, económicas y jurídicas del país. Si bien el mencionado derecho se ha fortalecido con las reformas constitucionales de 1993, 2011 y 2013, su realización es aún objeto de demandas sociales, junto con otros aspectos esenciales del Estado de derecho como la seguridad de los individuos y la eficacia de la representación política.

La necesidad de garantizar el derecho a la educación en el presente (INEE, 2010, 2014) tiene sus antecedentes en las condiciones del desarrollo de México en los siglos XIX y XX. Aunque la preocupación por la educación universal se manifestó desde finales de la vida colonial -fue objeto de atención en la Constitución de Cádiz-, así como en la revolución de Independencia y aún en el Imperio Mexicano (Tena Ramírez, 2008), el proyecto educativo republicano fue establecido de forma inicial en la Constitución de 1824, sin que el derecho a la educación fuera mencionado de manera explícita en la enumeración de derechos, por ser esta Ley fundamental un pacto mínimo producto del triunfo del primer federalismo mexicano (Gantús et al., 2008; Barba, 2014).

A mediados del siglo XIX, a 34 años de la Declaración de Independencia; a pocos años de terminada la injusta guerra con los Estados Unidos de América y de la restauración del sistema federal en 1847, la vida institucional de México enfrentaba una nueva amenaza con la dictadura de Santa Anna. Sin embargo, de tal coyuntura brotó un impulso reformador decisivo para la formación de México y para el desarrollo de la educación con la «reforma triunfante» en el periodo de 1855 a 1860 (Galeana, 1986; Vázquez, 2002). Estos años forman parte del «tiempo eje de México» que va de la Revolución de Ayutla al final del imperio de Maximiliano y que se define jurídicamente por la Constitución de 1857 y las Leyes de Reforma, recibiendo incluso un cierto

impulso de continuidad en algunos aspectos por la orientación liberal del gobierno de Maximiliano (Martínez Albesa, 2007; Galeana, 2011), quien impulsó la educación con la ley del ramo promulgada en 1865.

Si los constituyentes de 1824 habían advertido de los esfuerzos que exigiría el sistema federal y de la necesidad de la instrucción y las *virtudes cívicas y privadas* para asegurar la independencia de México (Cumplido, 2008-2009: 130), los años que siguieron confirmaron su previsión. Los problemas políticos del país impidieron la necesaria continuidad en la construcción de un servicio de educación que diera sustento a los planes de progreso económico y promoviera las virtudes ciudadanas. La dictadura de Santa Anna entre los años 1853 y 1855 excitó los ánimos republicanos y federalistas y el Plan de Ayutla planteó la convocatoria a un congreso constituyente invocando los mismos derechos de los independentistas en 1810, pues en torno a él se integraron antiguos insurgentes y liberales de la generación de la Reforma.

Las dificultades sociales, políticas y gubernamentales para establecer un orden constitucional con vigencia permanente en las primeras décadas de vida independiente hacen pertinente indagar acerca de las condiciones en que ocurrió la génesis y la evolución del constitucionalismo mexicano, sus alcances prácticos y sus valores educativos; pero en particular se plantea aquí la pregunta sobre la aportación que hizo la Constitución de 1857 a la cuestión educativa. En consecuencia, este trabajo se ocupa de esa fase del constitucionalismo en la que se creó la constitución de la Reforma, con el objetivo de señalar la aportación que hizo al derecho a la educación e identificar los principios básicos que como valores jurídicos dieron sustento al derecho educativo. Con el objetivo de establecer una base de comprensión de la norma constitucional y de su aportación al progreso del derecho educativo, se describen algunas de las condiciones sociales y políticas que impulsaron la elaboración de la mencionada Constitución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron varias obras de la historiografía mexicana para comprender los antecedentes del constituyente de 1856-1857 e identificar los problemas centrales de México en las primeras décadas de vida independiente y experiencia constitucional, así como los motivos que condujeron

a otro periodo revolucionario de acuerdo con el Plan de Ayutla. En segundo término, se analizó el contenido de documentos jurídicos como el Estatuto Orgánico Provisional de la República Mexicana de 1856 y el de la Constitución de 1857 para describir sus principales características innovadoras, los principios constitucionales y el significado de sus principios y valores educativos en la nueva juridicidad del país.

RESULTADOS

En los cinco apartados siguientes se expone una comprensión de la fase del constitucionalismo mexicano de la Reforma y su aportación singular con el establecimiento de un avanzado principio educativo, la libertad de enseñanza, apoyado en nuevos principios constitucionales. La base del proyecto educacional se transformó por el marco constitucional de las libertades o derechos del hombre.

Los problemas de México

Puede afirmarse que el México independiente tuvo un solo problema de carácter general, la inestabilidad, pero esta tenía varias dimensiones interrelacionadas en la vida del país: la social -desigualdad y pobreza-, la económica, la política-gubernamental, la religiosa y la jurídica. El anhelo de paz con el que culminó la revolución de Independencia no pudo consolidarse bajo ninguna de las normas que con carácter de ley fundamental tuvieron vigencia entre 1821 y 1855, lo que permitió que en ese lapso se ensayaran todas las formas de gobierno, con la característica sobresaliente de la continuidad legislativa en casi 29 años del periodo (Sordo, 1994), lo cual fue un factor favorable para la educación.

En el periodo considerado, el problema de la dimensión jurídica no consistía en la ausencia de leyes, sino en el hecho de que las disputas ideológicas y los intereses particulares motivaban a algunos sectores y grupos sociales a no respetarlas, lo cual originó un largo periodo de abusos de las autoridades, violación de derechos ciudadanos y debilidad institucional. Tanto las disputas internas como la experiencia de división y de debilidad que se vivió al enfrentar la guerra con los Estados Unidos y los años siguientes, produjeron que el Plan de Ayutla expresara en su considerando número 7 la convicción de "Que la nación no puede continuar por más tiempo sin constituirse de un modo estable y duradero..." (Villarreal y Comonfort, 1854). Ninguna forma de gobierno, desde la Regencia y el Imperio de Iturbide hasta la República central

y la restauración de la estructura federal en 1847, produjeron el entendimiento y la paz y las condiciones necesarias para el progreso material y moral. Además de las disputas internas, la nación hubo de enfrentar permanentes y diversas amenazas del exterior (Vázquez, 2010).

Los planes de educación

El conjunto de circunstancias y conflictos de la vida de México entre 1821 y 1857 impidió el establecimiento de planes e instituciones educativas con viabilidad y vigencia permanente. El proyecto más importante del periodo, la reforma de 1833-1834, no pudo sostenerse social y políticamente. Lo que sí persistió fue la convicción liberal de que la educación requería atención pública, pero los grupos conservadores rechazaban cualquier cambio que afectara sus intereses aún cuando valoraban también la importancia de la educación en su visión del país.

La Constitución de Apatzingán señaló con claridad la necesidad de la educación para todos los ciudadanos y cada Ley fundamental del país, incluida el Acta de Reformas de 1847 y el Estatuto Orgánico Provisional de la República Mexicana de 1856, se ocupó de la cuestión educativa como asunto del Estado y como bien público, sin que alguna de ellas hiciese un reconocimiento patente o incontestable del derecho a la educación dentro del breve catálogo de derechos que cada Ley establecía.

Un signo muy expresivo de la importancia reconocida a la educación es el hecho de que no obstante la inestabilidad política y las carencias económicas, diversos planes y reglamentos entre 1825 y 1855 (1825, 1833-1834, 1835, 1842, 1854, 1855) impulsaron la institucionalización de la educación, entre los que destacan la efímera Dirección General de Instrucción Pública de 1833 y la Dirección General de Instrucción Primaria de 1842, institución que fue la base de la continuidad del esfuerzo educativo hasta la República Restaurada. La primera Constitución federal delimitó las atribuciones gubernamentales de manera general, pero lo más significativo de esa fase de juridificación fue que con ello le dio un valor público a la educación al establecer la responsabilidad del Estado (Barba, 2014). De ahí en adelante, ese principio fue reiterado en todas las leyes fundamentales y fue la base para diversos esfuerzos legislativos y de políticas públicas para ordenar, impulsar y mejorar la educación haciendo siempre referencia a la formación cívica o moral.

El Plan de Ayutla y la revolución de la Reforma

El momento culmen del proceso de nacimiento de México debido a la Revolución de Ayutla y la Constitución de 1857 (Vázquez, 2002) tuvo entre sus componentes distintivos el ser un impulso para la transformación de las formulaciones que antecedieron para el proyecto educacional de México debido al hecho de establecerlo de forma distintiva entre las libertades políticas reconocidas en la nueva Ley fundamental.

El Plan de Ayutla señaló varios problemas del país –amenaza a las libertades públicas, peligro del absolutismo, mal gasto y corrupción en los bienes públicos y el amago a la independencia nacional– y programó la convocatoria a un congreso constituyente previendo que el gobierno interino atendiera al ejército para que fuera “apoyo del orden y de las garantías sociales”, algo de suma urgencia para el país (Villarreal y Comonfort, 1854). Esta preocupación por la estabilidad institucional y las garantías individuales condujo a que entre el Plan de Ayutla y la Constitución de 1857 el gobierno se rigiera por el Estatuto Orgánico Provisional de la República Mexicana, proclamado por Ignacio Comonfort para ofrecer seguridad jurídica, si bien no fue aprobado por el Congreso. El Estatuto era de orientación liberal moderada y tuvo entre sus propósitos esenciales proteger los derechos y regular la acción del gobierno mientras se aprobaba la nueva Constitución (Labastida, 1967; Valadés, 2013), siendo así una muestra de autolimitación de la revolución y del Estado de derecho que impulsaba.

Es relevante también esta norma porque aun siendo provisional se ocupó de la educación: en el Artículo 38 prohibió los monopolios en la enseñanza y en el ejercicio de las profesiones; en el Artículo 39 determinó que la enseñanza privada fuese libre y que el poder público no tendría «mas intervencion (sic) que la de cuidar de que no se ataque la moral». Decretó también normas para impulsar la educación, como la atribución de los gobernadores de «crear fondos para establecimientos de instrucción» (Artículo 117, VI) y la de «Fomentar la enseñanza pública en todos sus ramos» (X) (Comonfort, 1856). Con estos elementos, el Estatuto adquirió dos rasgos importantes: primero, da continuidad a la preocupación gubernamental y legislativa precedente de fomentar la educación afirmando así la responsabilidad del Estado; segundo, anuncia un cambio constitucional al que se orientaban los liberales de pensamiento más avanzado para establecer la libertad de enseñanza.

Características de la Constitución de 1857

Dada la experiencia social y política de las décadas precedentes, en particular de la dictadura de Santa Anna entre 1853 y 1855, la nueva Ley fundamental pretendía darle estabilidad legal e institucional al país, unificar la nación enraizándose política y culturalmente en el anhelo de independencia de 1810-1821. Otro motivo surgió del hecho de que los monarquistas estaban activos manteniendo su interés de traer a México un príncipe europeo como gobernante.

Si bien el propósito del grupo liberal fue terminar con la dictadura de Santa Anna y crear una nueva constitución que unificara al país, el rechazo de los conservadores expresó la permanencia del conflicto entre dos proyectos de nación que generaron inestabilidad por décadas. La oposición conservadora existía desde antes del congreso constituyente, motivo por el cual los liberales enfatizaron la búsqueda de la unidad (Rabasa, 1997; Martínez Albesa, 2007). Esta fue una de las tres garantías del Plan de Iguala y se mantuvo como valor político hasta expresarse en los propósitos constitucionales básicos del Plan de Ayutla, pero no pudo evitarse la reacción militar de los conservadores. La Guerra de Reforma fue el desenlace del "choque de dos mentalidades opuestas", pero el conflicto ideológico pervivió e hizo necesario que los liberales incluyeran las Leyes de Reforma en la Constitución en 1873 (Martínez Albesa, 2007: 1287).

La Reforma y el trabajo de formular la nueva constitución fueron una experiencia que integró a la primera generación de liberales, los vinculados a la Insurgencia y la primera república federal, con la segunda generación, cuyo líder devino Benito Juárez. Esta conjunción de generaciones fue esencial para el avance jurídico-político de la Reforma, en la que tuvo un papel importante Valentín Gómez Farías, liberal radical constituyente en 1824 y en 1857, de acción controvertida.

La Constitución de 1857, producto de una revolución que se dio a sí misma un marco legal de acción en el Estatuto mencionado arriba, tiene entre sus características sobresalientes las siguientes:

- Representa la construcción constitucional más elaborada del México independiente, producto del trabajo de los hombres más ilustrados e inteligentes de esa etapa de la sociedad mexicana.
- En estrecha relación con el propósito de conciliación, se afirmó el ejercicio de la soberanía del pueblo, pues el Congreso decretó la nueva Norma fundamental "En el nombre de Dios y con la autoridad del Pueblo Mexicano", apoyándose en la legitimidad de la Independencia (Congreso Constituyente, 1857). No obstante ser una norma conciliadora gracias al esfuerzo y congruencia de los liberales moderados (Martínez Albesa, 2007: 1238), las Leyes de Reforma le dieron mayor alcance transformador ante la resistencia de los conservadores.
- Establece una nueva institucionalidad reconociendo el más amplio catálogo de Derechos del Hombre hecho hasta entonces por un Constituyente mexicano, gracias al impulso liberal. Estos derechos son los principios que dan su nuevo valor ético a la Ley y que originan la exigencia de promover la formación moral correspondiente en los ciudadanos, tanto por la acción cotidiana del Estado como garante de los derechos en el ejercicio del gobierno, como por la vida social democrática y la institución escolar, que habrá de promover el conocimiento, aprecio y vivencia de los principios de la Ley fundamental.
- Como consecuencia del rasgo precedente, la Constitución fortalece al Estado y su autoridad social (Martínez Albesa, 2007; Bautista, 2011) al establecer que "El pueblo mexicano reconoce, que los derechos del hombre son la base y el objeto de las instituciones sociales" (Artículo 1), fijando así el principio de validez para toda ley y toda autoridad. Junto con el fortalecimiento del Estado, el constituyente previó la protección del ciudadano y el control de la acción gubernamental al establecer el juicio de amparo y el juicio político.
- En consonancia con el reconocimiento de los derechos, se decretó que "La soberanía nacional reside esencial y originariamente en el pueblo. Todo poder público dimana del pueblo y se instituye para su beneficio" (Artículo 39) y con base en ese principio ratifica la forma de gobierno: "Es voluntad del pueblo mexicano constituirse en una república representativa, democrática, federal..." (Artículo 40).
- Resolvió, aunque no en definitiva, cuestiones planteadas desde la consumación de la Independencia como la limitación al militarismo y a la influencia política de la Iglesia —el *clericalismo*— (Hernández, 1967: 163).

- Eliminó la religión de Estado -es la primera Ley fundamental no confesional del Estado Mexicano- y otorgó a la autoridad federal atribuciones legales en materia de culto religioso (Artículo 123).

En suma, si bien esta Norma puso las bases de una democracia liberal centrada en derechos individuales y su aplicación tuvo diversas dificultades (De la Cueva, 1994), por ella, la experiencia conjunta de liberales radicales y moderados ayudó a “romper las trabas coloniales” del país (Labastida, 1967: 247) y “sentó las bases institucionales del actual andamiaje constitucional” (Aguirre et al., 2009: IX).

Los valores educativos de la Constitución

La Constitución de 1857 fue innovadora no sólo en lo que concierne a su principio educativo fundamental, la libertad de enseñanza, sino que lo fue en conjunto, como se expuso en los rasgos descritos arriba; aunque en varios de sus elementos dio continuidad a la Constitución de 1824, como es el caso de la opción por la forma republicana de gobierno y la estructura federal. La fuente general del carácter innovador del legislador mexicano de la Reforma es la recepción del constitucionalismo moderno de la Ilustración en el que la división de poderes y el reconocimiento de los derechos fundamentales son un contenido mínimo (Carbonell et al., 2004: XIII; Soberanes Fernández, 2012).

Los valores educativos, como elemento jurídico útil para la comprensión constitucional, se expresan en dos formas interrelacionadas; la primera es la Constitución misma por su naturaleza de suprema, y las normas educativas específicas, la segunda. En el conjunto axiológico de la norma nacional los valores educativos de las normas específicas están subordinados a ella, pero a su vez adquieren por tal relación mayor alcance y trascendencia, pues los derechos integran una unidad ética en tanto prerrogativas de los seres humanos.

Los Derechos Humanos, como origen estructurador de una constitución a partir de la dignidad del ser humano, son signos de valores y se expresan como principios constitucionales -por ejemplo la igualdad ante la ley-, o les dan a estos sustento y contenido en el conjunto de elementos de la norma, como es el caso del valor *justicia*, fin primordial del derecho. En la necesaria perspectiva política de esta axiología jurídica, puesto que la Ley fundamental es *constitución política* de una

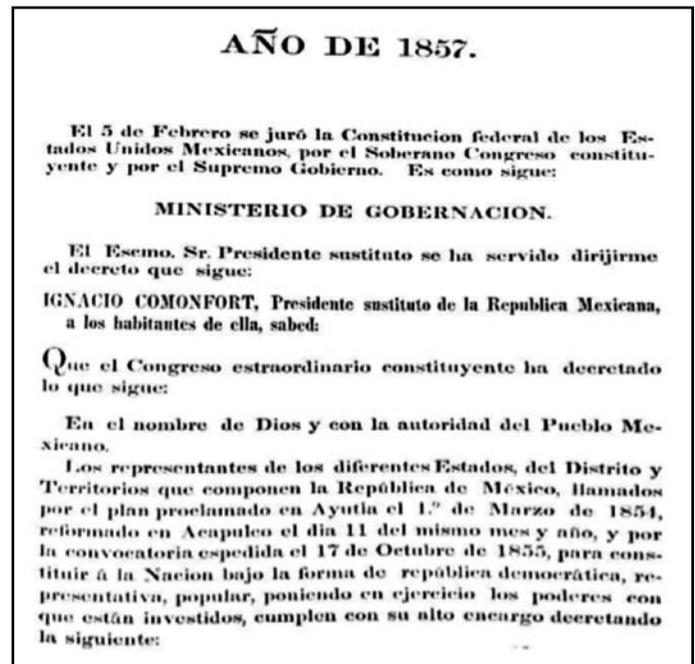


Figura 1. Proemio de la promulgación de la Constitución de 1857. Imagen tomada de Cumplido (2008-2009).

sociedad, los valores se expresan, además de la manera representada por los derechos, como principios de gobierno o de organización del Estado, como es el caso de la división de poderes, que está ordenada a la protección de los derechos y a la realización de la justicia. Así, los valores se manifiestan como creencias de que una forma de vida social o un modo de estructurar las relaciones entre los individuos deben ser reconocidos como bienes públicos y protegerse. Los primordiales de ellos, los derechos fundamentales, son la base de la Ley calificada precisamente como *fundamental* en el constitucionalismo democrático moderno. Por lo anterior, se afirma la tesis de que los valores educativos de la Constitución se expresan en las dos formas mencionadas.

En lo que concierne a la primera forma de expresión de los valores educativos, la Constitución misma, debe considerarse que si la ciudadanía es una afirmación política del sujeto poseedor de derechos, una condición social que se deriva de la regulación de la acción y una forma de vida personal que está contenida en la Ley y se desprende de ella como proyecto, como finalidad, por la actualización de las libertades y la transformación de las relaciones sociales que ellas generan, por todo ello, entonces, los valores educativos de la Consti-

tución de 1857 están integrados, como un acervo, por todos aquellos que sostienen los principios liberales de la Norma en cuestión, desde los que afirman que la soberanía reside originariamente en el pueblo (Artículo 39) y que este reconoce que "los derechos del hombre son la base y el objeto de las instituciones sociales" (Artículo 1), hasta cada uno de los que aplican estos principios, empezando por la afirmación de la libertad como condición existencial y política básica (Artículo 1) y siguiendo por la exposición del conjunto de las libertades -enseñanza, profesión, trabajo, expresión de las ideas, asociación, etc.-, hasta el establecimiento de los poderes divididos, sus atribuciones y responsabilidades, en suma, la sujeción a la ley. Para autoridades y para ciudadanos se constituye la convivencia como ámbito de libertades y de responsabilidad o, en otros términos, significa que el acto de reconocimiento de los derechos es la expresión de valores formativos en la comunidad política. En el caso particular de la libertad de enseñanza, con ella se reconoce a la educación como valor social, político y personal. Siendo una libertad fundamental, como valor tiene jurídicamente esa misma propiedad.

Por la afirmación que la Ley hace de la Independencia como su origen histórico y como actualización que es ella misma del sentido de aquel proyecto nacional tras los tiempos de inestabilidad, este valor político es asumido por el legislador como base histórica de la axiología constitucional expresada en el reconocimiento de los derechos del hombre, por un lado. Por el otro, dado que la Independencia afirma y ejerce el principio de la soberanía del pueblo y de este surge la forma del Estado y sus fines en relación con los individuos y la sociedad, los valores que los constituyentes reconocen como elementos para *constituir la sociedad* en cumplimiento del encargo que se derivó de la revolución de Ayutla, todos ellos resultan valores educativos; es decir, componentes de gran significación para la formación de la identidad ciudadana y para las relaciones entre individuos y grupos sociales. En otras palabras, el reconocimiento de los Derechos Humanos y la responsabilidad de garantizarlos establecen los valores del Estado y la fuente de su autoridad que será, entre otras expresiones, vivida como acción formadora de valores. Estos transitarán de su existencia formal en la Ley a la existencia personal y relacional en la convivencia. Por representar el contenido sustancial de la Ley y por su transición, implican el desarrollo moral del sujeto por la internalización de ellos como

criterios de juicio y guía de comportamiento en el horizonte de respeto a los derechos y de justicia delineada en los principios constitucionales. En esta visión, por ejemplo, el estado de justicia al que la sociedad aspira habrá de derivarse del respeto a los derechos por parte de cada ciudadano, lo cual depende de que conozca y asuma los valores jurídicos por una pedagogía política. La búsqueda de la conciliación por los liberales moderados del constituyente de 1857 deberá alcanzarse, entre otros medios, por la tolerancia como distintivo de la comunidad política. Además, como la república se constituye *democrática* (Artículo 40), se deriva de ahí otro elemento que fortalece la necesidad de la educación política de los ciudadanos conforme a los valores constitucionales.

En síntesis, si por consecuencia de que los Derechos del Hombre "son la base y el objeto de las instituciones sociales" y todas las leyes y autoridades "deben respetar y sostener las garantías que otorga" la Constitución (Artículo 1), está ahí contenido el hecho jurídico y político de que la mencionada norma fundamental es un proyecto educativo y sus principios/valores son los correspondientes a tal proyecto. Surgen así de la Norma que da fines para el gobierno y la vida social, los fines de la educación y esta es establecida como institución pública, lo cual ocurre específicamente con el Artículo 3 al decretar la libertad de enseñanza. Esto conduce a la segunda forma de expresión de los valores.

La segunda expresión de los valores educativos está en las normas que se ocupan específicamente de la educación pero cuyo entendimiento cabal depende de la primera forma, como se ha expuesto arriba; es decir, que en la afirmación de las libertades está el valor educativo central de la Constitución. Se crea la unidad axiológica de las libertades en los individuos actuantes en una sociedad que las reconoce y las protege en varias de sus expresiones vitales y jurídicas. Ahí, al decretar que "La enseñanza es libre", se produce una particularización de la declaratoria general de los Derechos del Hombre como "base y objeto de las instituciones sociales". Se crea un enlace entre el Artículo 1 que contiene el valor educativo general de la Constitución y el valor particular de la libertad de enseñanza que se institucionaliza y deberá ser realizado en la vida social.

Si bien en el contexto social y político del debate sobre la enseñanza estaba la cuestión de los

gremios y los monopolios como probable amenaza que hacía necesaria la vigilancia del gobierno, la libertad de enseñanza se propuso en el proyecto del artículo con un sentido filosófico nuevo por su amplitud social y jurídica, y los liberales puros, como José María Mata, lograron que se aprobara como muestra de congruencia con los principios que promovía su partido (Monroy, 1956; Zarco, 1987; De la Cueva, 1994). Ignacio Ramírez argumentó que estando reconocida la libertad de pensamiento y de expresión, el “derecho de enseñar” era una consecuencia inobjetable y la valoraba como expresión de la igualdad ante la ley (Ramírez, 2009). En tal sentido fue aprobado el artículo.

Esta libertad particular de la enseñanza permitió crear uno de los ámbitos públicos, o bien, una institución constitucional, que quedaba bajo la protección de garantías decretada en el Artículo 1 de la Constitución. La nueva libertad era inseparable de las otras y venía a ser condición necesaria para que los ciudadanos se formaran en los valores de la nueva juridicidad, que en realidad se condensan o integran en la naturaleza democrática de la república y sus otros rasgos de representativa y popular.

Si la Constitución fue una creación culminante del progreso social y político en el reconocimiento de las libertades –insuficiente aún frente a cuestiones sociales como la desigualdad, el trabajo, el problema agrario-, la declaratoria constitucional de la libertad de enseñanza abrió el proyecto de formación ciudadana más allá de lo que las leyes fundamentales precedentes lo habían hecho. Esta libertad, por representar la formación de los ciudadanos en una sociedad de derechos, es el símbolo más completo de la propia Constitución porque si bien esta solo dice “La enseñanza es libre”, lo hace al interior de su propia naturaleza transformadora: una nueva ética política que incluye el Estado laico (Valadés, 2006). La libertad de enseñanza crea exigencias para el Estado en tanto garante de la misma; para la sociedad, en tanto comunidad democrática en formación y para los ciudadanos, porque su afirmación no es un acto formal aislado y tiene como referente primigenio la soberanía del pueblo, que exige aprender a ejercerla.

La importancia dada a la libertad de enseñanza como principio del nuevo orden normativo liberal, junto con el énfasis federalista,

produjo una condición gubernamental significativa para la enseñanza: la Constitución no estableció una distribución de atribuciones entre los niveles de gobierno. Las normas aplicables de manera indirecta establecieron que las Secretarías de Estado necesarias para la administración pública federal serían fijadas por una ley del Congreso (Artículo 86), por un lado y, por el otro, al no haber facultades para el Ejecutivo federal en relación con la enseñanza, se entendería que quedaban reservadas a los Estados (Artículo 117). La acción del Ejecutivo federal quedó como asunto de la legislación secundaria, que empezó a formularse en 1861. En los estados, sería materia de sus constituciones y de su legislación.

Ante la guerra que se produjo por el rechazo de los conservadores a la Constitución, los liberales radicales decidieron avanzar en la transformación jurídica y social del país y promulgaron en los años siguientes las Leyes de Reforma. Con ellas, la libertad de enseñanza adquirió un entorno jurídico que dio mayor alcance a la nueva Norma fundamental, en especial por el principio de la separación del Estado y la Iglesia, que afirmó la soberanía del primero y la supremacía de la Constitución. La libertad de enseñanza, apoyada en la laicidad del nuevo



Figura 2. Petronilo Monroy, *Alegoría de la Constitución de 1857*, 1868. Palacio Nacional. Imagen de Monroy (1868).

Estado de derechos, se estableció como la base política y social que dio a la formación ciudadana una clara orientación para promover el desarrollo moral de los individuos por medio del conocimiento, vivencia y asunción personal de las libertades fundamentales. Para este fin, los valores educativos de la Constitución dependerían del buen gobierno, de la calidad democrática de la vida social y de la institución escolar que crearán las políticas públicas.

CONCLUSIONES

La inestabilidad de México en las primeras décadas de su independencia creó dialécticamente condiciones para impulsar la reforma de la sociedad y para fortalecer la institucionalidad pública con una nueva Constitución liberal que reconoció los Derechos del Hombre «como base y objeto de las instituciones sociales». En ese rasgo distintivo de la Ley, la libertad de enseñanza dio apertura política y social a la educación, pues se estableció como libertad fundamental.

Este elevamiento de la educación como valor político en la Norma de 1857 fue acrecentado por el conjunto de los principios axiológicos que estructuraron a esta.

El impulso emancipador de la Reforma, que se expresó de manera particular por el logro liberal del establecimiento de la libertad de enseñanza, le otorgó a esta la sustancia de ser un principio jurídico que compendia la exigencia de la nueva ciudadanía de los Derechos del Hombre como cimiento de formación política y moral por la conjunción de libertades. Igual que lo plantearon los constituyentes de 1824, la Independencia de la nación continuaría descansando en las virtudes de sus ciudadanos, pero el constituyente de 1857 aportó la axiología necesaria para que la sociedad tuviera la institucionalidad democrática propia de la vivencia de las libertades y las obligaciones de gobernantes y ciudadanos.

LITERATURA CITADA

- AGUIRRE, S. S. et al. Presentación. En Suprema Corte de Justicia de la Nación, *La Constitución de 1857. Homenaje en su CL Aniversario (IX-X)*. México: Suprema Corte de Justicia de la Nación, 2009.
- BARBA, J. B. La sociedad política mexicana y la formación moral del ciudadano. Apertura del proyecto en la Constitución de 1824. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62): 893-916, 2014.
- BAUTISTA, C. La cuestión religiosa en el Congreso Constituyente de 1856-1857. En Y. Padilla Rangel, L. Ramírez Hurtado & F. Delgado Aguilar (Coords.), *La historia de México a través de sus regiones: Nuevos acercamientos a la historiografía regional, siglos XIX y XX (102-123)*. Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2011.
- CARBONELL, M. et al. Presentación. En M. Carbonell, O. Cruz Barney & K. Pérez Portilla (Comps.), *Constituciones históricas de México (XIII-XVI)*. México: Porrúa, 2004.
- CUMPLIDO, I. (Ed.). *Colección de Leyes fundamentales que han regido en la República Mexicana y de los planes que han tenido el mismo carácter 1821-1857*. México: Miguel Ángel Porrúa, 390 pp., 1857, edición facsimilar 2008-2009.
- DE LA CUEVA, M. La Constitución de 5 de febrero de 1857. En A. L. Izquierdo y de la Cueva (Comp.), *El humanismo jurídico de Mario de la Cueva: Antología (220-315)*. México: FCE/UNAM, 1994.
- DE LA TORRE, J. A. *Tradición iberoamericana de derechos humanos*. México: Porrúa/Escuela Libre de derecho, 273 pp., 2014.
- GALEANA, P. (Comp.). *El constitucionalismo mexicano. Influencias continentales y trasatlánticas*. México: Senado de la República-Siglo XXI Editores, 382 pp., 2010.
- GALEANA, P. *La fascinación por el imperio*. México: Centro de Estudios de Historia de México Carso, 295 pp., 2011.
- GALEANA, P. La tercera reforma. En B. Bernal (Coord.), *Memoria del IV Congreso de Historia del Derecho Mexicano (315-331)*. Tomo I. México: UNAM, 1986.
- GANTÚS, F. et al. *La Constitución de 1824. La consolidación de un pacto mínimo*. México: El Colegio de México, 203 pp., 2008.
- HERNÁNDEZ, O. A. La lucha del pueblo mexicano por sus derechos constitucionales. En Cámara de Diputados (Ed.), *Derechos del pueblo mexicano. México a través de sus constituciones (63-30)*. Tomo I. México: Cámara de Diputados, 1967.
- INEE (INSTITUTO NACIONAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN). *El derecho a la educación en México. Informe 2009*. México: Autor, 140 pp., 2010.
- INEE (INSTITUTO NACIONAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN). *El derecho a una educación de calidad. Informe 2014*. México: Autor, 132 pp., 2014.

- LABASTIDA, H. Las luchas ideológicas en el siglo XIX y la Constitución de 1857. En Cámara de Diputados (Ed.), *Derechos del pueblo mexicano. México a través de sus constituciones* (199-300). Tomo II. México: Cámara de Diputados, 1967.
- MARTÍNEZ ALBESA, E. *La Constitución de 1857. Catolicismo y liberalismo en México*. 3 vols. México: Porrúa, 1284 pp., 2007.
- MONROY, G. La Instrucción Pública. En L. González, L. Cosío & G. Monroy, *Historia moderna de México. República Restaurada. Vida social* (634-743). Vol. III. México: Editorial Hermes, 1956.
- RABASA, E. O. *Historia de las constituciones mexicanas*. México: UNAM, 105 pp., 1997.
- RAMÍREZ, I. *La palabra de la reforma en la república de las letras. Una antología general*. Selección y estudio preliminar de Liliana Weinberg. México: FCE/Fundación para las Letras Mexicanas/UNAM, 498 pp., 2009.
- SOBERANES FERNÁNDEZ, J. L. *El pensamiento constitucional en la Independencia*. México: Porrúa-UNAM, 201 pp., 2012.
- SORDO, R. El congreso y la formación del Estado-nación en México, 1821-1855. En J. Vázquez (Coord.), *La fundación del Estado mexicano, 1821-1855* (135-178). México: Nueva Imagen, 1994.
- TENA RAMÍREZ, F. *Leyes Fundamentales de México 1808-2005*. México: Porrúa, 1180 pp., 2008.
- VALADÉS, D. Las Funciones de la Constitución. En D. Valadés (Coord.), *Derechos del Pueblo Mexicano. México a través de sus Constituciones* (15-158). Vol. I. México: Miguel Ángel Porrúa-Cámara de Diputados, 2006.
- VALADÉS, D. Reflexiones sobre el Estatuto Orgánico de 1856. En Supremo Gobierno, *Estatuto Orgánico Provisional de la República Mexicana* (5-20). México: Miguel Ángel Porrúa, edición facsimilar, 2013.
- VÁZQUEZ, J. *Décadas de inestabilidad y amenazas. México, 1821-1848*. México: El Colegio de México, 357 pp., 2010.
- VÁZQUEZ, J. (Coord.). El nacimiento de México, 1750-1856. De las reformas borbónicas a la Reforma. En J. Vázquez (Coord. gral.), *Gran Historia de México*. Vol. III. México: Planeta De Agostini-CONACULTA-INAH, 400 pp., 2002.
- ZARCO, F. *Historia del Congreso Constituyente de 1857*. México: INEHRM, 1987.

De páginas electrónicas

- COMONFORT, I. *Estatuto Orgánico Provisional de la República Mexicana, 1856*. Recuperado el 19 de noviembre de 2014, de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/1856.pdf>
- CONGRESO CONSTITUYENTE. *Constitución Política de la República Mexicana de 1857*. México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, 26 pp., 1857. Recuperado el 28 de agosto de 2014, de <http://www.juridicas.unam.mx/infjur/leg/conshist/pdf/1857.pdf>
- MONROY, P. *Alegoría de la Constitución de 1857* [Pintura]. 1868. Recuperado de http://webpages.cegs.itesm.mx/servicios/hdem/ref_liberal/imagenes/constitumonroy.jpg
- VILLARREAL, F. y COMONFORT, I. *Plan de Ayutla*. México: Cámara de Diputados, 3 pp., 1854. Recuperado el 28 de agosto de 2014, de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/CH4.pdf>

Uso de conjuntos difusos para cuantificar el potencial de cuerpos académicos desde la conformación de redes científicas de colaboración

Fuzzy sets implementation to quantify the potential for academic groups from the formation of scientific collaboration networks

Lucio Flores Payán^{1*}, Ricardo Pérez Mora¹

Flores Payán, L., Pérez Mora, R. Uso de conjuntos difusos para cuantificar el potencial de cuerpos académicos desde la conformación de redes científicas de colaboración. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 70-77, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

El establecimiento de redes de colaboración científica de Cuerpos Académicos, se presenta al paso del tiempo como un elemento estratégico para la generación y difusión de conocimiento. Es en este sentido que el análisis y estudio de estas redes y sus resultados se presentan de forma pertinente; sin embargo, es un fenómeno complejo y multidimensional. Es por esto que se requieren nuevas formas y herramientas para su estudio. El presente trabajo indaga en la teoría de la lógica difusa como elemento de análisis que permite de forma precisa una distinción en la cuantificación del potencial de los Cuerpos Académicos de forma multidimensional; se hace evidente el mayor potencial que tienen los cuerpos académicos que conforman redes de colaboración científica.

ABSTRACT

The establishment of networks of scientific collaboration of academic groups occurs like a strategic element for the generation and dissemination of knowledge. It is in this sense that the analysis and study of these networks and their results are presented in an appropriate

Palabras clave: grupos académicos, redes de colaboración, lógica difusa, conjuntos difusos, redes institucionales, producción de conocimiento.

Keywords: academic groups, networks, fuzzy logic, fuzzy sets, institutional networks, knowledge generation.

Recibido: 11 de febrero de 2015, aceptado: 28 de enero de 2016

¹ Departamento de Políticas Públicas, Universidad de Guadalajara.
* Autor para correspondencia: florespayan@hotmail.com

way, however, it is a complex and multidimensional phenomenon. This is why new methods and tools are required. This paper explores the theory of fuzzy logic as an element of analysis that allows to accurately distinguish in quantifying the potential of academic groups in a multidimensional way. It makes evident the greater potential of academic bodies that make scientific collaboration networks.

INTRODUCCIÓN

El comportamiento de las sociedades actuales como un fenómeno social hace evidentes nuevas necesidades, que en mayor medida son canalizadas en elementos científico-tecnológicos, una reorganización de la base sociocultural anticipada por el reacomodo del mercado y su dependiente economía, todo esto demanda formas más integrales de generación de conocimiento científico y su pertinente difusión y propagación, de tal manera que faculte el entendimiento de estos comportamientos contemporáneos para la comprensión de este fenómeno social.

En ese sentido, la conformación de redes juega un rol central como estrategia consensada por los integrantes para potencializar la generación de conocimiento, transmisión de información y difusión de la influencia de algunas organizaciones en el ámbito social (Kossinets y Watts, 2009). El concepto de redes es utilizado en diferentes esferas y ámbitos, algunas principales son: social, político, tecnológico, industrial y en mayor medida cibernético.

La producción de conocimiento científico y tecnológico ha cobrado un papel fundamental en el mercado internacional y es señalado como uno de los

factores clave para la integración y competitividad dentro del contexto económico global (Banco Mundial, 2003). Es así que la conformación de redes en general y de las redes de colaboración académicas en particular cobra un alto valor, porque permite a los académicos y científicos trabajar con flexibilidad e integración.

El presente trabajo establece como hipótesis central la importancia que encuentra la integración de redes de colaboración en la esfera científica y académica, esto en términos de la generación de conocimiento, su difusión y divulgación, así como para la transmisión de información. Lo anterior bajo el supuesto de que a partir del intercambio de ideas como trabajo colaborativo se logra potencializar la generación de conocimiento.

Los llamados cuerpos académicos (CA) como una forma o modo colectivo de producir conocimiento pueden verse constituidos como tejidos académicos de trabajo, y de esta forma ser estudiados bajo los criterios de las redes para generación de conocimiento. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo elemental cuantificar el potencial que podrían alcanzar los cuerpos académicos promovidos por el Programa para el desarrollo profesional docente (PRODEP) en México, a partir de dos ejes analíticos: a) la construcción de redes y b) los elementos de investigación. Para alcanzar este objetivo, se desarrolló un Índice difuso del potencial de los cuerpos académicos (IDPca), que fue construido a partir de los elementos de la teoría de la lógica difusa, esto con la intención de determinar de forma más puntual y multidimensional los elementos mediante los cuales puede ser cuantificado el nivel de desarrollo que podrían alcanzar los CA a partir de la construcción de redes de colaboración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Jackson y Wolinsky (1996) exponen un procedimiento para la cuantificación de la utilidad de una red en términos de conectividad entre sus integrantes, para fines del presente trabajo se ha retomado esta propuesta adaptándola en términos de cuantificar la utilidad a partir de la producción y desarrollo de actividades de los CA, esto con la intención de hacer visible un comparativo entre el potencial de desarrollo que logran los CA que establecen redes de colaboración contra los que no hacen este tipo de redes.

En la revisión de literatura relacionada con el tema de redes, Salas y Murillo (2014) proponen una serie de supuestos para el análisis, que para fines del presente trabajo son retomados como elementos principales en los cuales se sustenta la construcción analítica y metodológica:

- El proceso considera la unión de más de dos agentes que desean formar, mantener o romper vínculos entre ellos (Jackson, 2005).
- Es necesario consentimiento mutuo, aunque la ruptura es unilateral pudiendo realizarse formal o informalmente (Carayol et al., 2008).
- Los agentes basan sus decisiones tanto en la utilidad inmediata que les generan los vínculos (Jackson, 2008; Carayol y Roux, 2009).
- Las redes son dinámicas y, por tanto, propensas a evolucionar (Jackson, 2005).

En el actual trabajo se utilizaron los datos generados a partir de la aplicación del cuestionario "Modos colectivos de producción de conocimiento en universidades Públicas Estatales" (UPE), mismo que se encuentra constituido por 628 observaciones con relación a las actividades y estado actual de los cuerpos académicos de 59 universidades de México –que son mostradas en los anexos de este trabajo–.

Se analiza el potencial de los cuerpos académicos desde del trabajo colaborativo y la conformación de redes a partir de dos ejes analíticos: Investigación y Gestión. Se pretende proponer un modelo analítico que faculte la medición cuantitativa del potencial de cada CA, la idea tiene fundamento en la proposición de una función de utilidad que integre los factores que influyan en el potencial de un CA:

$$\text{Potencial del CA} = f(\text{investigación}_i^n, \text{gestiones}_i^n)$$

La anterior función de utilidad es desarrollada con conjuntos difusos, para lo cual fueron contemplados seis indicadores que representan actividades de investigación y gestión desempeñadas por los CA y se muestran en la Tabla 1.

Los conjuntos difusos han sido utilizados de manera más puntual para encontrar soluciones en procesos de ingeniería, debido a la factibilidad de realizar el mesurado de información subjetiva e imprecisa a partir de la creación de un sistema de

Tabla 1. Indicadores utilizados para el cálculo del IDPca

Ejes de análisis	Indicadores	Ejes de análisis	Indicadores
Eje 1. Títulos académicos	1. Reconocimiento PRODEP	Eje 4. Actividades de Gestión	6. Actividades de vinculación <ul style="list-style-type: none"> • Vinculación con el sector social (organizaciones sociales, ONG) • Vinculación con el sector privado (empresa, industria) • Vinculación con el sector público (gubernamentales).
	2. Reconocimiento del Sistema Nacional de Investigadores (SNI)		
	3. Título de Doctorado		
Eje 2. Formación de recursos humanos	4. Estudiantes en apoyo en el CA		
Eje 3. Actividades de investigación	5. Tipo de actividades realizadas <ul style="list-style-type: none"> • Artículos en revistas indexadas • Artículos en revistas arbitradas • Capítulos de libro • Libros • Proyectos de investigación • Formación de grupos de investigadores • Patentes • Prototipos • Asesorías • Consultorías • Memorias en extenso • Dirección de tesis 		
		Eje 5. Intercambios académicos	7. Intercambios <ul style="list-style-type: none"> • Al extranjero • Al interior del país • En la entidad

Elaboración propia.

inferencia difusa (SID), el cual es conformado por un algoritmo de procesamiento de datos inexactos.

La relevancia de la creación de un SID es la posibilidad de la correspondencia no lineal entre

una o varias variables de entrada y una variable de salida, pasando por un proceso de transformación y recuperación de los datos (*fuzzificación-desfuzzificación*) (ver Figura 1).

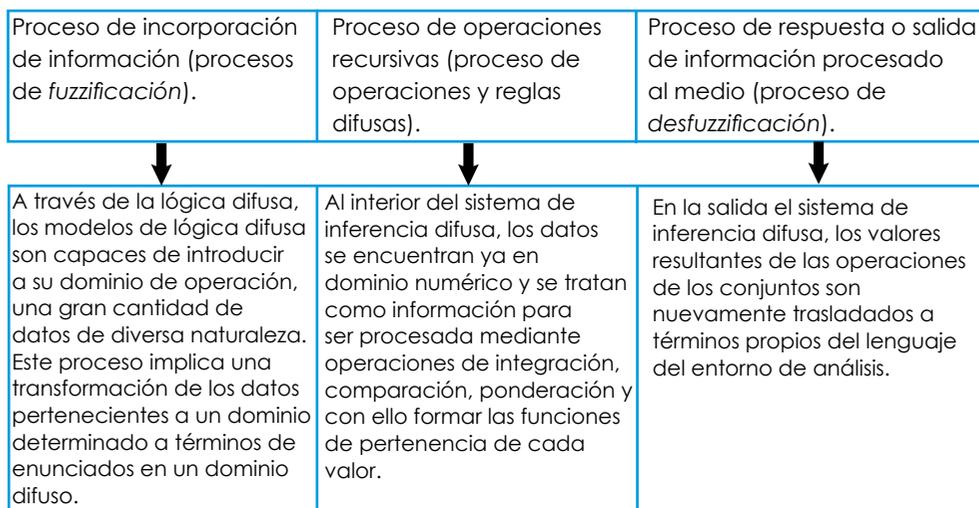


Figura 1. Etapas del sistema de inferencia difusa. Fuente: Flores y Camarena (2013).

Zadeh (1965) fue uno de los pioneros en el diseño y uso de la estructuración de conjuntos difusos, concibiéndolos como una colección de objetos, donde a cada uno de estos objetos le corresponde una función de membresía, la cual asigna un cierto grado de pertenencia a un conjunto definido. La función de pertenencia distingue un rango que puede ser un conjunto de números reales no negativos, convencionalmente formada entre 0 y 1 y de forma continua como se muestra en la Figura 2.

$$X \mu_A \rightarrow [1,0].$$

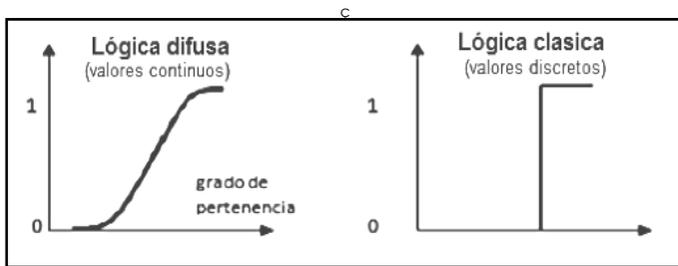


Figura 2. Lógica difusa vs. lógica clásica. Elaboración propia.

La representación matemática de un conjunto difuso cuando X es una colección de objetos denotados por x , $X=\{x_1, x_2, x_3, \dots\}$, así un subconjunto difuso A en X es un conjunto de pares ordenados:

$$A = \{x, \mu_A(x), |x \in U\}$$

En la investigación social la implementación de los conjuntos difusos ha sido realizada por autores como López et al. (2009), quienes realizan un modelo difuso para la descomposición y cuantificación multidimensional de la pobreza, asimismo, Flores Payán y García Batíz (2013) realizan la evaluación del programa público HÁBITAT, proponiendo un modelo basado en conjuntos difusos para la cuantificación del impacto que dicho programa alcanza en su población objetivo. De acuerdo con lo anterior, para el presente trabajo fueron construidos cinco sistemas de inferencia difusos (SID) para la cuantificación del potencial y la generación del IDPca, dichos SID se conformaron por los conjuntos referentes a cada uno de los ejes de análisis y sus particulares reglas difusas diseñadas a partir de tablas de verdad.

Para cada variable se construyó un conjunto difuso que hace uso de etiquetas lingüísticas para reflejar en un continuo el grado de potencial que puede alcanzar cada CA. Para fines explicativos, a continuación se detalla la construcción del

conjunto asociado al indicador de porcentaje de miembros pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), porcentaje de miembros que cuentan con reconocimiento PRODEP y porcentaje de miembros que cuentan con título doctoral de cada cuerpo académico.

La Figura 3 representa el conjunto difuso generado para la cuantificación del porcentaje de miembros pertenecientes al SNI de cada cuerpo académico y que está conformado por tres funciones de pertenencia, la etiqueta "malo" agrupa el más bajo porcentaje de miembros del SNI con relación al total de CA e igualmente para las otras dos funciones de pertenencia etiquetadas como "regular" y "buena".

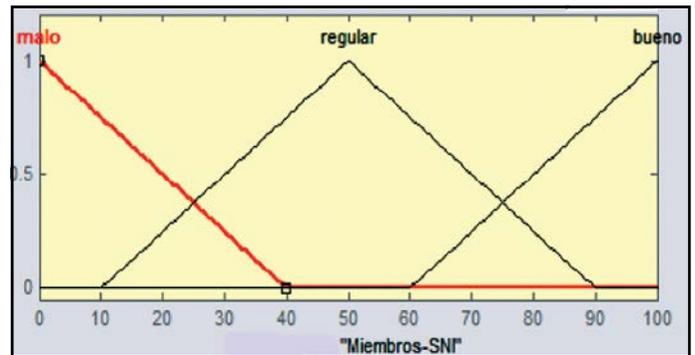


Figura 3. Conjunto difuso para el porcentaje de miembros en el SNI de los CA. Elaboración propia.

La integración de este tipo de conjuntos difusos perteneciente a cada indicador conformó el SID que se muestra en la Figura 4 y que representa el eje 1.

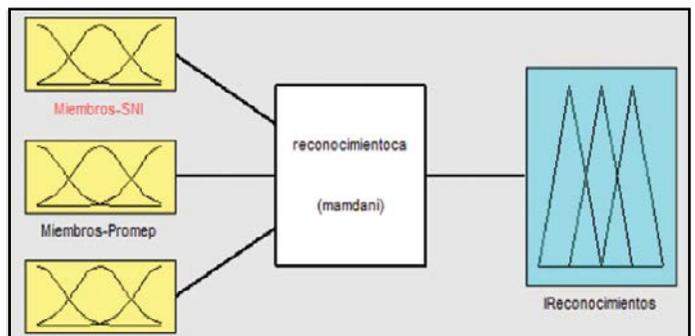


Figura 4. Sistema de inferencia difuso para el eje de Títulos Académicos. Elaboración propia.

A partir de la conformación de los cinco SID se generaron los IDPca, mediante el procedimiento de fuzziificación- defuzziificación se definió la salida. Para esta aplicación, el potencial de los CA se

valoró en cinco conjuntos de tipo triangular con las etiquetas “muy mala”, “mala”, “regular”, “buena” y “muy buena”, tal como se ilustra en la Figura 5.

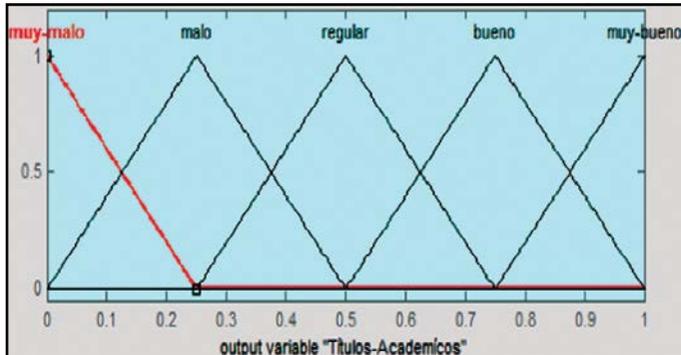


Figura 5. Variable de salida de SID. Elaboración propia.

Es pertinente hacer mención de los beneficios que supone la construcción de este tipo de conjuntos y en general del abordaje desde la teoría de la lógica difusa, posiblemente lo más significativo es su capacidad para transformar las variables que tradicionalmente se codifican dicotómicamente o por estratos, en un continuo que permite identificar diferentes matices en el análisis y por tal en los resultados obtenidos.

RESULTADOS

El análisis y cálculo del IDPca versó en el sentido de hacer el comparativo entre los cuerpos académicos que colaboran en red con algunos miembros de

otros cuerpos académicos y los que no establecen redes de colaboración, lo anterior bajo cuatro principales formas de red; redes de colaboración Institucionales, redes de colaboración estatales, redes de colaboración nacionales y las redes de colaboración internacionales.

La Tabla 2 muestra el IDPca para cada una de las 59 universidades involucradas diferenciado por el tipo de redes que establecen, donde el valor del potencial más elevado es el que se ubica en la universidad 14.

DISCUSIÓN

En la Figura 6 se muestra el porcentaje de cuerpos académicos que recaen bajo una escala de clasificación con base en el potencial obtenido, a partir del rango total se realiza una subclasificación equidistante considerando tres niveles de potencial: bajo potencial, potencial medio y alto potencial. Se percibe en el primer momento una concentración en la región central del país, donde los cuerpos académicos alcanzan mayor potencial; asimismo, es evidente que en la parte sur del país se encuentran los CA con menor potencial.

El cálculo del IDPca mediante el uso de SID permite también generar índices promedio multidimensionales, la Tabla 3 muestra el valor del $\rightarrow IDPca$ por tipo de red que establece cada CA si es que hacen redes.

Tabla 2. Potencial de los cuerpos académicos

Universidad	IDPca										
1	0.3116	11	0.4587	21	0.3463	31	0.439	41	0.4416	51	0.3124
2	0	12	0.3864	22	0.3294	32	0.4052	42	0.4205	52	0
3	0.2883	13	0.4661	23	0.4097	33	0.3267	43	0.3511	53	0.3364
4	0	14	0.4839	24	0.4188	34	0.2957	44	0.4342	54	0.4418
5	0.3742	15	0.4539	25	0.4166	35	0	45	0	55	0.3958
6	0	16	0.3867	26	0.3259	36	0.3281	46	0.1728	56	0.3035
7	0.466	17	0.41	27	0.3588	37	0.3716	47	0.3638	57	0
8	0.2616	18	0.4266	28	0.3659	38	0.3659	48	0	58	0.311
9	0.4218	19	0.3989	29	0.4795	39	0.3542	49	0.2764	59	0.386
10	0.3557	20	0.4061	30	0.3608	40	0.2378	50	0		

Elaboración propia.



Figura 6. Grado de potencial de los CA. Elaboración propia.

Tabla 3. $\rightarrow IDPca$ por tipo de red conformada por los CA

	Redes institucionales	Redes estatales	Redes nacionales	Redes internacionales
Sí hacen redes	0.4032	0.4132	0.4076	0.4259
No hacen redes	0.3327	0.3568	0.3332	0.3477

Elaboración propia.

Resalta el hecho de que para los cuatro casos de tipos de redes el $\rightarrow IDPca$ es mayor en los CA que sí establecen una red de colaboración. Lo anterior faculta pensar la existencia del beneficio de la conformación de redes de colaboración. Igualmente se calculó el $\rightarrow IDPca$ por grado de consolidación de los CA, en donde es evidente el mayor potencial en los CA consolidados y que sí establecen redes de colaboración, por su parte el menor potencial recae en los CA en formación (Tabla 4). En este sentido se corrobora el beneficio de un nivel consolidado de trabajo al interior del CA, así como la conformación de redes de alguno de los cuatro tipos analizados.

El análisis permitió calcular el potencial promedio que tienen las universidades incluidas por área del conocimiento, para lo cual resaltan con mayor potencial los CA que realizan actividades

Tabla 4. $\rightarrow IDPca$ por grado de consolidación del CA

Grado de Consolidación del CA	Sí hacen redes	No hacen redes
1.- En formación	0.4403	0.3066
2.- En consolidación	0.445	0.3098
3.- Consolidado	0.4573	0.3272

Elaboración propia.

de investigación y gestión en el área agropecuaria particularmente y que al igual que todas las áreas establecen redes de colaboración (Tabla 5). Es evidente otra vez la confirmación del mayor potencial en los CA que establecen algún tipo de red de colaboración.

Tabla 5. Potencial por área del conocimiento y grado de consolidación de los CA

Grado de consolidación del CA	Área del conocimiento	Sí hacen redes	No hacen redes
1	Agropecuarias	0.5663	0.2911
	Sociales y Administrativas	0.3817	0.3055
	Salud	0.5063	0.2979
	Ingeniería y Tecnología	0.4692	0.2768
	Naturales y Exactas	0.4121	0.3196
	Educación, Humanidades y Artes	0.001	0.3033
2	Agropecuarias	0.5242	0.3777
	Sociales y Administrativas	0.4693	0.3379
	Salud	0.3733	0.2993
	Ingeniería y Tecnología	0.4724	0.3045
	Naturales y Exactas	0.4557	0.2837
	Educación, Humanidades y Artes	0.3591	0.2978
3	Agropecuarias	0.5154	0.3841
	Sociales y Administrativas	0.4806	0.3881
	Salud	0.5228	0.2971
	Ingeniería y Tecnología	0.4429	0.3592
	Naturales y Exactas	0.5016	0.2513
	Educación, Humanidades y Artes	0.4072	0.3293

Elaboración propia.

Tabla 6. Universidades contempladas para el estudio

Universidades				
1.-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	14.-Universidad Autónoma de Campeche	27.-Universidad Autónoma de Yucatán	40.-Universidad de la Sierra Juárez	53.-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
2.-Centro de Estudios Superiores de Sonora	15.-Universidad Autónoma de Chiapas	28.-Universidad Autónoma de Zacatecas	41.-Universidad de Occidente	54.-Universidad Juárez del Estado de Durango
3.-El Colegio de México	16.-Universidad Autónoma de Chihuahua	29.-Universidad Autónoma del Carmen	42.-Universidad de Quintana Roo	55.-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
4.-El Colegio Mexiquense, A. C.	17.-Universidad Autónoma de Ciudad Juárez	30.-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	43.-Universidad de Sonora	56.-Universidad Pedagógica Nacional
5.-Escuela Nacional de Antropología e Historia	18.-Universidad Autónoma de Coahuila	31.-Universidad Autónoma del Estado de México	44.-Universidad del Caribe	57.-Universidad Popular de la Chontalpa
6.-Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía	19.-Universidad Autónoma de Guerrero	32.-Universidad Autónoma del Estado de Morelos	45.-Universidad del Istmo	58.-Universidad Tecnológica de la Mixteca
7.-Instituto Tecnológico de Sonora	20.-Universidad Autónoma de Nayarit	33.-Universidad Autónoma Indígena de México	46.-Universidad del Mar	59.-Universidad Veracruzana
8.-Instituto Tecnológico Superior de Cajeme	21.-Universidad Autónoma de Nuevo León	34.-Universidad Autónoma Metropolitana	47.-Universidad del Papaloapan	
9.-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	22.-Universidad Autónoma de Querétaro	35.-Universidad Autónoma Yucatán	48.-Universidad Intercultural de Chiapas	
10.-Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca	23.-Universidad Autónoma de San Luis Potosí	36.-Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas	49.-Universidad Intercultural del Estado de México	
11.-Universidad Autónoma de Aguascalientes	24.-Universidad Autónoma de Sinaloa	37.-Universidad de Colima	50.-Universidad Intercultural del Estado de Tabasco	
12.-Universidad Autónoma de Baja California	25.-Universidad Autónoma de Tamaulipas	38.-Universidad de Guadalajara	51.-Universidad Intercultural Indígena de Michoacán	
13.-Universidad Autónoma de Baja California Sur	26.-Universidad Autónoma de Tlaxcala	39.-Universidad de Guanajuato	52.-Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo	

Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La cuantificación del potencial de los cuerpos académicos permite evidenciar la relevancia que tiene la construcción de redes de cooperación, en los casos analizados es notorio el incremento que se genera en la capacidad de acción de los CA que tienen relaciones con otros CA. A pesar de que en la esfera institucional es en donde se evidencian mayores diferencias, en los tres tipos de redes se visualizan mejores condiciones para los CA que sí establecen redes de cooperación.

El análisis presentado en este trabajo comprueba los planteamientos de la teoría de construcción de redes, que establece mejores niveles -en este caso- de producción y generación del conocimiento; es decir, la cooperación al interior de las universidades como al exterior entre CA, podrá propiciar mejoras en la generación de conocimiento científico.

El estudio de fenómenos sociales, y en específico el análisis y cuantificación del potencial de CA a partir de su productividad y la conformación de redes, ha encontrado una elemental distinción, de ser multidimensional y totalmente dinámico, pocas y cada vez menos veces explicado de forma estática y unidimensional. En este sentido el uso de la teoría de la lógica ha permitido en primer momento un análisis de forma multidimensional, así como mayor precisión en el cálculo del IDPca. Sin embargo, es pertinente resaltar, que el actual trabajo podrá alcanzar una mayor profundidad en el análisis, en tanto se puedan incluir en la metodología de cuantificación más ejes de análisis que puedan ser representativos del total de las actividades que realizan los Cuerpos Académicos en México y que es precisamente la continuidad que se seguirá en esta línea de investigación y queda como propuesta para futuros trabajos que complementen el presente y permitan abonar al conocimiento de la producción científica y el análisis de cuerpos académicos.

LITERATURA CITADA

- BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCIÓN Y FOMENTO/BANCO MUNDIAL. *Construyendo Sociedades del Conocimiento: Nuevos Desafíos para la Educación Terciaria*. Washington, DC, EE. UU.: Autor, 2003.
- CARAYOL, N. y ROUX, P. Knowledge flows and the geography of networks: A strategic model of small world formation. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 71(2): 414-427, 2009.
- CARAYOL, N. et al. Ineficiencias in a model of spatial networks formation with positive externalities. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 67(2): 495-511, 2008.
- FLORES, L. y CAMARENA, M. Evaluación de programas públicos en el marco de la realidad social, metodología basada en la lógica difusa como instrumento para el análisis de fenómenos sociales. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social-ReLMS*, 3(5): 8-23, 2013.
- FLORES PAYÁN, L. y GARCÍA BATÍZ, M. L. Evaluación de programas públicos mediante lógica difusa: el caso del Programa Hábitat. *Política y Cultura*, otoño 2013(40): 231-255, 2013.
- JACKSON, M. O. *Social and economic networks*. Princeton: Princeton University Press, 2008.
- JACKSON, M. O. The economics of social networks. En R. Blundell, W. Newey & T. Persson (Eds.), *Proceedings of the 9th World Congress of the Econometric Society* (1-56). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005.
- JACKSON, M. O. y WOLINSKY, A. A strategic model of social and economic networks. *Journal of Economic Theory*, 71(1): 44-74, 1996.
- KOSSINET, G. y WATTS, D. Origins of homophily in an evolving social network. *American Journal of Sociology*, 115(2): 405-450, 2009.
- LÓPEZ, A. et al. Descomposición de la pobreza multidimensional mediante el enfoque de conjuntos difusos: una aplicación para el México rural. *Documento de trabajo del CIDE-División de Economía*, 464, 2009.
- SALAS, I. y MURILLO, F. Las microinteracciones como el origen de las redes de cooperación. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social*, 4(7): 57-77, 2014.
- ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3): 338-353, 1965.

Predicción de la influencia del voto duro sobre el voto nulo en un sistema electoral democrático de dos partidos

Prediction of the influence of core vote on null vote in a democratic two-party electoral system

Miguel Ángel Martínez Cruz¹, Alfredo Trejo Martínez^{2*}, Ana Beatriz Vega Cruz³, Valentín Jiménez Jarquín²

Martínez Cruz, M. A., Trejo Martínez, A., Vega Cruz, A. B., Jiménez Jarquín, V. Predicción de la influencia del voto duro sobre el voto nulo en un sistema electoral democrático de dos partidos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 78-85, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

En este trabajo se analiza el efecto que podría ejercer el voto duro sobre el voto nulo en un sistema electoral de dos partidos, mediante la introducción de una red de opinión con agentes activos (nodos) distribuidos uniformemente en su estado inicial con un valor denominado spin $s = +1$, $s = -1$ ó $s = 0$. Los dos primeros valores, llamados votos duros, representan a los simpatizantes incondicionales de una corriente política elegida; el último representa a los votantes inactivos o indecisos, los cuales podrían cambiar a $s = +1$ ó $s = -1$ por las interacciones con sus cuatro conocidos más cercanos, denominados 4-vecinos. Se realizaron tres estudios: primero se analizó la relación de la concentración final de agentes activos con respecto a su cantidad inicial, posteriormente se observó la proporción final de agentes inactivos con respecto a la proporción inicial de agentes activos, finalmente se observa la evolución del sistema en relación con el número de ciclos que transcurren para alcanzar la estabilidad.

Palabras clave: red de opinión, simulación, red de spin, voto duro, voto nulo, red electoral.

Keywords: opinion network, simulation, spin network, core vote, null vote, electoral network.

Recibido: 18 de febrero de 2015, aceptado: 8 de febrero de 2016

¹ Departamento de Sistemas, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, ESIME-Zacatenco-IPN.

² Área de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México.

³ Universidad Autónoma del Estado de México Unidad Académica Profesional Chimalhuacán.

* Autor para correspondencia: aalfredot@yahoo.com.mx

ABSTRACT

In this work we analyze the possible effect that the core vote might have on the null vote in a two-party system, by introducing an opinion network with active agents (nodes) uniformly distributed in their initial state with a value called spin $s = +1$, spin $s = -1$, and spin $s = 0$. The first two values, called core votes, represent staunch supporters of a chosen political current; the last value represents inactive or undecided voters which might change to $s = +1$ or $s = -1$ due to the interactions with their four closest acquaintances, also known as 4-neighbors. We conducted three studies. First we analyzed the relationship between the final concentration of active agents and the initial proportion of active agents, then we observed the final proportion of inactive agents with respect to the initial proportion of active agents, and finally, we observed the system evolution, with respect to the number of cycles that elapse before the system reaches stability.

INTRODUCCIÓN

El voto es una manifestación de la propia voluntad u opinión de una persona o grupo de personas acerca de un tema y regulada por alguna entidad que se emite en forma normada, sin fundamentación explícita y encaminada a una decisión colectiva. Una votación implica la existencia de un grupo de personas habilitadas para votar y de un asunto previamente delimitado sobre el cual se expresará la voluntad de los integrantes del grupo. Adjei (2012) define al voto como una expresión oficial de la elección de los votantes de una de las posibilidades ofrecidas o propuestas, regularmente marcando una boleta, de manera secreta. Puede ser considerado como un proceso de decisión en el cual los votantes son los decisores y

los partidos o candidatos son las alternativas. El voto puede ser secreto o público, directo o indirecto, simple (un votante, un voto), plural (un votante, varios votos) o acumulativo (tantos votos como candidatos a elegir). Cuando se vota por una de las opciones que se da a elegir lo llamamos voto activo.

La existencia de partidos políticos es el mejor medio para ejercer la democracia (Rosenblum, 2008). Los partidos resuelven problemas de toma de decisiones colectivas en las cámaras en el proceso de creación de las leyes (Aldrich, 1995). Ayudan a decidir a los votantes que no tienen tiempo o la determinación para informarse acerca de todos los candidatos y sus propuestas (Popkin, 1991). Forman una estructura electoral con una serie de opciones estables que disminuyen la incertidumbre en el proceso electoral, hacen que este se vuelva más predecible y extiende el horizonte de tiempo de los políticos (Mainwaring y Scully, 1995). Inculcan disciplina en los políticos y los instan a rendir cuentas (Alesina y Spear, 1988).

Rae (1969) define a los sistemas electorales como un conjunto de leyes que rigen los procesos por los cuales las preferencias se traducen en votos y estos votos se traducen en la elección de los gobernantes o partidos; afirma que los sistemas electorales rigen los procesos electorales en su totalidad, incluyendo al propio sufragio, los requisitos para el registro de partidos, la distribución de los distritos y el financiamiento de las campañas.

El modelo propuesto en este trabajo es aplicable a sistemas electorales de dos partidos. Lijphart (1994) menciona algunas ventajas de los sistemas de dos partidos; argumenta que tienen mayor estabilidad y centralismo político, lo cual puede provocar un crecimiento económico, son más fáciles de gobernar, tienen una menor propensión a la indecisión en las cámaras y menor divisibilidad política, el proceso de decisión de los votantes es menos complejo debido a la existencia de dos alternativas, se genera una menor interferencia en las políticas económicas; sin embargo, afirma que sus desventajas son que existe una menor competitividad partidaria, podrían generar apatía en los votantes ya que puede provocar una percepción de falta de alternativas, condicionan a los votantes a sólo dos opciones, impidiendo la libertad de elección, limitan la existencia de diversos puntos de vista en el gobierno.

Según Sirvent y Delgadillo (1997) diversos estudios empíricos sobre el comportamiento del electo-

rado en las democracias modernas han demostrado que existen segmentos de la población con considerable estabilidad en sus preferencias, lo cual indica un voto individual con alta predictibilidad en su comportamiento político a lo largo del tiempo. Giddens (1996) define este fenómeno como *el comportamiento electoral*, agrega que se puede describir como la lealtad que tienen los votantes hacia uno u otro candidato o partido en el proceso electoral. De ahí que se hable de identificación partidista estable, también conocida como voto duro, lo cual significa que los partidos políticos cuentan con una clientela electoral estable derivada de las condiciones de su estructura. En el otro extremo encontramos el abstencionismo y voto nulo, ambos manifiestan el desacuerdo o indiferencia de los votantes hacia las ideas de los candidatos propuestos. Por un lado, en la abstención, el votante decide no ejercer su derecho al voto, a diferencia del voto nulo, en donde el votante decide anular de forma cuantitativa cualquier preferencia por los candidatos competidores.

En los sistemas políticos democráticos se realizan campañas para la anulación del voto, una de sus razones principales es el reclamo de los votantes debido a su inconformidad con las ideas de los participantes propuestos. Finalmente el elector realiza una crítica política meditada y muchos optan por la anulación del voto de manera intencional. Existe la anulación del voto de manera no intencional, lo cual no es considerado en esta investigación.

Muchas de las características de los sistemas sociales son independientes de las opiniones particulares de cada individuo y de los detalles de las interacciones sociales que tengan. Ello permite que al modelar el comportamiento global se puedan utilizar las herramientas de la física estadística. Las hipótesis de los modelos de opinión se basan en la observación social que la gente tiende a realizar al intercambiar sus puntos de vista, y son estas interacciones la causa del cambio de opinión hacia un consenso entre toda la sociedad (Wasserman y Faust, 1994; Wilhelm, 2000). De esta manera, los modelos estocásticos de redes de *spin* son ampliamente utilizados para estudiar las características generales de formación de la opinión social (Travieso y Costa, 2006; Pabjan y Pekalski, 2008; Toivonen et al., 2009). Knoke y Yang (2008) definen el concepto de red como un grupo de objetos, también denominados nodos o vértices, relacionados o unidos entre ellos por medio de arcos. En una red social, los nodos representan a las personas y los arcos representan las relaciones que se presentan

entre las personas; esas relaciones pueden ser de amistad, parentesco, colaboración, información, entre otras. La decisión del voto puede cambiar o permanecer constante como consecuencia de dichas relaciones.

En general, los modelos de *spin* se componen de agentes activos que se fijan en los vértices de la red, cada agente puede asumir algún estado y su evolución se rige por una dinámica en particular. En el caso concreto de nuestro trabajo cada *spin* puede tener alguno de los siguientes estados $s = +1$ o $s = -1$, lo que corresponde a votantes con opiniones opuestas, o $s = 0$, que determina un estado neutral o un votante indeciso, además, el sistema evoluciona de acuerdo a una dinámica específica, la cual provoca que tienda a una estabilización entre los grupos, en donde ningún votante más puede cambiar de opinión. Uno de los modelos más populares es el modelo de la regla mayoritaria (Regenwetter, 2002). Diferentes propiedades de la regla mayoritaria son tratadas por Tideman (1986), Regenwetter (2002), Miroiu (2004), Chen y Redner (2005), entre otros.

En el modelo de dinámica de opinión estable con tres estados, desarrollado en este trabajo, al interactuar un *spin* con sus vecinos, sólo el *spin* seleccionado cambia de estado; mientras que en el modelo de la regla mayoritaria el *spin* seleccionado junto con sus vecinos cambian al mismo estado.

El modelo de la regla mayoritaria fue utilizado por primera vez en un simple modelo estadístico geométrico que muestra una transición de fase continua (Tsallis, 1982). En el contexto de la formación de la opinión, la regla de la mayoría fue utilizada originalmente en un modelo sencillo que describe el comportamiento del voto dentro de una sociedad jerárquica (Galam, 1999). Además, se constató que la dinámica de los modelos de la regla mayoritaria es dependiente de la topología de la red. Se considera que la mayoría de los modelos de comportamiento del voto son modelos no equilibrados, en dos dimensiones. Y el mallado regular aplicado a los sistemas pertenece a la misma universalidad que la del modelo de equilibrio de Ising, debido a la simetría arriba-abajo (Vilela y Moreira, 2009).

Recientemente, se demostró que la existencia de sociedades bien estructuradas dentro de una red social puede afectar drásticamente la dinámica de formación de la opinión (Lambiotte et al., 2007; Huang et al., 2008). En este trabajo las sociedades

son caracterizadas por diferentes condiciones sobre la conectividad de los agentes que estén dentro o fuera de esta. También estudiamos los efectos de la concentración inicial de los agentes activos e inactivos en la dinámica de la formación de opinión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para modelar la dinámica de opinión utilizamos una red cuadrada homogénea con N nodos conectados únicamente con sus cuatro vecinos de radio 1. Cada nodo $n_i \in [1, N]$ puede tomar alguno de los tres estados $i = +1, -1, 0$. En el contexto de la dinámica social, un nodo n_i con *spin* $i \neq 0$ está asociado con agentes activos; es decir, votantes con alguna preferencia política, mientras que los nodos con *spin* $i = 0$ están asociados con agentes inactivos o votantes no comprometidos o indecisos. Inicialmente los nodos con estado +1 y -1 son distribuidos con la condición de no cambiantes; es decir, voto duro.

Dentro del proceso de simulación en el cual la distribución inicial de los agentes activos es fijada de manera aleatoria, se guarda una relación definida por la Ecuación 1.

$$(n_0)_{\%s} = N - (n_{+1})_{\%s} - (n_{-1})_{\%s} \quad (1)$$

Donde:

$(n_0)_{\%s}$ representa el porcentaje inicial de nodos con *spin* 0 (votantes indecisos).

$(n_{+1})_{\%s}$ representa el porcentaje inicial de nodos con *spin* +1 (votantes con preferencia por el candidato A).

$(n_{-1})_{\%s}$ representa el porcentaje de nodos con *spin* -1 (votantes con preferencia por el candidato B).

Una fase subsecuente de actualización (ciclo) con respecto a la distribución inicial se obtiene cuando son seleccionados N nodos de la red de manera aleatoria y con reemplazo; cada nodo sólo interactuará con sus cuatro vecinos más cercanos y podrá modificar su estado de preferencia inicial de acuerdo a la preferencia mayoritaria vecinal de la fase. Por otro lado, el estado de equilibrio es alcanzado cuando ningún votante al interactuar con sus vecinos cambia de opinión, lo que permite interpretar matemáticamente el efecto del voto duro sobre el voto nulo. En la Figura 1 se da muestra de la distribución inicial en una red de 50×50 con el 10% de *spines* +1, en color negro, 10% de *spines* -1, en color blanco y 80% de *spines* neutros, en color gris.

Reglas del proceso de simulación

En el estado inicial los agentes son distribuidos uniformemente, de acuerdo a la corriente política emulada, todos dentro de una red cuadrada de tamaño variante, en este estado la suma de todos los agentes siempre es menor o igual al 100% del tamaño de la red. En una fase subsecuente de actualización cada agente es seleccionado aleatoriamente y con reemplazo, para analizar su posible cambio de estado de acuerdo al estado predominante entre sus cuatro vecinos. Este análisis individual define una iteración y N iteraciones definen un ciclo C , cuando es alcanzado el primer ciclo el proceso se inicia nuevamente con condiciones distintas a las iniciales incrementando el número de ciclos n , este proceso evoluciona hasta alcanzar el estado de equilibrio; es decir, donde no haya más iteraciones posibles por realizar.

Es importante señalar que la regla empleada impide la formación de franjas, lo que en consecuen-

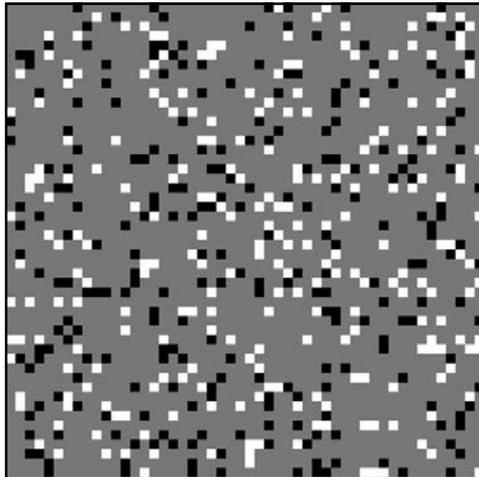


Figura 1. Estado inicial de una red de 50 x 50 con el 10% de *spines* +1 (negros), 10% de *spines* -1 (blancos) y 80% de nodos inactivos (grises). Imagen elaborada por los autores.

cia evita que se tenga una cinética lenta y exista un consenso (Balankin et al., 2011). Esto marca la diferencia entre nuestra regla y la regla de la mayoría relativa propuesta por Galam (1999). En la Figura 2 se muestra la diferencia entre la actualización al aplicar la regla propuesta y la regla mayoritaria sobre una red cuadrada; a) muestra la actualización en una interacción de un nodo considerando su opinión y sus cuatro vecinos más cercanos aplicando la regla propuesta y b) muestra la actualización en una interacción de un nodo aplicando la regla mayoritaria.

Los resultados presentados en este trabajo se obtuvieron después de analizar un espacio muestral de tamaño 100, para distintas dimensiones de la red:

$$N = 400, 900, 1600, 2500, 3600, 4900, 6400, 81000, 10000, 12100, 14400 \text{ y } 1000000.$$

Considerando una muestra al dejar que el sistema evolucione y llegue a su estado de equilibrio; es decir, no haya más cambios de estado entre los agentes.

La Figura 3 presenta el estado final de una red de agentes, que su estado inicial estaba definido por el 10% de su tamaño con agentes en un estado de *spines* +1 (negro), otro 10% del tamaño de la red con agentes en estado de *spines* -1 (blanco) y el 80% de la población restante con agentes con estado *spines* neutros (gris).

RESULTADOS

Comportamiento de agentes activos

En primer lugar, nos concentramos en la relación de agentes iniciales y finales con *spin* +1, realizando diversas pruebas establecidas mediante el porcentaje de agentes n_{+1} , $(n_{+1})\%_s$, en un intervalo de $[0, 0.5]N$ y manteniendo fijo el número de agentes $n_{-1}(n_{-1})\%_s$ en $0.5N$, para distintos valores de N . El

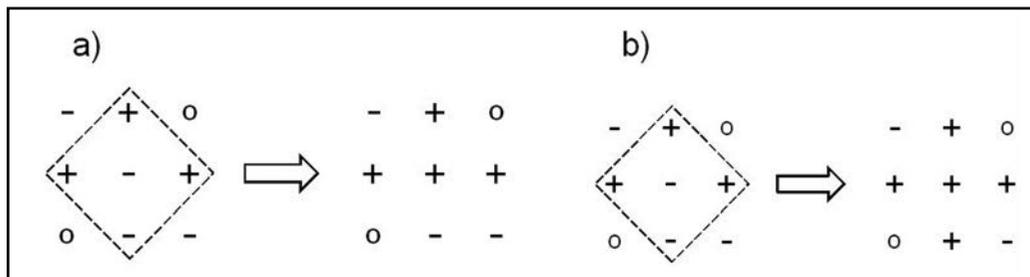


Figura 2. Ilustración de la diferencia entre la actualización de la aplicación de la regla mayoritaria y de la propuesta sobre una red cuadrada.



Figura 3. Estado final de una red de 50 x 50 con estado inicial de 10% de *spines* +1 (negros), 10% de *spines* -1 (blancos) y 80% nodos inactivos (grises).

porcentaje final de *spin* con estado +1 queda descrito por la Ecuación 2.

$$(n_{+1})_{%f} [(n_{+1})_{%s}] = 1.965((n_{+1})_{%s})^{1.8377} \quad (2)$$

Donde:

$(n_{+1})_{%f}$ representa el porcentaje de agentes con estado +1 obtenidos al llegar al estado de equilibrio. $[(n_{+1})_{%s}]$ representa el porcentaje de agentes con estado +1 distribuidos inicialmente.

La Figura 4, que se encuentra con escala logarítmica, describe un comportamiento estable de distribución de colas pesadas con respecto a $(n_{+1})_{%f}$, además esta distribución es modelada mediante la Ecuación (2), mostrando a su vez que el comportamiento se preserva bajo diferentes valores de N .

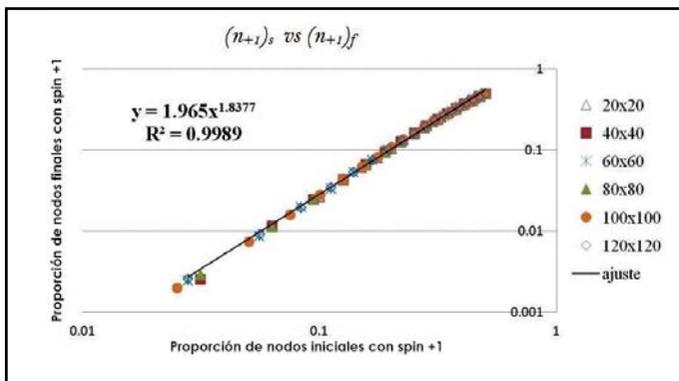


Figura 4. Proporción final de agentes con estado +1 con respecto a su estado inicial en redes de diferente tamaño.

Posteriormente se realizó la variación inicial de nodos $(n_{+1})_{%s} = (n_{-1})_{%s} \leq 0.5N$ y al aplicar la dinámica del modelo de simulación para un muestreo de diversos tamaños de redes, se concluye que ambos grupos tienen la misma probabilidad de terminar con mayor número de nodos activos.

Comportamiento de agentes inactivos

En el segundo análisis son fijados inicialmente los porcentajes de los nodos de la red de la siguiente manera: porcentaje de *spin* con valor -1, $(n_{-1})_{%s}$ igual al 0.5N%, y el porcentaje de *spin* con valor +1, $(n_{+1})_{%s}$ variable dentro del intervalo $[0, 0.5]N$. Con base en y de acuerdo a la evolución del sistema llegando al estado de equilibrio, se muestra que el porcentaje de abstencionistas o *spines* inactivos $(n_0)_{%f}$, en relación con el número $(n_{+1})_{%s}$ se distribuye normalmente, aquí resalta que máximo 2.5% de la población total final queda inactiva, condición que es alcanzada cuando $(n_{+1})_{%s} = 0.3N$, como se puede ver en la Figura 5. Es de resaltar que el comportamiento mostrado es independiente del valor asignado al tamaño de la red.

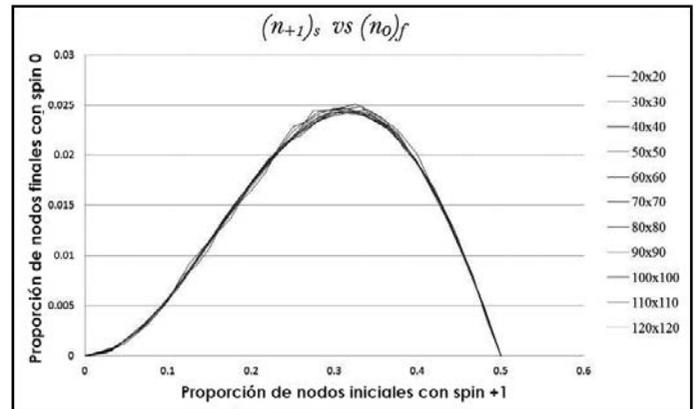


Figura 5. Distribución del número de votos nulos o agentes inactivos $(n_0)_{%s}$ en relación con el número $(n_{+1})_{%s}$.

Sin embargo, se debe mencionar que el número de nodos inactivos finales cambia dependiendo de la distribución espacial inicial de los nodos con *spines* -1 y +1. La Figura 6 muestra la gráfica del porcentaje final de nodos $(n_0)_{%s}$ en relación con la distribución inicial de *spines* activos, si estos últimos se distribuyen aleatoriamente en una red de 3600 nodos. La dinámica de distribución inicial de los distintos nodos activos consistió primeramente en seleccionar un valor fijo para $(n_{+1})_{%s}$ dentro del conjunto $\{0.1N\%, 0.2N\%, 0.3N\%, \dots, 0.9N\%\}$, posteriormente se relacionó el valor $(n_{+1})_{%s}$ con respecto del valor $(n_{-1})_{%s}$, de tal manera que si $(n_{+1})_{%s} = 0.1N\%$, entonces $(n_{-1})_{%s} = 0.9N\%$, $0.8N\%$, $0.7N\%$, ..., $0.1N\%$, si $(n_{+1})_{%s} = 0.2N\%$,

entonces $(n_{-1})_{\%s} = 0.8N\%, 0.7N\%, \dots, 0.1N\%$, este proceso de asignación concluye cuando se alcanzan los valores $(n_{+1})_{\%s} = 0.1N$ y $(n_{-1})_{\%s} = 0.1N\%$.

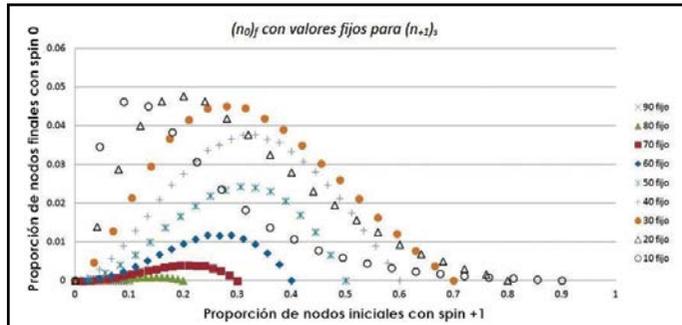


Figura 6. Porcentaje final de agentes con estado 0 con respecto al porcentaje inicial de agentes activos variando sus respectivas proporciones.

De acuerdo con la evolución del sistema bajo las condiciones iniciales comentadas y verificando la Figura 6, se observa que el valor máximo $(n_0)_{\%s}$ de agentes inactivos locales alcanzado es aproximadamente el 5% del tamaño N de la red, valor que es alcanzado al asignar $(n_{+1})_s = 0.2N\%$ y $(n_{-1})_s = 0.2N\%$. Esto da muestra de que la cantidad de agentes inactivos depende de la proporción inicial de nodos con *spin* con valor -1 y +1. De la Ecuación 1 y Figura 5 se puede inferir que este comportamiento se hereda para cualquier red de tamaño N .

Número de ciclos que definen el estado de equilibrio

Se considera que un sistema se encuentra en su estado de equilibrio cuando se llega al ciclo n tal que para el ciclo $n + 1$ ya no es posible que cualquier nodo cambie su estado actual. El ciclo n define entonces el valor de ciclos finales C_f .

En la Figura 7 se muestra el número n de ciclos C_f para conseguir el estado de equilibrio de diversos sistemas con N variable y con una distribución inicial fija de $(n_{+1})_{\%s}$ en $0.5N\%$ y un valor variable para $(n_{-1})_{\%s}$ dentro del conjunto $\{0.05N\%, 0.1N\%, 0.15N\%, 0.2N\%, \dots, 0.5N\%\}$.

Se puede observar de este comportamiento que el número de ciclos para llegar al estado de equilibrio es proporcional al tamaño de la red. Este hecho queda reflejado en la Ecuación 3.

$$C_f = 1.9329 * \ln(N) - 3.3343 \quad (3)$$

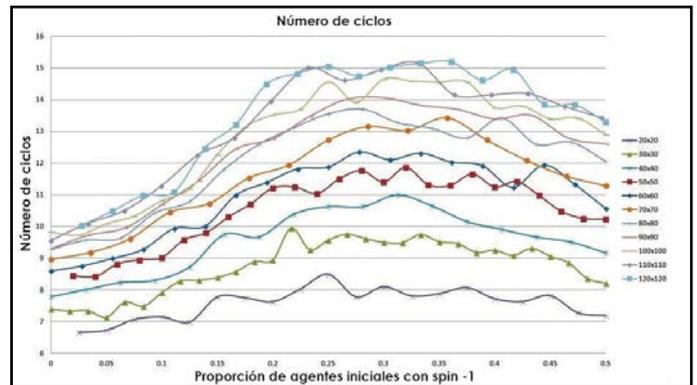


Figura 7. Número de ciclos que determinan el estado de equilibrio en diversas redes.

Modelos de la formación de la opinión, como los expuestos por Chen y Redner (2005) reportan un número grande de ciclos para conseguir su equilibrio, hecho que difiere de lo expuesto en este trabajo, tal como se muestra en la Figura 7.

DISCUSIÓN

El modelo propuesto en este trabajo es aplicado a sistemas electorales bipartidistas, como un primer acercamiento para simular el posible efecto del voto duro sobre el voto nulo, debido a que un sistema de dos partidos simplifica el estudio de este fenómeno, al reducir el número de variables agregadas al modelo. Por otro lado, podemos afirmar que este estudio podría ser un antecedente para futuras investigaciones en las que se consideren más contendientes en el proceso de simulación.

Otra razón por la cual se enfoca este estudio a sistemas bipartidistas, es porque estos prevalecen en países como Estados Unidos, Australia, Puerto Rico y Belice, por mencionar algunos, y aunque algunos autores exponen sus desventajas y proponen la transformación del sistema a uno multipartidista, estos aportan diversos beneficios a las naciones, los cuales han sido mencionados en este trabajo, como lo expone Lijphart (1994).

En México, en diversas ocasiones las contiendas electorales se reducen a votaciones de dos candidatos, debido a la formación de coaliciones o la falta de participación de ciertos partidos en algunos municipios o estados. En tales casos, el modelo propuesto en este trabajo podría resultar un ejercicio pertinente al simular el posible efecto del voto duro sobre el voto nulo.

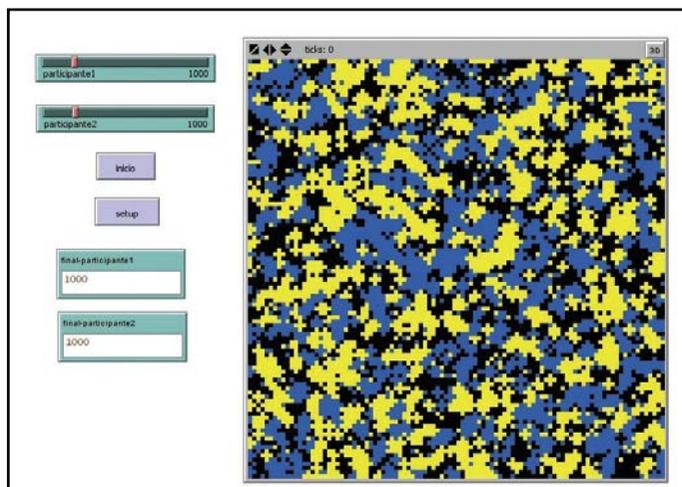


Figura 8. Red electoral general a través de MetLogo. Imagen elaborada por los autores.

Se propone una regla alternativa que evita generar fronteras entre los agentes, comúnmente denominadas franjas; asimismo, evita la existencia de un consenso. Como resultado de la dinámica del modelo ocurre la transformación de la opinión, únicamente del agente observado, a diferencia de la regla mayoritaria propuesta por Galam (1999), en la cual el agente observado y sus cuatro vecinos, todos, cambian al mismo estado, además busca el consenso y su dinámica genera franjas.

En nuestro modelo el número de ciclos necesarios para lograr el equilibrio es menor que en otros modelos de formación de la opinión, como los expuestos por Chen y Redner (2005). Esta regla podría ser una alternativa en el proceso de simulación de la formación de la opinión.

CONCLUSIONES

El modelo presentado muestra un primer acercamiento para explicar el comportamiento del voto nulo intencionado en las contiendas electorales a través del voto duro, basado en un ámbito electoral democrático; hay que recordar que existen diferentes variables reales de las que depende la modelación. Sin embargo, solo se está simulando la interpretación de un modelo que considera la votación efectiva de una contienda. En este caso los participantes con voto activo y preferencia política afectan a la concentración final de votantes con su misma preferencia de forma potencial (Ecuación 2). La afectación del voto activo con preferencia queda explicada por el número de ciclos que definen la estabilidad en un sistema. Un efecto visualizado durante la evolución del sistema y preservado para cualquier tamaño N es el hecho de que algunos agentes de la red no muestran preferencia alguna, esto queda explicado por la consecuencia que genera un agente rodeado de manera equitativa por agentes activos de diferentes preferencias; es así como el votante opta por anular su voto, esto es logrado con mayor frecuencia cuando se tiene una concentración espacial inicial de votantes activos con preferencia de 20% para ambos simpatizantes.

Por otro lado, el número de ciclos sí es afectado por el tamaño de la red; sin embargo, el orden del número máximo de ciclos que tiene que transcurrir en un sistema para tomar una decisión es de 24 (Figura 7).

LITERATURA CITADA

- ADJEI, J. K. Ethnicity and Voting Behavior in the Ashanti and Volta Regions of Ghana: A Cramp in the Wheel of a Fledgling Democracy? *Journal of Global Initiatives: Policy, Pedagogy, Perspective*, 7(1): 1-14, 2012.
- ALDRICH, J. H. *Why Parties? The Origin and Transformation of Political Parties in America*. Chicago, US: The University of Chicago Press, 1995.
- ALESINA, A. y SPEAR, S. E. An Overlapping Generation Model of Electoral Competition. *Journal of Public Economics*, 37(3): 359-379, 1988.
- BALANKIN, A. S. et al. Effect of initial concentration and spatial heterogeneity of active agent distribution on opinion dynamics. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(21): 3876-3887, 2011.
- CHEN, P. y REDNER, S. Majority rule dynamics in finite dimensions. *Physical Review E*, 71(3): 036101, 2005.
- GALAM, S. Application of statistical physics to politics. *Physica A*, 274, 132-139, 1999.
- GIDDENS, A. *Más allá de la izquierda y la derecha: El futuro de las políticas radicales*. Madrid, España: Cátedra, 1996.
- HUANG, G. et al. The strength of the minority. *Physica A*, 387, 4665-4672, 2008.
- KNOKE, D. y YANG, S. *Social Network Analysis (Quantitative Applications in the Social Sciences)*. US: Sage Publications, 2008.
- LAMBIOTTE, R. et al. Majority model on a network with communities. *Physical Review E*, 75, 030101(R), 2007.
- LIJPHART, A. *Electoral Systems and Party Systems: A study of twenty-seven Democracies 1945-1990*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1994.
- MAINWARING, S. y SCULLY, T. R. Introduction: Party Systems in Latin America. En S. Mainwaring & T. R. Scully (Eds.), *Building Democratic Institutions: Party Systems in Latin America* (1-34). Stanford, CA, US: Stanford University Press, 1995.
- MIROIU, A. Characterizing majority rule: from profiles to societies. *Economics Letters*, 85(3): 359-363, 2004.
- PABJAN, B. y PEKALSKI, A. Model of opinion forming and voting. *Physica A*, 38, 6183, 2008.
- POPKIN, S. L. *The Reasoning Voter: Communication and Persuasion in Presidential Campaigns*. Chicago, US: The University of Chicago Press, 1991.
- RAE, D. *The Political Consequences of Electoral Laws*. New Haven, Connecticut, US: Yale University Press, 1969.
- REGENWETTER, M. et al. A general concept of majority rule. *Mathematical Social Sciences*, 43(3): 405-428, 2002.
- ROSENBLUM, N. L. *On the Side of the Angels: An Appreciation of Parties and Partisanship*. Princeton, NJ, US: Princeton University Press, 2008.
- SIRVENT, C. y DELGADILLO, F. Realignamiento del voto y nuevo orden electoral 1997. *El Nacional*, p. 2, jueves 10 de abril de 1997.
- TIDEMAN, T. N. A Majority-Rule Characterization with Multiple Extensions. *Social Choice and Welfare*, 3(1): 17-30, 1986.
- TOIVONEN, R. et al. A comparative study of social network models: Network evolution models and nodal attribute models. *Social Networks*, 31(2009): 240-254, 2009.
- TRAVIESO, G. y COSTA, L. F. Spread of opinions and proportional voting. *Physical Review E*, 74, 036112, 2006.
- TSALLIS, C. A majority rule model: real space renormalization group solution and finite size scaling. *Journal de Physique Letters France*, 43, L471-L476, 1982.
- VILELA, A. L. M. y MOREIRA, F. G. B. Majority-vote model with different agents. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 388(19): 4171-4178, 2009.
- WASSERMAN, S. y FAUST, K. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge, UK-NY, US: Cambridge University Press, 1994.
- WILHEIM, G. *Democracy in the digital age: challenges to political life in cyberspace*. NY, US-London, UK: Routledge, 2000.

Patentes e innovación de nanotecnologías en México

Patents and innovation of nanotechnologies in Mexico

Guillermo Foladori¹, Edgar Ramón Arteaga Figueroa^{1*}, Eduardo Robles Belmont², Edgar Záyago Lau¹, Richard Appelbaum³, Rachel Parker⁴

Foladori, G., Arteaga Figueroa, E. R., Robles Belmont, E., Záyago Lau, E., Appelbaum, R., Parker, R. Patentes e innovación de nanotecnologías en México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 86-90, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

El presente artículo analiza 20 años de patentes de nanotecnologías en México, se muestra su evolución histórica, instituciones propietarias y origen privado o público. Las patentes se identifican con al menos un inventor radicado en México y se determina si estas fueron solicitadas por el sector público, privado o por personas físicas particulares. Los resultados muestran que la investigación sobre nanotecnologías en México inicia de manera colectiva a principios de los años noventa, aunque la innovación medida en patentes tarda por lo menos una década más en manifestarse. La etapa de mayor crecimiento de las licencias en este rubro en México coincide con el fin de la primera década del siglo XXI; además, la mayor parte se concentra en universidades y centros públicos de investigación. Se concluye que al complementar su análisis con otros indicadores,

Palabras clave: nanotecnologías, México, innovación, patentes, indicador, transferencia tecnológica.

Keywords: nanotechnology, Mexico, innovation, patents, indicator, technology transfer.

Recibido: 4 de mayo de 2015, aceptado: 14 de diciembre de 2015

¹ Universidad Autónoma de Zacatecas.

² Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, Universidad Nacional Autónoma de México.

³ Departamento de Sociología y Estudios Globales e Internacionales, Universidad de California.

⁴ Instituto de Política de Ciencia y Tecnología, Universidad George Washington.

* Autor para correspondencia: arteagafigueroa@gmail.com

⁵ El término *general purpose technologies* (tecnologías de propósito general), o GPT, se utiliza para describir los cambios tecnológicos que afectan a amplios sectores de la economía, transforman tanto la vida doméstica como las formas de producción de las empresas. El vapor, la electricidad, el motor de combustión interna y las tecnologías de la información (TI) a menudo se clasifican como GPT por esta razón (Jovanovic y Rousseau, 2005).

las licencias pueden considerarse un indicador aproximado de intensidad de innovación en un determinado campo tecnológico.

ABSTRACT

The article analyzes 20 years of nanotechnology patents in Mexico, showing its historical evolution, proprietary institutions and private or public origin. Patents with at least one inventor based in Mexico were identified and it was determined if these were requested by the public sector, private sector or by particular individuals. The results show that nanotechnology research in Mexico started collectively in the early nineties; but innovation, measured by patents, took at least another decade to develop itself. The period of greatest growth of nanotechnology patents in Mexico coincides with the end of the first decade of the XXI century; besides, most are concentrated in universities and public research centers. Conclusions show that, if the analysis is complemented with other indicators, patents can be considered a rough indicator of intensity of innovation in a determined technological field.

INTRODUCCIÓN

Las nanotecnologías son consideradas tecnologías de propósito general (*GPT-general purpose technologies*)⁵, por ello pueden aplicarse a cualquier sector económico (Bresnahan y Trajtenberg, 1995; Shea et al., 2011). Incluyen una variedad de procedimientos caracterizados por la manipulación de la materia a escala atómica y molecular, lo cual permite que la materia manifieste propiedades fisicoquímicas diferentes a las que presenta en tamaño mayor. Estas propiedades permiten nuevas funciones a los materiales

ya conocidos y, por tanto, las nanotecnologías constituyen una revolución que se expande rápidamente en todos los sectores económicos.

Este artículo analiza 20 años de patentes de nanotecnologías en México, mostrando la evolución histórica, las instituciones propietarias y su origen privado o público. Los resultados muestran, por primera vez, el panorama de las invenciones en este ramo en México mediante el análisis de sus licencias.

Hoy día existe una importante presencia de productos nanotecnológicos en el mercado, prueba de ello son los más de 1,800 productos manufacturados a base de nanotecnologías que han sido inventariados por el *Project on Emerging Nanotechnologies* del *Woodrow Wilson International Center for Scholars* (WWICS, s/f). Sin embargo, debido a que se trata de tecnologías emergentes, las bases de datos para su estudio son reducidas.

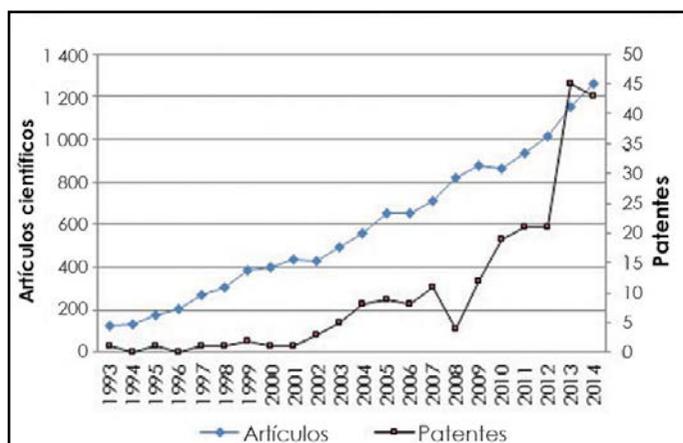


Figura 1. Artículos científicos producidos en México y patentes de mexicanos en nanotecnologías. Elaboración propia a partir de Espacenet y Web of Science.

Una patente es un derecho de monopolio que proporciona cobertura temporal y espacial sobre un proceso o producto, y que es otorgada por el Estado al inventor para que este explote su invención. Es susceptible de registrarse únicamente cuando la invención ofrece un conocimiento novedoso, que pueda ser aplicado de manera industrial. Al momento de registrar una licencia se está ofreciendo información para que cualquiera pueda aplicarla, una vez ne-

gociado el otorgamiento de licencias o el cobro de regalías. Bajo estos criterios, la patente es un premio que incentiva al inventor y que, además, compensa gastos de I&D que de otra forma no se realizarían.

Diversas oficinas de protección a la propiedad intelectual se encargan de publicar las licencias otorgadas. Estas instituciones mantienen bases de datos sobre las patentes y el acceso a esta información depende de una diversidad de factores como el costo de acceso, la estructura de las bases de datos y las plataformas para la consulta de la información. Existen además otras instituciones que elaboran bases de datos de dichas cédulas. Algunas de estas bases de datos pueden estar desagregadas y especializarse en diferentes campos tecnológicos (Jordan, 2014) (p.ej. biotecnología, medicina, materiales); existen también otras bases de datos más generales, respecto a los campos tecnológicos, pero estas solo comprenden patentes que se producen y se otorgan en determinadas regiones y países.

En el desarrollo de esta investigación se utilizó la base de datos de la Oficina Europea de Patentes (EPO, por sus siglas en inglés), una de las más grandes que existen y que ofrece el servicio Espacenet, un servicio gratuito de consulta. Se realizaron diversas búsquedas utilizando términos específicos no mayores a 10 palabras dentro de los títulos y resúmenes de las patentes. Para efecto de identificar las patentes que tienen relación con México se buscó el término "Mx" en el campo del inventor. A partir de esta búsqueda se logró conformar una base de datos de 217 patentes con por lo menos un inventor radicado en México.

Se realizó un comparativo que muestra la evolución de patentes y artículos científicos sobre nanociencias y nanotecnologías con autores radicados en México durante el mismo periodo.⁶ La idea de comparar ambos indicadores permite observar la evolución de la producción científica en nanotecnologías, medida por documentos, cuyos resultados constatan la precariedad en la transferencia de las nanotecnologías medidas en patentes. Lo anterior se ve reflejado en el constante crecimiento de la producción de artículos científicos frente al crecimiento discontinuo de las patentes (Figura 1).

La primera licencia sobre nanotecnologías que se publicó en México es de 1993, lo cual corresponde con lo que ocurrió en muchas otras regiones del mundo. Se debe considerar que a principios de la

⁶ La obtención de los datos sobre la producción de artículos científicos en el campo de las nanociencias y nanotecnologías en México se ha hecho a partir de la consulta de la *Web of Science* empleando las mismas palabras clave de la estrategia de búsqueda usada para las patentes, esto con el fin de poder comparar las evoluciones de ambos tipos de indicadores.

década de los noventa, y de manera significativa, autores radicados en México comenzaron a publicar artículos científicos sobre este rubro (Robles Belmont y Vinck, 2011). Sin embargo, durante dicha década solo se registraron seis patentes sobre este ramo en México. El crecimiento se da sobre el inicio de la segunda década de este siglo, lo que implica un atraso relativo en el ritmo de crecimiento de entre siete y ocho años con respecto de la tendencia mundial observada en países desarrollados. Se puede decir entonces que la investigación en este tema en México inicia de manera colectiva a principios de la década de los noventa, mientras la innovación medida en licencias tarda una década más en manifestarse. México registró, en un periodo de 21 años (1993-2014), 217 patentes en nanotecnologías con al menos un inventor radicado en el país.

En la Tabla 1 se muestra la concentración de este tipo de patentes según tipo de aplicante y únicamente para quienes han registrado tres o más licencias. Dentro del tipo de aplicante se distinguen

tres grupos: centros de investigación e instituciones públicas, empresas privadas y personas físicas. Este cuadro cubre 153 patentes de las 217 totales. Los renglones sombreados identifican a instituciones de investigación pública, que registran 83% de las patentes que aparecen en el cuadro, y permiten visualizar un proceso de concentración de las mismas por parte de instituciones públicas.

Si en lugar de analizar la concentración de las patentes según quienes más registran se lo hace según el aplicante (público, empresa privada, persona física) la participación del sector privado (empresas privadas + persona física) mejora en algo. En este caso, la empresa privada y las personas físicas en conjunto abarcan un poco más del 30% del total de las licencias (Tabla 2).

La etapa de mayor crecimiento de las patentes en nanotecnologías en México coincide con el fin de la primera década del siglo XXI; además, se mantiene constante la distribución proporcional

Tabla 1. Concentración de las patentes por aplicante con tres o más patentes

Solicitantes	Patentes	% de 217
Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) [Mx]	29	13.36
Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) [Mx]	23	10.60
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) [Mx]	20	9.22
Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) [Mx]	13	5.99
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) [Mx]	9	4.15
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV) [Mx]	7	3.23
Industria Peñoles, S. A. de C. V. [Mx]	6	2.76
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) [Mx]	5	2.30
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) [Mx]	5	2.30
Instituto Politécnico Nacional (IPN) [Mx]	5	2.30
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) [Mx]	4	1.84
Universidad de Sonora (UNISON) [Mx]	4	1.84
Vidrio Plano de México, S. A. de C. V. [Mx]	4	1.84
Universidad Autónoma de Baja California (UABJ) [Mx]	4	1.84
Allemann Eric [Ch]	3	1.38
Fessi Hatem [Fr]	3	1.38
Doelker Eric [Ch]	3	1.38
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) [Mx]	3	1.38
Quintanar Guerrero David [Mx]	3	1.38
Total de patentes con aplicantes con tres o más patentes	153	70.51

Tabla 2. Distribución anual de patentes por aplicante

Año	Instituciones públicas	Empresas privadas	Personas físicas, particulares	TOTAL
1993	-	1	-	1
1994	-	-	-	0
1995	-	1	-	1
1996	-	-	-	0
1997	1	-	-	1
1998	1	-	-	1
1999	2	-	-	2
2000	-	1	-	1
2001	1	-	-	1
2002	2	2	-	4
2003	4	-	1	5
2004	4	1	2	7
2005	8	1	-	9
2006	8	-	-	8
2007	8	2	1	11
2008	4	-	-	4
2009	9	1	2	12
2010	11	6	2	19
2011	12	4	5	21
2012	12	5	4	21
2013	31	7	7	45
2014	30	10	3	43
Total	148	42	27	217

Elaboración propia a partir de Espacenet.

de las instituciones públicas en relación con las instituciones privadas y personas físicas. En términos generales alrededor de 60 y 70% de este tipo de permisos tiene su origen en instituciones públicas.

CONCLUSIONES

Las nanotecnologías poseen la capacidad de insertarse en cualquier sector de la economía y por ello son consideradas de propósito general. Estas tecnologías se han expandido rápidamente en todo el mundo en las últimas dos décadas, y México no ha estado ausente. Junto con otras tecnologías como las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) y las biotecnologías, constituyen una palanca para la innovación y el desarrollo. Es de importancia

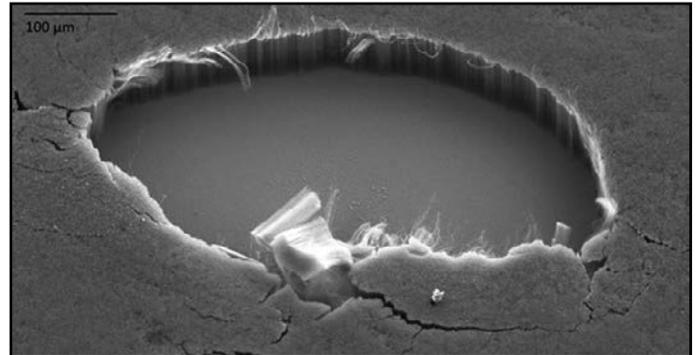


Figura 2. Estructura interna de una capa de nanotubos de carbono alineados verticalmente que absorbe alrededor de 99% de la radiación ultravioleta, luz visible e infrarroja que incide sobre ella. Fotografía de Stephanie Getty, NASA Goddard (NASA, 2011).

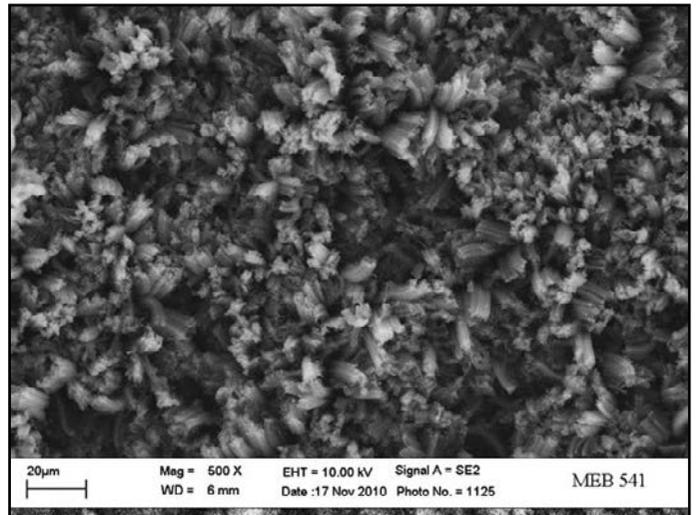


Figura 3. Esta imagen muestra una vista cercana de nanotubos de carbono huecos. Una capa de este material es percibida por el ojo humano como un material negro debido a que atrapa la luz e impide su reflexión. Fotografía de Stephanie Getty, NASA Goddard (NASA, 2011).

económica y política poder estimar el papel de las nuevas tecnologías en la economía y la innovación, pero este es un reto difícil debido a dificultades intrínsecas para la medición y a falta de bases de datos apropiadas.

Las patentes son ampliamente utilizadas como indicador privilegiado para medir la innovación. Aquí divulgamos algunos resultados de una investigación en curso entre la Unidad en Estudios del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas y el Centro de Nanotecnología y Sociedad de la Universidad de California-Santa Bárbara.

Cuando se utilizan las patentes para analizar el proceso de transferencia tecnológica en un área determinada se presentan dificultades teóricas y metodológicas. Sin embargo, al complementar su análisis con otros indicadores los permisos pueden llegar a considerarse un indicador aproximado de la intensidad de innovación en un determinado campo tecnológico. En este caso comparamos patentes y artículos científicos publicados. La distancia de cerca de diez años entre las publicaciones científicas y las patentes es un indicador aproximado de la también distancia entre la generación de conocimiento y su transferencia al sector productivo.

Al analizar las patentes de nanotecnologías con al menos un inventor radicado en México obtuvimos un total de 217 en los últimos 21 años. Es de destacarse que poco más de 60% de estas patentes se origina en instituciones públicas y que, de esta cantidad, más de 40% se concentra en cuatro instituciones: Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV).

Algunas enseñanzas pueden extraerse de esta información. La primera es que México ha incursionado en la investigación y desarrollo de las nanotecnologías, al igual que prácticamente todos los países desarrollados y muchos en vías

de desarrollo, lo cual demuestra la existencia de capacidades personales y de recursos físicos para tal reto. La segunda es que existe un rezago entre la generación de conocimiento y su potencial aplicación. Esto puede deberse a varios factores que requieren investigación particular, pero constituye, sin duda, una dificultad para que los esfuerzos en Investigación y Desarrollo se transformen en palanca de innovación y desarrollo. La tercera enseñanza se refiere a la falta de presencia en el registro de licencias por parte de las empresas, dado que la abrumadora mayoría de las patentes son registradas por el sector público. Si a esto último se le suma el hecho de que los artículos científicos también corresponden a autores asociados a instituciones públicas, resulta claro que la empresa privada en México tiene una débil presencia en la investigación en nanociencias y nanotecnologías. Esta información alerta para la necesidad de políticas públicas más idóneas para incorporar al sector privado a la investigación y desarrollo y también para la transferencia del conocimiento del sector público al productivo.

Agradecimientos

Este trabajo es parcialmente financiado por el Proyecto "Nanotechnology in the Mexican industrial policy. A comparative methodological framework" UC MEXUS-CONACYT Collaborative Grant, 2014-2015. Este artículo es resumido de uno más amplio que incluye un análisis de las patentes en la cadena de valor de las nanotecnologías en México.

LITERATURA CITADA

- BRESNAHAN, T. F. y TRAJTENBERG, M. General purpose technologies "Engines of growth"? *Journal of Econometrics*, 65(1): 83-108, 1995.
- JORDAN, C. C. et al. Nanotechnology Patent Literature Review: Graphitic Carbon-Based Nanotechnology and Energy Applications Are on the Rise. *Nanotechnology Law & Business*, 11(2): 111-125, 2014.
- JOVANOVIC, B. y ROUSSEAU, P. L. General Purpose Technologies. En P. Aghion & S. Durlauf (Eds.), *Handbook of Economic Growth* (1182-1221). Vol. 1B. Elsevier B.V., 2005.
- ROBLES BELMONT, E. y VINCK, D. A Panorama of Nanoscience Developments in Mexico Based on the Comparison and Crossing of Nanoscience Monitoring Methods. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 11(06): 5499-5507, 2011.
- SHEA, C. M. et al. Nanotechnology as general-purpose technology: empirical evidence and implications. *Technology Analysis & Strategic Management*, 23(2): 175-192, 2011.

De páginas electrónicas

- NASA (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION). *NASA Develops Super-Black Material That Absorbs Light Across Multiple Wavelength Bands*. 2011. Recuperado el 17 de octubre de 2015, de <http://www.nasa.gov/topics/technology/features/super-black-material.html>
- WWICS (WOODROW WILSON INTERNATIONAL CENTRE FOR SCHOLARS). Nanotechnology. Consumer Products Inventory. *The Project on Emerging Nanotechnologies*. [Portal]. Recuperado el 15 de abril de 2015, de <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>

Florecimientos algales nocivos en las costas de Campeche, Golfo de México

Harmful algal blooms in the coastal waters of Campeche, Gulf of Mexico

Carlos Antonio Poot Delgado^{1*}

Poot Delgado, C. A. Florecimientos algales nocivos en las costas de Campeche, Golfo de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 91-96, mayo-agosto 2016.

RESUMEN

El presente estudio describe el estado de conocimiento sobre florecimientos algales nocivos (FAN) en las aguas costeras del estado de Campeche, México. Se realizó una búsqueda bibliográfica de 1965 a 2014 consultando reportes oficiales, reuniones académicas y artículos especializados (aproximadamente 30). El análisis de la literatura mostró que ha habido un avance significativo en los reportes de FAN. La abundancia de las especies nocivas presentó valores altos (10^6 células l⁻¹) durante la temporada de lluvias (junio-septiembre). Se registró la presencia de especies potencialmente nocivas: los dinoflagelados *Karenia brevis*, *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense*, *Prorocentrum mexicanum*, *P. minimum* y la cianobacteria *Cylindrospermopsis cuspidata*.

ABSTRACT

The present study describes the state of knowledge of harmful algal blooms (HAB) in the coastal waters of the State of Campeche, Mexico. A bibliography on the subject was compiled during the period from 1965 to 2014 and considers official reports, scientific meetings and specialized articles (approximately 30). An analysis of the literature showed significant advances

Palabras clave: Campeche, dinoflagelados, florecimientos algales nocivos, Golfo de México, microalgas.

Keywords: Campeche, dinoflagellates, Gulf of Mexico, harmful algal blooms, microalgae.

Recibido: 24 de marzo de 2015, aceptado: 21 de marzo de 2016

¹ Instituto Tecnológico Superior de Champotón.

* Autor para correspondencia: cpoot@itescham.edu.mx

in the reports of HAB. The abundance of noxious species was the highest (10^6 cells l⁻¹) in the rainy season (June-September). The following potentially harmful species were reported: the dinoflagellates *Karenia brevis*, *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense*, *Prorocentrum mexicanum* and *P. minimum*, and the cyanobacterium *Cylindrospermopsis cuspidata*.

INTRODUCCIÓN

Más de 70% de la población humana reside dentro de los primeros 100 km de la zona costera (Paerl et al., 2006), lo que da como resultado más evidente el enriquecimiento de nutrientes (nitrógeno, fósforo y silicato), y una variedad de micronutrientes (metales traza y vitaminas) diluidos en el medio costero (Anderson et al., 2012). Ello ocasiona cambios en la producción primaria, clorofila *a* y la abundancia celular (Bricker et al., 2003), evidenciado por el aumento de los florecimientos algales nocivos (FAN) (Glibert et al., 2005), que producen respuestas tales como hipoxia y anoxia en la columna de agua (Kaas et al., 2005).

Los FAN consisten en un crecimiento explosivo de organismos fotosintéticos, mixótrofos o heterótrofos susceptibles de afectar a otros organismos (incluyendo al hombre) que utilizan el ambiente acuático. Pueden causar intoxicaciones a través de la producción de sustancias químicas (toxinas), alterando la fisiología de los organismos afectados (Smayda, 1997).

Los síndromes tóxicos más conocidos causados por fitoplancton son: el PSP (intoxicación paralítica de los bivalvos), el DSP (intoxicación diarreica de los bivalvos), el ASP (intoxicación amnésica de los

bivalvos) y el NSP (intoxicación neurotóxica de los bivalvos) (Sar et al., 2002).

En México, en una reciente revisión sobre los FAN (Band Schmidt et al., 2011) se observa un incremento en los reportes de especies nocivas; así como sus efectos en los cultivos de camarón (Alonso Rodríguez y Páez Osuna, 2003) y en organismos silvestres (Núñez Vázquez et al., 2011; Gárate Lizárraga y González Armas, 2014).

Dado que los FAN representan una seria amenaza se requiere describir la información básica sobre las especies causantes en diversas regiones, hábitats y diferentes épocas del año. Esta revisión da a conocer el estado de conocimiento de los estudios de FAN en el ámbito marino en las costas campechanas, con el objetivo de analizar los reportes cada vez más frecuentes sobre las especies causantes.

Diatomeas y dinoflagelados nocivos

En estudios realizados en el banco de Campeche, autores rusos reportaron FAN de dinoflagelados planctónicos desde julio de 1965, en donde observaron y registraron una coloración en el agua de mar producida por el dinoflagelado *Scrippsiella trochoidea* reportado como *Gonyaulax minima* y *Karenia brevis* reportado como *Gymnodinium breve* (Okolodkov, 2003).

Desde 2003 la Comisión para la Protección contra Riesgos Sanitarios del estado de Campeche (COPRISCAM) integró el Proyecto Nacional de Marea Roja bajo la coordinación de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) realizando monitoreos a lo largo del litoral campechano (Figura 1).

La COPRISCAM registró florecimientos de *Pyrodinium bahamense* en septiembre de 2005, en la bahía de Campeche y de *K. brevis* en Frontera, Tabasco y Nuevo Campechito. Para 2006, *Peridinium quinquecorne* se reportó en la bahía de Campeche. En junio y septiembre de 2008 *Rhizosolenia* y *Chaetoceros* estuvieron presentes, al igual que *Pseudonitzschia* spp., en la región norte del litoral del estado de Campeche (Tabla 1).

Ese año en la zona de los Petenes y la bahía de Campeche los dinoflagelados nocivos: *P. bahamense*, *Prorocentrum mexicanum*, *Prorocentrum minimum*, *Prorocentrum hoffmanianum*, *Gymnodinium*



Figura 1. Litoral del estado de Campeche con reportes de FAN. Los números indican sitios con reportes de FAN de 2003-2014. Mapa elaborado por Jorge A. Ortiz Lozano.

catenatum y *Gambierdiscus* estuvieron presentes en la época de lluvias (junio-octubre), con rangos de abundancias de 100 a 26×10^4 células l^{-1} (Poot Delgado y Guzmán Noz, 2010).

El dinoflagelado nocivo *Prorocentrum micans* fue observado en el área de extracción de ostión en la Laguna de Términos en mayo de 2010; en el 2011 se observó a *K. brevis* en la costa de Calkini, Hecelchakan y Campeche (Soto Ramos et al., 2012; Del Ángel Tafuya, 2013).

En las aguas costeras de Champotón en el centro del estado de Campeche, de mayo de 2010 a noviembre de 2011 Poot Delgado y Rosado García (2013) reportan la presencia de *Gambierdiscus*, *G. catenatum*, *K. brevis*, *P. bahamense*, *P. mexicanum*, *P. minimum* y *P. hoffmannianum*, con abundancia del orden de 10^4 células l^{-1} (Tabla 1).

En noviembre de 2013 se registró a la diatomea *Rhizosolenia* con una abundancia máxima de 1.8×10^5 células l^{-1} , que puede estar asociada a la mortandad de peces y mantarrayas, probablemente por la disminución de las concentraciones normales de oxígeno disuelto (Rendón von Osten et al., 2013).

Tabla 1. Especies causantes de florecimientos algales nocivos en las costas de Campeche

Especie	Localidad	Fecha	Abundancia máxima (células l ⁻¹)	Referencias
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>bahamense</i> ¹	Costa Villamar, Champotón	20 de marzo de 2005	30,000	COPRISCAM y LESP*
	Malecón de Campeche	9 de agosto de 2005	330,000 315,000	
<i>Scrippsiella</i> spp. ⁵	Banco de Campeche	24 de agosto de 2005	300,000	Soto Ramos et al. (2012)
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. ¹	Isla Arena, Calkini	8 de diciembre del 2005	30,000	COPRISCAM y LESP*
<i>Proocentrum compressum</i> ? ¹	Nvo. Campechito, Cd. Del Carmen	11 al 17 de abril 2007	185,000	
<i>Anabaena</i> sp. ³	Bahía de Campeche	Diciembre de 2007	323,000	Poot Delgado y Guzmán Noz (2010)
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>bahamense</i> ¹		Abril de 2008	80,000	Poot Delgado et al. (2009)
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. ¹	Región norte litoral (costa de Calkini-Hecelchakan)	26 junio al 05 septiembre de 2008	450,000	COPRISCAM y LESP*
<i>Rhizosolenia</i> sp. ⁵			360,000	
<i>Chaetoceros</i> sp. ⁴			260,000	
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. ¹	Bahía de Campeche	Diciembre de 2008	64,000	Poot Delgado y Guzmán Noz (2010)
<i>Leptocylindrus</i> sp. ⁵	Región centro litoral (costa de Campeche-Champotón)	18 septiembre al 18 de octubre 2009	870,000	COPRISCAM y LESP*
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> ? ¹			76,000	
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>bahamense</i> ¹			20,000	
<i>Anabaena</i> sp. ³	Litoral de Champotón	Febrero de 2010	100,000	Poot Delgado y Rosado García (2013)
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>bahamense</i> ¹		Julio de 2010	311,000	
<i>Oscillatoria erythraea</i> ? ³	Malecón de Campeche	9 de agosto de 2010	36,000	COPRISCAM y LESP*
<i>Chaetoceros</i> spp. ⁴	Litoral de Champotón	Noviembre de 2010	1,100,000	Poot Delgado y Rosado García (2013)
	Región centro litoral (Campeche-Champotón)	05 al 26 de agosto de 2010	196,666	COPRISCAM y LESP*
88,000				
<i>Peridinium quinquecorne</i> ⁵			47,660	
<i>Prorocentrum mexicanum</i> ⁴				
<i>Cylindrotheca closterium</i> ⁵	Sistemas fluviolagunares Pom-Atasta y Palizada del Este	12, 13 de febrero de 2011	525,000	Muciño Márquez et al. (2014)
<i>Karenia brevis</i> ? ¹	Región norte litoral (Calkini, Hecelchakan, Tenabo, Campeche y Champotón)	15 al 28 de septiembre 2011	3,992,000	COPRISCAM y LESP*
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. ¹			50,000	
<i>Prorocentrum mexicanum</i> ⁴	Banco ostrícola (Laguna de Términos)	Marzo de 2012	150,000	Poot Delgado et al. (2015a)
<i>Gymnodinium</i> sp. ¹		Abril de 2012	150,000	
<i>Karenia</i> spp. ¹	Banco de Campeche	9 de septiembre de 2012	3,000,000	Soto Ramos et al. (2012)
<i>Cylindrospermopsis cuspis</i> ³	Banco ostrícola (Laguna de Términos)	18 de octubre de 2012	10,860,000	COPRISCAM y LESP*

Continuación de la Tabla 1

<i>Prorocentrum minimum</i> ²	Bancos ostrícola (Laguna de Términos)	Noviembre de 2012	2,300,000	Poot Delgado et al. (2015a)
	Muelle la Puntilla, Ciudad del Carmen	Octubre de 2012 a enero de 2013	2,363,000	Poot Delgado et al. (2015b)
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. ¹	Banco ostrícola (Laguna de Términos)	Enero de 2013	640,000	Poot Delgado et al. (2015b)
<i>Cylindrotheca closterium</i> ⁵		Febrero de 2013	200,000	
<i>Anabaena</i> sp. ³		Mayo de 2013	660,000	
<i>Cyclotella</i> sp. ⁵	Muelle la Puntilla, Ciudad del Carmen	Agosto de 2013	6,500,469	Poot Delgado et al. (2015b)
<i>Peridinium quinquecorne</i> ⁵		Septiembre de 2013	1,532,771	
<i>Rhizosolenia</i> sp. ⁵	Litoral de Champotón	Noviembre de 2013	180,000	Rendón von Osten et al. (2013)

* Comisión para la Protección y Riesgo Sanitario del estado de Campeche. Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Campeche.

¹ Especie conocida como potencialmente tóxica: causante de Intoxicación paralizante por mariscos (PSP) (IOC-UNESCO, 2002).

² Responsable de mortalidad en bioensayo ratón, a través de una toxina soluble en agua. Sin embargo, no hay datos que indican los impactos a los consumidores humanos (Grzebyk et al., 1997).

³ Especies conocidas como potencialmente tóxicas: microcistina LR, lipopolisacáridos (LPS), microcistina, anatoxina-a, anatoxina-a (S), saxitoxina, cilindrospermopsina, neosaxitoxina y neosaxitoxina (Bonilla, 2009).

⁴ Especies que se sabe o se sospecha que causan pérdidas de peces en maricultura (Anderson et al., 2001).

⁵ Especies que se sabe producen florecimientos en otros lugares (Anderson et al., 2001) o cuya abundancia de vez en cuando alcanza concentraciones superiores a 10^6 células l⁻¹.



Figura 2. Florecimiento de *P. quinquecorne* en el malecón de la ciudad de San Francisco de Campeche. Fotografía cortesía de Fausto Tafuya.

En febrero de 2011 Muciño Márquez et al. (2014) presentaron resultados de los sistemas fluviolagunares Pom-Atasta y Palizada del Este, en donde registran que *Cylindrotheca closterium* fue la especie más abundante en los dos sistemas, con una concentración de 52×10^4 células l⁻¹.

Por otro lado, Poot Delgado et al. (2015a) reportaron la abundancia de fitoplancton y su variación estacional de julio de 2012 a septiembre de 2013. Se registraron valores mínimos (10^3 células

l⁻¹) durante la época de secas (febrero-mayo) y valores altos (10^6 células l⁻¹) durante la temporada de lluvias (junio-septiembre), así como la presencia de especies de dinoflagelados nocivos: *Akashiwo sanguinea*, *K. mikimotoi*, *P. bahamense* var. *bahamense*, *P. mexicanum* y *P. minimum*. También la presencia de los géneros *Alexandrium* y *Pseudo-nitzschia* (ver Tabla 1).

Recientemente Núñez Vázquez et al. (2013) reportaron para la zona central de Campeche la presencia de análogos de toxinas paralizantes (dcGTX2-3, GTX2-3, NeoSTX y STX) que se asemejan al perfil de toxinas descrito para el dinoflagelado *P. bahamense* (Landsberg et al., 2006), que de acuerdo con lo reportado previamente por Poot Delgado et al. (2014), no rebasa el orden de 10^4 células l⁻¹. Asimismo, se ha reportado que otras biotoxinas marinas (amnésicas y diarreas) han afectado a peces (*Sphoeroides*), las cuales tienen su origen en las especies planctónicas, dado que en las costas de Campeche se han detectado florecimientos de microalgas nocivas (Figura 2), productoras de toxinas tales como *P. bahamense*, *Pseudo-nitzschia* y *Dinophysis* (Poot Delgado y Rosado García, 2013) que pueden ser transmitidas a los peces *Sphoeroides* a través de la cadena alimentaria vía moluscos bivalvos y otros invertebrados, organismos que regularmente forman parte de la dieta de estos peces en el litoral campechano (Mallard Colmenero et al., 1982).

Cianobacterias nocivas

En años recientes ha aumentado la literatura que menciona que los cuerpos de agua costeros tienen altas abundancias de cianobacterias (10^6 células l^{-1}), particularmente durante la época de secas (febrero-mayo), pero su contribución a la biomasa total del fitoplancton es a menudo relativamente pequeña (Pinckney et al., 1998; Ning et al., 2000).

Se sabe que algunas especies producen toxinas capaces de causar efectos agudos y crónicos en el hombre, en animales y vegetales (Landsberg, 2002). Se estima que más de 50% de estas proliferaciones son tóxicas (Codd et al., 1999).

Las toxinas de las cianobacterias se suelen agrupar principalmente en neurotoxinas y hepatotoxinas. Las neurotoxinas son producidas principalmente por especies y cepas de los géneros: *Anabaena*, *Aphanizomenon* (Mahmood y Carmichael, 1986), *Oscillatoria* (Sivonen et al., 1989), *Trichodesmium* (Hawser et al., 1991) y *Cylindrospermopsis* (Landsberg, 2002). Las especies identificadas como productoras de hepatoxinas están incluidas en los géneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Nostoc* y *Cylindrospermopsis*

(Landsberg, 2002). El género *Anabaena* ha estado presente a lo largo del litoral campechano, desde la bahía de Campeche hasta los bancos ostrícolas localizados en la Laguna de Términos, con abundancias de 32×10^5 a 6.6×10^5 células l^{-1} (Poot Delgado et al., 2015b). Sin embargo, en octubre de 2012 también se registró a *Cylindrospermopsis cuspidis*, con una abundancia de 1.3×10^6 células l^{-1} , que perduró hasta noviembre de 2012 con un valor de 2.4×10^3 células l^{-1} .

CONCLUSIONES

Este análisis muestra que ha habido un avance significativo en los reportes de FAN en las costas campechanas por parte de la autoridad competente y académicos; sin embargo, se observa que su estudio se ha abordado de manera individualizada, con diferentes métodos y de forma dispersa.

Agradecimientos

Al Mtro. Jorge A. Ortiz Lozano por la elaboración del mapa de localización, al Dr. Yuri Okolodkov y a Marcia M. Gowing, que amablemente mejoraron el resumen y el abstract. A los revisores anónimos por las sugerencias para mejorar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- ALONSO RODRÍGUEZ, R. y PÁEZ OSUNA, F. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture*, 219(1-4): 317-336, 2003.
- ANDERSON, D. M. et al. Monitoring and management strategies for harmful algal blooms in coastal waters. *Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series*, 59, 1-268, 2001.
- ANDERSON, D. M. et al. Progress in understanding harmful algal blooms: paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management. *Annual Review of Marine Science*, 4, 143-176, 2012.
- BAND SCHMIDT, C. J. et al. El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México. *Hidrobiológica*, 21(3): 381-413, 2011.
- BONILLA, S. (Ed.). *Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión*. Documento Técnico PHI 16. Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe (PHI-LAC). Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay: UNESCO, 2009.
- BRICKER, S. et al. An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. *Ecological Modelling*, 169(2003): 39-60, 2003.
- CODD, G. et al. Cyanobacterial toxins, exposure routes and human health. *European Journal of Phycology*, 34(4): 405-415, 1999.
- DEL ÁNGEL TAFOYA, F. 10 años de monitoreo en la atención de florecimiento algal en el estado de Campeche. *Reunión de responsables nacionales y estatales de los temas de moluscos bivalvos y marea roja*. Comisión de Operación Sanitaria. Dirección Ejecutiva de Programas Especiales. Ensenada, Baja California, México, del 8 al 12 de julio de 2013.
- GÁRATE LIZÁRRAGA, I. y GONZÁLEZ ARMAS, R. Fish die-offs along southern coast of Baja California. *Harmful Algae News*, 48, 8-9, 2014.
- GLIBERT, P. M. et al. The global, complex phenomena of harmful algal blooms. *Oceanography*, 18(2): 136-147, 2005.
- GRZEBYK, D. et al. Evidence of a new toxin in the red-tide dinoflagellate *Prorocentrum minimum*. *Journal of Plankton Research*, 19(8): 1111-1124, 1997.

- HAWSER, S. P. et al. A neurotoxic factor associated with the bloom-forming cyanobacterium *Trichodesmium*. *Toxicon*, 29(3): 277-278, 1991.
 - KAAS, H. et al. *Marine phytoplankton: Relationship between ecological and chemical status of surface waters*. REBECCA SSPI-CT-2003-502158 7-10, 2005.
 - LANDSBERG, J. H. The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms. *Reviews in Fisheries Science*, 10(2): 113-390, 2002.
 - LANDSBERG, J. H. et al. Saxitoxin puffer fish poisoning in the United States, with the first report of *Pyrodinium bahamense* as the putative toxin source. *Environmental Health Perspective*, 114(10): 1502-1507, 2006.
 - MAHMOOD, N. y CARMICHAEL, W. Paralytic shellfish poisons produced by the freshwater cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* NH-5. *Toxicon*, 24, 175-186, 1986.
 - MALLARD COLMENERO, L. R. et al. Taxonomía, biología y ecología de los tetraodóntidos de la Laguna de Términos, Sur del Golfo de México (Pisces: Tetraodontidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 9(1): 161-211, 1982.
 - MUCIÑO MÁRQUEZ, R. et al. Composición fitoplanctónica en los sistemas fluvio-lagunares Pom-Atasta y Palizada del Este, adyacentes a la Laguna de Términos Campeche, México. *Acta Biológica Colombiana*, 19(1): 63-84, 2014.
 - NING, X. et al. Spatial and temporal variability of picocyanobacteria *Synechococcus* sp. in San Francisco Bay. *Limnology and Oceanography*, 45(3): 695-702, 2000.
 - NÚÑEZ VÁZQUEZ, E. et al. Impact of harmful algal blooms on wild and culture animals in the Gulf of California. *Journal of Environmental Biology*, 32(4): 413-423, 2011.
 - NÚÑEZ VÁZQUEZ, E. et al. Toxicidad de los botetes silvestres *Spherooides* spp., y *Lagocephalus* spp., de las costas de Campeche, México. *Memorias del XX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. Los Cabos, B. C. S., del 1 al 5 de octubre de 2013.
 - OKOLODKOV, Y. B. A review of Russian plankton research in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea in the 1960-1980s. *Hidrobiológica*, 13(3): 207-221, 2003.
 - PAERL, H. et al. Anthropogenic and climatic influences on the eutrophication of large estuarine ecosystems. *Limnology and Oceanography*, 51(1_part_2): 448-462, 2006.
 - PINCKNEY, J. et al. Annual cycles of phytoplankton community-structure and bloom dynamics in the Neuse River Estuary, North Carolina. *Marine Biology*, 131(2): 371-381, 1998.
 - POOT DELGADO, C. A. y GUZMÁN NOZ, Y. Composición y abundancia del fitoplancton marino, con énfasis en las especies potencialmente tóxicas y/o nocivas, en la Bahía de Campeche, México. *Memorias del III Congreso Internacional de Investigación*. Parral, Chihuahua, del 13 al 15 de octubre de 2010.
 - POOT DELGADO, C. A. y ROSADO GARCÍA, P. Fitoplancton marino potencialmente nocivo en las aguas costeras de Champotón, Campeche. *Memorias del XX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. Los Cabos, B. C. S., del 1 al 5 de octubre de 2013.
 - POOT DELGADO, C. A. et al. Annual cycle of phytoplankton with emphasis on potentially harmful species in oyster beds of Terminos Lagoon, southeastern Gulf of Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(3): 465-477, 2015a.
 - POOT DELGADO, C. A. et al. Fitoplancton marino potencialmente nocivo en las aguas costeras de Campeche. En A.V. Botello, J. Rendón von Osten, J. A. Benítez y G. Gold Bouchot (Eds.), *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias* (117-132). UAC, UNAM-ICMYL, CINVESTAV-Unidad Mérida, 2014.
 - POOT DELGADO, C. A. et al. Fitoplancton potencialmente nocivo en el muelle La puntilla, Laguna de Términos, sureste del Golfo de México. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*, 8(32): 570-582, 2015b.
 - POOT DELGADO, C. et al. Primer reporte de *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense* (Gonyaulacales: Goniodomataceae), dinoflagelado tóxico, en la Bahía de Campeche, México. *Memorias del XVI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. Colima, Colima, México, del 5 al 7 de octubre de 2009.
 - RENDÓN VON OSTEN, J. et al. Florecimientos algales nocivos (FAN): eventos que pueden matar ballenas. *JAINA*, 25(2): 5-10, 2013.
 - SAR, E. A. et al. (Eds.). *Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano*. Madrid, España: Instituto Español de Oceanografía, 303 pp., 2002.
 - SIVONEN, K. et al. Preliminary characterization of neurotoxic cyanobacterial blooms and strains from Finland. *Toxicity Assessment*, 4, 339-352, 1989.
 - SMAYDA, T. Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnology and Oceanography*, 42(5-II): 1137-1153, 1997.
 - SOTO RAMOS, I. et al. Binational collaboration to study Gulf of Mexico's harmful algae. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 93(5): 49-50, 2012.
- De páginas electrónicas**
- IOC-UNESCO (Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO). *Taxonomic reference list of harmful micro algae*. 2002. Recuperado el 30 de septiembre de 2015, de <http://www.marinespecies.org/hab/>

Eduardo Remedi. *In memoriam*

Salvador Camacho Sandoval^{1*}

Camacho Sandoval, S. Eduardo Remedi. *In memoriam*. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 97-98, mayo-agosto 2016.

El 8 de febrero de 2016 falleció el doctor Eduardo Remedi, a los 67 años, un profesor e investigador que llegó dolido y aterrorizado por las atrocidades que estaba cometiendo un gobierno surgido del golpe militar de 1976 en Argentina, su país, al que siempre le profesó cariño y adonde ya no quiso regresar. La Escuela Iztacala de la UNAM y después el Departamento de Investigación Educativa del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (DIE-CINVESTAV-IPN), en México, le abrieron las puertas para enseñar e investigar.

Sus intereses fueron los estudios sobre currículum, la formación e identidad de los docentes, historia de la educación, los científicos y sus trayectorias académicas, la educación indígena y, entre otras líneas más, la producción y transmisión del quehacer científico. Por su amplia producción académica llegó a obtener el nivel III del Sistema Nacional de Investigadores, una distinción poco común en las instituciones de educación superior y los centros de investigación en el país.

Recientemente salió al público el libro póstumo realizado en coordinación con Rosalba Ramírez: *Los científicos y su quehacer*, editado por la ANUIES en su Biblioteca de la Educación Superior. Se trata de un conjunto de textos de especialistas nacionales y extranjeros preocupados por comprender las trayectorias, producciones y prácticas científicas de quienes han dedicado parte de su vida a la generación y transmisión de conocimientos nuevos y especializados. Su consulta es obligada para quienes estén interesados en conocer el mundo de los científicos y la ciencia. Con estos y los temas arriba señalados asesoró a decenas de estudiantes de maestría y doctorado, dentro y fuera del país.



Eduardo Remedi. Fotografía de Germán Álvarez Mendiola tomada de <http://www.rimac.mx/eduardo-remedi-1949-2016/>

Eduardo Remedi fue mi profesor en 1986 y 1987 en la Maestría en Ciencias, con especialidad en Educación, en el DIE en la Ciudad de México. Me llamó la atención de inmediato su personalidad explosiva e irreverente, y no fui el único de sus alumnos que se sorprendió, además, por su inteligencia aguda y mordaz. No podía ocultar su raíz cultural argentina ni sus convicciones freudianas para hacer interpretaciones, no sólo de la educación en México, sino también de los mexicanos y, por ende, de sus estudiantes. Yo era de la "provincia conservadora", reprimida y religiosa; él era orgullosamente cosmopolita y representaba el estereotipo del argentino arrogante con aires de autosuficiencia y erudición. Reconozco ahora mis actitudes defensivas y de inhibición ante un profesor explosivo e hiper-crítico que no solo se limitaba a enseñar contenidos en el salón de clases.

Sus concepciones sobre la educación y la docencia las ponía en práctica al momento

¹ Departamento de Educación, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

* Autor para correspondencia: scamacho@correo.uaa.mx

de relacionarse y trabajar con sus alumnos, pues propiciaba el intercambio y la convivencia no siempre armoniosa de "subjetividades", donde estudiantes y maestro tomaban posiciones diversas y en ocasiones contradictorias, aun sin verbalizarlas. Su experiencia y conocimiento del psicoanálisis le daban una habilidad especial, al grado de que llegábamos a sentir que nos hacía "acupuntura psicológica" y se enteraba de nuestros vacíos y temores para usarlos en sus propósitos educativos, formativos.

Yo había tenido buenos maestros en la Licenciatura en Ciencias y Técnicas de la Educación en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, los cuales me enseñaron también y quizá sin proponérselo una ética formal vinculada al cristianismo y, particularmente, a la Teología de la Liberación; y no era casualidad, pues no pocos de ellos habían pasado por un seminario. En la maestría me asomé a una puerta donde se veía la educación desde otra perspectiva, quizá igualmente crítica y propositiva, pero muy liberal y, con Eduardo, iconoclasta e intencionalmente afectiva.

No olvidaré la impresión que me llevé al entrar a su departamento para disfrutar de una fiesta que había organizado para sus alumnos. Eduardo era un profesor joven de 38 años y yo un estudiante de 28. Como un psicólogo freudiano clásico en ese entonces, apegado a la centralidad del Sexo en el desarrollo de la personalidad del sujeto, Eduardo había decidido hacer de su departamento un minimuseo del erotismo y la sexualidad. (¿Tendría razón Freud cuando dijo que en temas de sexualidad, somos

actualmente, todos nosotros, enfermos o sanos, nada más que hipócritas?). Esa exposición en su hogar era bella, porque Eduardo tenía un gusto artístico fino por la música, la literatura y las artes plásticas, mismo que venía cultivando desde sus años estudiantiles en su querida Córdova, Argentina.

Como alumnos de Eduardo Remedi aprendimos con sus teorías y su praxis cotidiana que la educación es tan compleja y cambiante como lo es la persona en sí misma y en su relación con los demás. Desde la perspectiva de algunas personas que también lo conocieron, su trato no siempre era cordial. Una de sus colegas, Alma Dzib Goodin, fue advertida cuando le dijeron que iba a trabajar con él: "No llegue tarde a la reunión", "no te molestes con sus comentarios, puede ser misógino", "es argentino, no esperes que sea amable contigo". Finalmente, al tratarlo y conocerlo un poco más, el estereotipo se derrumbaba de inmediato y surgía el verdadero Eduardo: un hombre cálido, generoso y dispuesto a compartir la sonrisa o la broma desparpajada por la vida. Era el "soñador despierto" que conocí a fines de los años ochenta.

En estos tiempos convulsos donde se discuten los rumbos de la educación, el papel del magisterio y la responsabilidad social de los científicos en México y el mundo, la voz inteligente y crítica de Eduardo Remedi nos hace falta, como nos hace falta su actitud desenfadada y alegre, y también su postura esperanzadora.

Descansa en paz, Maestro.

Preventing bullying through science, policy, and practice
[La prevención del bullying a través de la ciencia, la política y la práctica].

Rivara, F. y Le Menestrel, S. (Eds.). *Preventing bullying through science, policy, and practice [La prevención del bullying a través de la ciencia, la política y la práctica]*. Washington, DC: The National Academies Press, 2016, 361 pp., ISBN 978-0-309-44067-7.

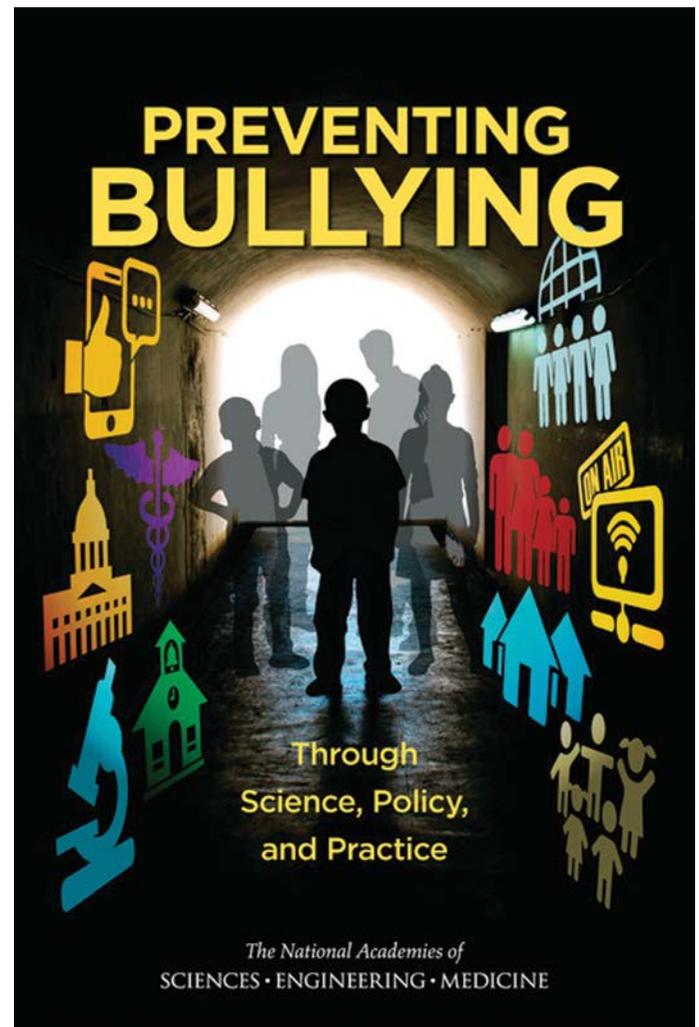
Guadalupe Ruiz Cuéllar^{1*}

Ruiz Cuéllar, G. *Preventing bullying through science, policy, and practice [La prevención del bullying a través de la ciencia, la política y la práctica]*. Reseña. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 99-101, mayo-agosto 2016.

El libro *Preventing bullying through science, policy, and practice* [La prevención del bullying a través de la ciencia, la política y la práctica] es una obra recientemente publicada (2016) por la *National Academy Press*. Reconociendo que el bullying (acoso escolar) es un problema de salud pública que exige acciones concertadas y atención de los padres, educadores y administradores de escuelas, profesionales de la salud, elaboradores de políticas, familias, y otras instancias relacionadas con el cuidado de los niños y jóvenes, un grupo de agencias federales y fundaciones privadas encomendó a las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina de Estados Unidos llevar a cabo un estudio de lo que se conoce y lo que se necesita saber para reducir el bullying y sus consecuencias.

El *Committee on the Biological and Psychosocial Effects of Peer Victimization: Lessons for Bullying Prevention* fue creado para llevar a cabo esta tarea. El Comité integró expertos en múltiples campos y asumió una definición del bullying que comprende los elementos usualmente contemplados en el abordaje de esta problemática: i) conducta agresiva no deseada por quien es objeto de ella; ii) que implica un desequilibrio observado o percibido de poder; iii) que se repite varias veces o es altamente probable que se repita; iv) que inflige daño o angustia en los niños y jóvenes que son objeto de ella, incluyendo daño físico, psicológico, social o educativo.

Además de la Introducción, la obra está integrada por seis capítulos. En el primero, "El alcance del



Portada del libro *Preventing bullying through science, policy, and practice* [La prevención del bullying a través de la ciencia, la política y la práctica].

¹ Departamento de Educación, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

* Autor para correspondencia: gruiz@correo.uaa.mx

problema", se presentan datos sobre el bullying en Estados Unidos y se señalan factores que hacen difícil generar una estimación precisa, consistente y representativa de las tasas de bullying y cyberbullying, lo que no obsta para saber que se trata de un problema real que afecta a una gran cantidad de niños y jóvenes. Entre los contenidos relevantes de este capítulo figuran los siguientes:

- Las bases de datos nacionales acerca de la prevalencia del bullying se focalizan principalmente en los niños que son acosados. Considerablemente menor es el conocimiento acerca de los perpetradores o acosadores y no hay conocimiento acerca de los testigos. Además, se carece de datos representativos para ciertos grupos que están en riesgo de sufrir bullying, tales como los jóvenes de minorías sexuales o aquellos con discapacidades, entre otros.
- Diferentes tipos de bullying –físico, relacional, cibernético- pueden surgir o ser más relevantes en diferentes etapas de vida de las personas.

El siguiente capítulo, "Los individuos dentro de los contextos sociales", plantea ideas importantes como las siguientes:

- Los niños y jóvenes están inmersos en múltiples contextos, que van desde los compañeros y la familia hasta la escuela, la comunidad y el macrosistema. Cada uno de estos contextos puede afectar a niños y jóvenes en formas que exacerban o atenúan la asociación entre características individuales como la etnia, orientación sexual o alguna condición de discapacidad, y la perpetración y/o el ser objeto de conductas de bullying.
- Los factores contextuales operan de manera distinta entre grupos de jóvenes y, por tanto, los contextos que protegen a algunos de ellos de los efectos negativos del bullying no son generalizables a todos los jóvenes.
- El estudio de experiencias de bullying en subgrupos particularmente vulnerables no puede ser separado de los estudios de discriminación o de trato injusto con base en estigmatizaciones. En este sentido, debería haber mucha más interacción entre los estudios empíricos del bullying escolar y la discriminación debida a estigmas sociales.

El capítulo sobre las consecuencias de las conductas de bullying plantea que estas no se reducen al corto plazo sino que suelen ser de más largo alcance y no solo afectan a los niños y jóvenes que son acosados, sino también a los acosadores y a los testigos. El rango incluye consecuencias sobre la salud física pero también sobre la psicológica, estrés, depresión, tendencias suicidas, problemas de autorregulación, cognitivos y de desempeño escolar, proclividad a otros tipos de violencia y delincuencia, entre otros.

El quinto capítulo está dedicado a las "Intervenciones preventivas", y la manera en que pueden mejorar su calidad y eficacia. Entre las principales conclusiones destacan las siguientes:

- Los programas escolares selectivos parecen ser más eficaces para reducir el bullying que los de alcance universal; a través de estos, todos los miembros de la población objetivo están expuestos a la intervención sin tener en cuenta el riesgo específico de acoso escolar que enfrentan. Las intervenciones preventivas selectivas están dirigidas ya sea a los jóvenes que están en riesgo de acosar o a los jóvenes en riesgo de ser blanco del bullying.
- Las familias juegan un rol crucial en la prevención del bullying al igual que los testigos; de ahí que su involucramiento en intervenciones preventivas sea recomendable.
- Las escuelas pueden considerar la implementación de programas multicomponentes, centrados en el clima escolar, el apoyo al comportamiento positivo, el aprendizaje social y emocional, o la prevención de la violencia de manera más general.

El capítulo sobre "Leyes y políticas" remarca que:

- El desarrollo de políticas y leyes antibullying debe basarse en evidencias. Se necesita investigación adicional para determinar los componentes específicos de una ley contra el bullying que sea más eficaz en la reducción de este fenómeno.
- Algunas políticas y programas han demostrado ser ineficaces en la prevención del bullying; es el caso de las políticas de tolerancia cero.

El último capítulo formula recomendaciones para diferentes agencias e instancias de gobierno federales y estatales de los Estados Unidos. Con variaciones propias de cada contexto, son medidas valiosas para otros países; cabe mencionar: el uso de una definición coherente del bullying que favorezca la identificación consistente de su prevalencia; la recolección de datos longitudinales, no solo transversales, sobre la prevalencia de todas las formas de bullying (física, verbal, cibernética); la evaluación del papel del estigma y los prejuicios en la conducta del bullying; y la formación en prevención del bullying de

las personas que trabajan directamente con niños y adolescentes.

El estudio del bullying es un campo relativamente reciente. Durante las últimas décadas la investigación ha mejorado significativamente la comprensión de esta problemática, la forma en que se puede medir y los factores contextuales críticos involucrados. Si bien no hay una solución rápida o única, la evidencia apoya claramente las políticas y prácticas preventivas y de intervención, lo que puede hacer una diferencia significativa en las vidas de muchos niños y jóvenes.

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.

Esta revista 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. Su misión es 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, 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 50. En su estructura considera tres secciones: 1) *Editorial*, que incluye el Directorio, un Consejo Editor y 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 con las Ciencias Económicas, Sociales y Humanidades.

La revista participa en la Declaración del Movimiento Internacional "Open Access" 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 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 integrarán el 75% del contenido de cada número y el 25% corresponderá para el 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 amerita 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 15 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 cumplirlos 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, la versión del título en Inglés.

Nombre(s) del/los autor(es). Presentar en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente los demás autores (sin grado académico), agregando al pie de página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución) y correo electrónico. Seleccionar un 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, 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, en su caso, 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 los principales resultados que se obtuvieron y señalar si permitieron verificar la hipótesis; asimismo, plantear perspectivas del estudio y de su aplicación.

LITERATURA CITADA. Todas las referencias en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa. Es necesario notar que los títulos de las revistas no se abrevian, que hay espacios entre las iniciales y que se deben nombrar todos los autores. Se anotarán en orden alfabético utilizando el siguiente formato:

Publicación impresa

De libro:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas. *Título (en cursivas)*. Volumen, edición. País: Editorial, páginas, año.

De publicación periódica:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas. *Título del artículo. Revista (en cursivas)*, volumen (número): páginas consultadas, fecha de publicación.

Publicación electrónica

De libro:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas. *Título* (en cursivas). Volumen, edición. País: Editorial, páginas, año. De: URL, fecha de consulta. doi: xx.xxxxxxxx.

De publicación periódica:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas. *Título*. *Revista* (en cursivas), *volumen* (número): páginas consultadas. De: URL de la versión digital, fecha de consulta. doi: xx.xxxxxxxx.

Sólo en caso de contar con el número DOI, será suficiente con colocar éste y omitir el URL.

Citas en texto

En el texto se citará de la siguiente manera: (Aguilar, 2000) o Aguilar (2000); (Aguilar y Camacho, 2001) o Aguilar y Camacho (2001); (Aguilar et al., 2002) o Aguilar et al. (2002). En orden cronológico (Juárez, 1954; Aguilar, 2000; Méndez, 2000). En orden cronológico y alfabético en el mismo año (Juárez, 1954, 1960, 1960a, 1960b).

Tablas y Figuras. Deberán colocarse en el lugar que les corresponde a lo largo del artículo, serán numeradas consecutivamente utilizando números arábigos y estar referidas en el texto.

Las tablas deberán tener título breve en la parte superior utilizando mayúsculas y minúsculas con tipografía Arial 10 pts., tanto en letras como en números. Su orientación será vertical.

Además de las tablas, el artículo se debe acompañar de al menos una fotografía o ilustración con pie de foto explicativo breve, indicando si es de su autoría o citando la fuente. Los dibujos o esquemas deberán estar en original.

Las imágenes o ilustraciones deben tener una calidad mínima de 300 ppp. o al menos 5 megapíxeles con formato TIFF, EPS o JPG. En caso de que el artículo contenga varias ilustraciones, estas se deberán presentar en otro archivo.

En las figuras —se consideran así tanto gráficas como fotografías y mapas—, utilizar mayúsculas y minúsculas con tipografía Arial 8-10 pts. El tamaño máximo de la figura incluyendo leyendas, 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.

Se debe explicar claramente en la parte superior de cada tabla y al pie de cada figura el contenido de las mismas en *cursiva*.

Artículo de revisión científica

No deberá ser menor de cinco ni mayor a 15 cuartillas. Debe incluir título en Español y su versión en inglés, nombre de los autores y sus datos de adscripción incluyendo correo electrónico a pie de página, resumen (*abstract*) y palabras clave (*keywords*) en Español y en Inglés, 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. La literatura citada, fotografías, 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 su versión en Inglés, nombre de los autores y sus datos de adscripción incluyendo correo electrónico a pie de página, resumen (*abstract*) y palabras clave (*keywords*) en español y su versión en Inglés. El texto deberá escribirse de continuo y sin espacio extra entre los párrafos. La literatura citada, fotografías, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación.

Reseña de libro

No deberá ser mayor a dos cuartillas. Debe incluir identificación del autor y su obra: nombre del autor, título de la obra, lugar de publicación, editorial, fecha de edición, número de páginas e ISBN; resumen o descripción del texto o contenido, señalando las partes en que está integrado, crítica y conclusión, literatura, fotografías, ilustraciones o gráficas y otros recursos o datos relevantes que lo particularizan como exponente y autoridad en la materia.

Obituario

No deberá ser mayor a dos cuartillas. Debe incluir nombre del autor y sus datos de adscripción incluyendo correo electrónico a pie de página, texto del artículo considerando 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.

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. 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 de los artículos, 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 e inapelable.
3. 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. Incluir el comentario del evaluador y su correspondiente acción o respuesta del autor. No es necesario incluir en este archivo las anotaciones realizadas por los evaluadores sobre el artículo.
4. 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.
5. El editor informará al autor contacto en su caso, el avance de su trabajo en el proceso de dictaminación, del rechazo, o la fecha de publicación del mismo.
6. 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.

7. Una vez que el artículo haya sido aceptado, pasará a una revisión de estilo y forma, para su versión definitiva. Se enviarán pruebas de impresión en formato PDF al autor contacto 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.
8. 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 2003 o 2007 y en formato PDF en hoja tamaño carta.
2. Tipografía: Arial en 12 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.

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 Guadalupe Ruiz Cuéllar editora de la revista, el cual deberá

contener artículo impreso, archivos del artículo e ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor contacto.

- b) **Correo electrónico** dirigido a la editora de la revista, a través de revistaiyc@correo.uaa.mx que contenga archivos adjuntos (*attachment*) con el artículo, las ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor contacto.

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 1-B, segundo piso.
C.P. 20131, Aguascalientes, Ags.
Teléfono/Fax (449) 910-74-42

Correo electrónico: revistaiyc@correo.uaa.mx
www.uaa.mx/investigacion/revista/