

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
ENERO-ABRIL 2016

67

EDICIÓN CUATRIMESTRAL
ISSN: 1665-4412



Actividad antagonista de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia solani* *in vitro*

Comparación de métodos para evaluar la productividad de ovejas de pelo

Propagación *in vitro* de la orquídea *Prosthechea citrina* (La Llave & Lex.) W. E. Higgins nativa del estado de Durango, México

Uso de biofertilizantes en la producción de sábila *Aloe vera* (L.) L. N. Burm y calidad de gel

Cinética de crecimiento de *Fusarium oxysporum* cultivado en diferentes niveles de glucosa y pectina

Marginación y cambio de cobertura y uso del suelo de la zona metropolitana de Chihuahua

Certificados ambientales por estrato de empresas en las regiones de México

Formación en competencias digitales para asesores y apoyos técnicos de las plazas comunitarias e-México. El caso Aguascalientes

Acoso escolar: diferencias en contextos educativos rural y urbano, en alumnado adolescente

Relación del consumo de alcohol y trastornos mentales en habitantes de una población rural

Problemas y soluciones en el diseño de reactores enzimáticos

Respuestas metabólicas al estrés de levaduras de importancia industrial

Francisco Suárez Vidal. *In memoriam*

Diagnóstico del Posgrado en México. Región Centro-Occidente. Reseña



INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES, año 24, núm. 67, periodo enero-abril 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 30 de abril 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:

- Acimatación de *P. citrina* en invernadero
- Flor fecundada de *P. citrina*
- Planta de sábila *Aloe vera*
- Crecimiento fúngico de *F. oxisporum*
- Presentación de resultados de investigación con autoridades del INEPJA
- Variables más importantes en el diseño de reactores enzimáticos
- Oveja multípara Blackbelly x Pelibuey criando gemelos
- Distribución de la vegetación en el año 2000

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 Fera 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 Marciano 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 FISIOLÓGÍA CELULAR Y MOLECULAR
- Dr. José Luis Reyes Sánchez
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEPTO. DE FISIOLÓGÍA, 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

- **Actividad antagonista de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia solani* in vitro** 5-11
*Antagonistic activity of *Trichoderma* spp. against *Rhizoctonia solani* in vitro*

Eduardo Osorio Hernández
Francisco Daniel Hernández Castillo
Raúl Rodríguez Herrera
Sóstenes Edmundo Varela Fuentes
Benigno Estrada Drouaillet
José Alberto López Santillán

- **Comparación de métodos para evaluar la productividad de ovejas de pelo** 12-18
Comparison of methods for evaluating the productivity of hair sheep

Irma del Carmen García Osorio
Jorge Oliva Hernández
José Alfonso Hinojosa Cuéllar
Jorge Quiroz Valiente

CIENCIAS NATURALES

- **Propagación in vitro de la orquídea *Prosthechea citrina* (La Llave & Lex.)** 19-25
W. E. Higgins nativa del estado de Durango, México
*In vitro propagation of orchid *Prosthechea citrina* (La Llave & Lex.)*
W. E. Higgins native of Durango State, Mexico

Tania Lizeth Cazarez Favela
José de Jesús Graciano Luna
Santiago Solís González
Beatriz Díaz Ramírez
Juan Abel Nájera Luna
José Bernardo Montoya Ayón

- **Uso de biofertilizantes en la producción de sábila *Aloe vera* (L.) L. N. Burm y calidad de gel** 26-32
*Use of biofertilizers in the production of aloe *Aloe vera* (L.) L. N. Burm and gel quality*

Cinthia G. Aba Guevara
Aurelio Pedroza Sandoval
Ricardo Trejo Calzada
Ignacio Sánchez Cohen
José A. Samaniego Gaxiola
José A. Chávez Rivero

INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

- **Cinética de crecimiento de *Fusarium oxysporum* cultivado en diferentes niveles de glucosa y pectina** 33-37
*Kinetic growth of *Fusarium oxysporum* cultured on different glucose and pectin levels*

Gabriela Macías de la Cerda
Fabiola Veana
Juan Carlos Contreras Esquivel
Cristóbal Noé Aguilar
Raúl Rodríguez Herrera

CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

- **Marginación y cambio de cobertura y uso del suelo de la zona metropolitana de Chihuahua** 38-45
Marginalization and change in coverage and land use in the metropolitan area of Chihuahua

Antonio Dávila Rodríguez
Elva Alicia Corona Zambrano

CONTENIDO

Alfredo Pinedo Álvarez
Gaspar Jiménez Rentería
Carmelo Pinedo Álvarez
Rosa Imelda Rojas Caldelas
Arturo Ranfla González

CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

- **Certificados ambientales por estrato de empresas en las regiones de México** 46-53
Environmental certification by size of firms in regions of Mexico

Roberto González Acolt
Manuel Díaz Flores
Felipe de Jesús Salvador Leal Medina

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

- **Formación en competencias digitales para asesores y apoyos técnicos de las plazas comunitarias e-México. El caso Aguascalientes** 54-61
Digital competences training for advisors and technical consultants at e-Mexico community centers. Aguascalientes, a case study

Norma Isabel Medina Mayagoitia
María Rebeca Padilla de la Torre

- **Acoso escolar: diferencias en contextos educativos rural y urbano, en alumnado adolescente** 62-70
Bullying at school: differences for adolescent students in rural and urban contexts

Brenda Mendoza González
Ana del Refugio Cervantes Herrera
Francisco Javier Pedroza Cabrera

- **Relación del consumo de alcohol y trastornos mentales en habitantes de una población rural** 71-77
Relationship between alcohol consumption and mental disorders in a rural population

Valentina Rivas Acuña
Carlos Manuel Rodríguez Hernández
María Roxana Arias Guzmán
Laura Carrillo Hernández
Esmeralda Zetina Contreras
Rafael González Jorge

REVISIÓN CIENTÍFICA

- **Problemas y soluciones en el diseño de reactores enzimáticos** 78-85
Problems and solutions in the design of enzymatic reactors

Luis Eduardo Ceballos Camargo
Lorena Farías Cepeda
Lucero Rosales Marines

- **Respuestas metabólicas al estrés de levaduras de importancia industrial** 86-91
Metabolic responses to stress by yeasts of industrial importance

Patricia Vital López
Claudia Patricia Larralde Corona

OBITUARIO

- **Francisco Suárez Vidal. In memoriam** 92-93

Luis Alberto Delgado Argote

RESEÑA

- **Diagnóstico del Posgrado en México. Región Centro-Occidente** 94-95

Adrián Frausto Martín del Campo

Actividad antagonica de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia solani* *in vitro*

Antagonistic activity of *Trichoderma* spp. against *Rhizoctonia solani* *in vitro*

Eduardo Osorio Hernández¹, Francisco Daniel Hernández Castillo^{2*}, Raúl Rodríguez Herrera³, Sóstenes Edmundo Varela Fuentes¹, Benigno Estrada Drouaillet¹, José Alberto López Santillán¹

Osorio Hernández, E., Hernández Castillo, F. D., Rodríguez Herrera, R., Varela Fuentes, S. E., Estrada Drouaillet, B., López Santillán, J. A. Actividad antagonica de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia solani* *in vitro*. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 5-11, enero-abril 2016.

RESUMEN

Rhizoctonia solani es un patógeno importante de la papa que afecta la emergencia y desarrollo de la planta, además de provocar deformación del tubérculo. El control de este patógeno está basado en fungicidas; sin embargo, esto ha significado problemas de resistencia. Por lo anterior, se evaluaron 31 cepas de *Trichoderma* contra *R. solani* (TJ53, ACH42 y HSO) *in vitro*. Para ello se establecieron ensayos en cultivos duales, compuestos volátiles y no volátiles, en la cual se utilizaron cajas Petri con medio Papa Dextrosa Agar (PDA). *T. asperellum* T18 y T16 fueron las cepas que mostraron efecto antagonico contra *R. solani* (TJ53, ACH42 y HSO56) en los tres ensayos realizados. Con base en este estudio se sugiere realizar pruebas en invernadero y campo con *T. asperellum* (T18) y *T. rossicum* (T1) contra *R. solani*.

Palabras clave: antagonismo, antibiosis, fitopatógeno, resistencia.

Keywords: antagonism antibiosis, phytopathogen, resistance.

Recibido: 12 de junio de 2014, aceptado: 8 de abril de 2015

¹ Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

² Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

³ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila.

* Autor para correspondencia: fdanielhc@hotmail.com

ABSTRACT

Rhizoctonia solani is an important pathogen of potato, which affects the emergence and development of the plant and causes deformation of the tuber. Currently strategies to control this pathogen are based on synthetic fungicides and this has originated cases of resistance. Therefore, 31 strains of *Trichoderma* against *R. solani* (TJ53, ACH42 and HSO56) were evaluated *in vitro*. For this, trials in dual cultures, volatile and non-volatile compounds were established, using Petri dishes with medium Potato Dextrose Agar (PDA). *T. asperellum* T18 and T16 showed antagonistic effect in three tests on all *R. solani* strains. Results suggest that the next stage would include greenhouse and field evaluation of *T. asperellum* (T18 y T16) and *T. rossicum* (T1) against *R. solani* strains.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas fitosanitarios más importante en el cultivo de la papa lo representan las enfermedades causadas por hongos tales como: *Phytophthora infestans*, *Fusarium* spp., *Alternaria solani* y *Rhizoctonia solani* (Guchi, 2015). *R. solani* tiene una distribución mundial y ocasiona pérdidas en hortalizas, plantas ornamentales y perennes. Es uno de los principales patógenos en el cultivo de la papa, provoca cáncer de tallo y estolón, así como costras sobre los tubérculos (Bienkowski et al., 2010), reduce la emergencia de los brotes, el vigor de la planta y los tubérculos infectados se agrietan o

deforman (Tsrer et al., 2001). Las hifas de este hongo tienen la particularidad de anastomosarse, condición que se ha tomado en cuenta para clasificarlo en grupos de anastomosis (GA) (Montero Tavera et al., 2013). Los aislados de *R. solani* obtenidos de papa generalmente se han identificado como miembros del grupo de anastomosis 3 (GA3) (Chavarro, 2011).

El GA3 se caracteriza porque en la superficie de los tubérculos forma esclerocios (masas compactas de micelio, cuyas células han reducido su tamaño y adquirido el color negro por la presencia del pigmento melanina), soporta temperaturas bajas y afecta especialmente a la papa y a las raíces de la cebada (Anguiz y Martin, 1990). En la mayoría de las regiones productoras de papa en México, el uso de fungicidas constituye la práctica más común para el control de este patógeno; sin embargo, los resultados han sido muy variables posiblemente porque los grupos de anastomosis de *R. solani* muestran diferente sensibilidad a fungicidas (Chávez Barragán et al., 2011). El uso indiscriminado de agroquímicos ha tenido grandes consecuencias, ya que se han detectado aislados de hongos resistentes a Pencycuron sobre *R. solani* (Hernández Castillo et al., 2005).

Diversos hongos de los géneros de *Penicillium*, *Trichoderma*, *Gliocladium* y *Aspergillus* han sido identificados como potenciales agentes de control biológico contra varios fitopatógenos del suelo (Reyes Ibarquén y Torres González, 2011). *Trichoderma* spp. y *Gliocladium* spp. han mostrado los mejores resultados, ya que ambos hongos ejercen su acción mediante diferentes mecanismos, entre los que juegan un rol importante el parasitismo, la competencia, la antibiosis y los compuestos volátiles (Osorio Hernández et al., 2014). Especies de *Trichoderma* han sido estudiadas como antagonistas de los patógenos *Rhizoctonia solani* (Kühn), *Pythium ultimum* (Trow) y *Sclerotinia trifoliorum* (Eriks) (Kandula et al., 2015). En otros modelos de biocontrol se están empleando especies de *Trichoderma* y *Rhizoctonia* no patogénica consideradas como hipovirulentas (binucleadas) (Carling et al., 2002), para reducir la severidad de la costa negra (*R. solani*). Por lo anterior, el objetivo fue evaluar a nivel *in vitro* diferentes aislados de *Trichoderma* spp. contra tres cepas de *R. solani*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 31 cepas de *Trichoderma* aisladas de suelo, semilla y plantas colectadas en el noreste de México, de las cuales 14 fueron identificadas previamente a nivel molecular (Osorio Hernández et al., 2011). Se evaluaron tres cepas de *R. solani* (TJ53 de Tlapalpa, Jalisco; ACH42 de Aldama, Chihuahua y HSO56 de Huatabampo, Sonora) aisladas de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum*) con síntomas de la enfermedad, las cuales fueron identificados por Chávez Barragán et al. (2011). Todos los antagonistas y patógenos se mantuvieron en tubo con medio de cultivo PDA inclinado a 4 °C. Los microorganismos fueron incrementados en cajas Petri con medio de cultivo PDA, por resiembra de una porción (5 mm de diámetro) de micelio, tanto de *Trichoderma* spp., como del fitopatógeno. Se incubaron a 28 °C durante dos días para *Trichoderma* spp. y tres días para *R. solani*, cepas TJ53, ACH43 y HSO56 (resistente a Pencycuron).

Evaluación en cultivos duales de *Trichoderma* contra *R. solani*

En la evaluación del antagonismo de *Trichoderma* spp. contra *R. solani* se utilizaron cultivos duales, para esto se utilizó la metodología de Cherif y Benhamou (1990). En esta etapa se determinó cuantitativamente la zona de intersección o traslape entre el hongo antagonista y el fitopatógeno. En cajas Petri con PDA se depositó en un extremo un disco de 5 mm de diámetro con micelio activo (previamente crecido en PDA) de colonias del fitopatógeno de 5 días de edad y en el otro extremo se colocó un disco de micelio y PDA de 5 mm de diámetro con *Trichoderma* spp.

Las cajas se incubaron a 28 °C y se observaron cada 24 h para registrar el número de días al primer contacto entre el antagonista y el fitopatógeno, se midió el crecimiento de ambas colonias (cm) y el diámetro de intersección y/o traslape (cm). El antagonismo se clasificó según la escala propuesta por Bell et al. (1982). El número de tratamientos para esta prueba correspondió a las 31 cepas de *Trichoderma* spp. (las que se tenía en ese momento) distribuidos bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

Efecto de metabolitos volátiles de *Trichoderma* contra *R. solani*

En la prueba de metabolitos volátiles de *Trichoderma*

spp. contra *R. solani* (HSO56) se utilizaron cajas Petri con medio PDA, donde se depositó un explante de 5 mm de diámetro de *Trichoderma* spp. y se incubó a 28 °C por 1 día. Con un sacabocados de 1.5 cm de diámetro y en condiciones asépticas se perforó la tapa de las cajas Petri con *Trichoderma* spp. y se unió a la caja de Petri de *R. solani* (la caja Petri en la cual se depositó el hongo fitopatógeno se colocó sin tapa) y enseguida se selló con *kleen pack*. La caja Petri que contenía el patógeno se colocó en la parte inferior las primeras 24 h para que el disco de 5 mm se adhiriera al medio de cultivo con su micelio y evitar así que el explante cayera por el orificio de la caja Petri inoculada con *Trichoderma* spp. Se invirtieron las placas, para que de esta forma los compuestos volátiles producidos por las cepas de *Trichoderma* circularan por el orificio de la caja donde se depositó el disco del fitopatógeno.

Los tratamientos se mantuvieron en observación hasta que el testigo (fitopatógeno sin *Trichoderma*) cubrió la caja Petri y se reportó en centímetros (cm) el crecimiento micelial de *R. solani*. El número de tratamientos correspondió a las 31 cepas de *Trichoderma* spp., distribuidas bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La variable evaluada fue el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de *R. solani*, que se determinó con la fórmula: % de inhibición micelial = $[(D1-D2)/D1]*100$; donde D1 = diámetro de la colonia de *R. solani* en cajas con PDA libre de *Trichoderma* y D2 = diámetro de la colonia de *R. solani* creciendo con *Trichoderma*.

Efecto de metabolitos no volátiles de *Trichoderma* contra *R. solani*

En el ensayo del efecto de sustancias tóxicas de *Trichoderma* spp. sobre *R. solani* (HSO56) se probaron tres especies de *Trichoderma*: *T. asperellum* (T2, T3, T4, T8, T10, T14, T18, T30 y T31), *T. rossicum* (T1), *T. hamatum* (T25) y T15 sin identificar a nivel especie; se utilizaron matraces Erlenmeyer (250 ml) previamente esterilizados, con medio de cultivo líquido a base de papa fresca-dextrosa. Los matraces con 50 ml de medio se inocularon con tres discos de micelio y PDA de 5 mm de diámetro de *Trichoderma* spp., de cultivos vigorosos de cinco días de edad. Los matraces se mantuvieron en agitación constante a 100 r.p.m. a 28 °C durante 12 días. El sobrenadante de crecimiento se filtró dos veces a vacío en papel Whatman no. 44; se filtró en membrana Millipore de 0.22 µm para obtener el extracto de cada cepa de *Trichoderma*.

El extracto obtenido se mantuvo a 4 °C hasta su utilización en la evaluación de los metabolitos secundarios no volátiles de *Trichoderma* contra *R. solani* (HSO56); para esto, en la superficie del medio de PDA en cajas Petri se agregó 200 µL de los metabolitos obtenidos de *Trichoderma* spp., en seguida en el centro de la caja Petri se depositó un disco de micelio de 5 mm de *R. solani*. Se incubó a 28 °C hasta que el testigo llenó la caja Petri (5 días), transcurrido este tiempo se determinó el porcentaje de inhibición de *R. solani* con la fórmula descrita en la prueba anterior.

Análisis de resultados

Se utilizó un diseño completamente al azar con 14 tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos obtenidos de cada uno de los ensayos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) que permitió detectar diferencias entre tratamientos; para la comparación múltiple de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) y se analizó con el programa estadístico SAS. En el caso de los datos en porcentajes, antes de someterlos al ANOVA se les realizó la transformación angular de arcoseno $\sqrt{x+1}$ (Steel y Torrie, 1986) con el propósito de ajustar los datos.

RESULTADOS

El sobrecrecimiento de las cepas de *Trichoderma* spp. sobre *R. solani* (TJ53) (traslape) varió de 6 a 3.32 cm (Tabla 1). El análisis de varianza mostró diferencia significativa ($P < 0.0001$) entre los tratamientos. De las mismas, 14 aislados de *Trichoderma* mostraron el máximo efecto antagónico según la escala de Bell et al. (1982), estas cepas se ubicaron en la clase 1; sin embargo, en la comparación de medias (Tabla 1), 14 de las 31 cepas se comportaron de manera similar.

Por otro lado, en el tratamiento de *R. solani* (ACH42) con las 31 cepas de *Trichoderma*, mostraron diferencia significativa entre los tratamientos ($P \leq 0.0001$). El sobrecrecimiento (traslape) de 31 cepas de *Trichoderma* sobre *R. solani* (ACH42) fluctuó de 6 a 2.97 cm (Tabla 1), de los cuales 6 aislados mostraron el máximo efecto antagónico y de estos, 5 pertenecen a *T. asperellum* (T2, T8, T16, T18 y 31) y uno a *T. hamatum* (T25). Es importante destacar que en los aislados de *Trichoderma* que cubrieron totalmente la superficie del medio en caja Petri se observó abundante esporulación.

Tabla 1. Traslape del crecimiento micelial de 31 aislados de *Trichoderma* sobre *R. solani* (cepas TJ53 (A) ACH42 (A) y HSO56 (A)) y clase de antagonismo y comparación de medias del porcentaje de inhibición de *R. solani* (HSO56 B) por compuestos volátiles producidos por 31 aislados de *Trichoderma*

J53 (A)			CH42 (A)			HSO56 (A)			HSO56 (B)
Cepa	Traslape (cm)	C	Cepa	Traslape (cm)	C	Cepa	Traslape (cm)	C	% de inhibición
T15	6.00 a*	1	T25	6.00 a	1	T1	5.27 a	1	0 d
T18	6.00 a	1	T8	5.42 ab	1	T4	5.07 ab	1	0 d
T16	6.00 a	1	T18	5.27 ab	1	T19	5.05 ab	1	21.88 abc
T14	6.00 a	1	T2	5.12 cb	1	T18	5.05 ab	1	37.5 abc
T30	6.00 a	1	T31	4.92 bcd	1	T17	5.00 ab	1	0 d
T4	5.70 ab	1	T16	4.90 becd	1	T16	4.90 ab	1	16.88 bcd
T8	5.67 ab	1	T17	4.80 becd	2	T25	4.82 bac	2	21.88 bcd
T17	5.65 ab	1	T3	4.72 fbecd	2	T3	4.80 bac	2	16.56 bcd
T1	5.65 ab	1	T10	4.50 fbecd	2	T8	4.775 bac	2	0 d
T2	5.65 ab	1	T19	4.47 fbecd	2	T31	4.57 bdac	2	0 d
T3	5.52 ab	1	T14	4.40 fgecdh	2	T30	4.50 bdac	2	37.50 abc
T19	5.50 ab	1	T1	4.35 fgecdh	2	T10	4.50 bdac	2	18.75 bcd
T31	5.35 ab	1	T15	4.15 fgecdh	2	T7	4.50 bdac	2	0 d
T10	5.12 b	1	T4	4.02 fgijh	2	T14	4.47 bdac	2	44.69 ab
T27	4.35 c	2	T20	4.00 fgijh	2	T2	4.47 bdac	2	39.06 ab
T11	4.22 dc	2	T30	3.82 gkijh	2	T26	4.47 bdac	2	51.56 a
T29	4.12 dce	2	T9	3.77 gkijh	2	T28	4.32 bdac	2	29.69 abc
T9	4.00 dfce	2	T7	3.65 gkijh	2	T15	4.30 bdac	2	9.38 cd
T12	3.92 gdfce	2	T11	3.62 lkj	2	T12	4.20 ebdac	2	21.88 bcd
T7	3.77 gdfce	2	T6	3.52 lkj	2	T27	4.17 ebdc	2	9.38 cd
T28	3.75 gdfce	2	T21	3.50 lkj	2	T5	4.07 ebdc	2	9.38 cd
T6	3.67gdfce	2	T22	3.50 lkj	2	T9	3.80 edfc	2	0 d
T20	3.65gdfce	2	T12	3.50 lkj	2	T13	3.67 edfc	2	51.56 a
T5	3.60gdfce	2	T5	3.42 lkj	2	T29	3.67 edfc	2	0 d
T23	3.57gdfce	2	T29	3.22 lk	2	T11	3.62 edfc	2	7.81 cd
T13	3.50 gfe	2	T13	3.17 lk	2	T20	3.60 edfc	2	21.88 bcd
T24	3.47 gfe	2	T27	3.15 lk	2	T24	3.52 edfc	2	0 d
T22	3.47 gfe	2	T28	3.10 lk	2	T6	3.50 edfc	2	0 d
T25	3.42 gf	2	T24	3.00 l	2	T21	3.15 ef	2	31.25 abc
T21	3.37 gf	2	T23	3.00 l	2	T22	3.12 ef	2	12.50 cd
T26	3.32 gf	2	T26	2.97 l	2	T23	2.97 f	2	26.56 abc

C= clase. *Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí ($P \leq 0.05$).

La evaluación de *R. solani* (HSO56) en el sobrecrecimiento (traslape) con las 31 cepas de *Trichoderma* fluctuó de 5.27 a 2.97 cm (Tabla 1), además el análisis de varianza mostró diferencia significativa entre los tratamientos ($P \leq 0.0001$). Según la escala de Bell et al. (1982), *T. asperellum* (T1, T4, T16, T17, T18) y T19 (sin identificar especie) fueron los más sobresalientes, ya que estos se ubicaron en la clase 1. Por otra parte, *R. solani* (HSO56) manifestó mayor crecimiento en comparación con las demás cepas (TJ53 A y ACH42 A), lo anterior se atribuye

a la resistencia que ha mostrado al fungicida de Pencycuron (Chávez et al., 2011).

Es importante mencionar que *Trichoderma* spp. presentaron capacidad antagónica; ya que cuatro cepas (T2, T8, T16, T31) coinciden en el sobrecrecimiento sobre *R. solani* (TJ53 A y ACH42 A) y tres mostraron sobrecrecimiento sobre el mismo patógeno (TJ53 y HSO56) (Figura 1); cabe destacar que *T. asperellum* (T18) mostró traslape con los tres aislados de *R. solani* (TJ53, ACH42 y HSO) (Tabla 1), además estos aislados de *Trichoderma* se ubicaron en la clase 1 de la escala de Bell et al. (1982).

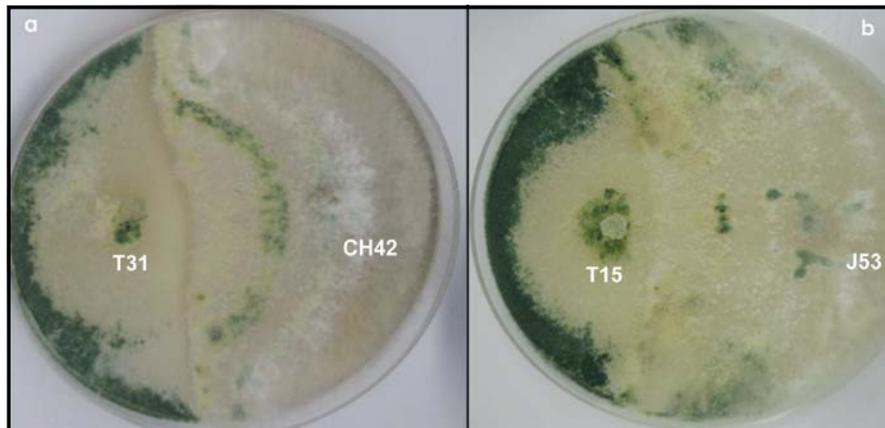


Figura 1. Efecto antagónico de *Trichoderma* (T31) contra CH42 a) y *Trichoderma* (T15) contra J53 b). Fotografías tomadas por Eduardo Osorio Hernández.

La inhibición del crecimiento micelial de *R. solani* (HSO56 A) inducida por los metabolitos volátiles producidos por las 31 cepas de *Trichoderma* osciló de 7.81 a 51.56% (Tabla 1), de las cuales 23 manifestaron cierta inhibición micelial sobre *R. solani*, además el patógeno mostró crecimiento irregular; sin embargo, no expresaron diferencia significativa ($P \leq 0.0009$) entre los tratamientos. Los metabolitos secundarios no volátiles producidos por *Trichoderma* spp. mostraron efecto inhibitorio contra *R. solani* (HSO56), la cual varió de 9.4 a 2.3% (Figura 2); se observó que *T. rossicum* (T1) y *T. asperellum* (T14, T16) expresaron mayor efecto inhibitorio ($P \leq 0.0001$) en comparación con las cepas T8 y T18 de *T. asperellum*; mientras que *T. hamatum* (T25) y otras cepas de *T. asperellum* (T2, T3, T4, T10, T17, T30 y T31) no mostraron actividad inhibitoria de *R. solani*, la cual indica que la especie no es determinante en la mayor o menor proporción y/o tipos de metabolitos secundarios no volátiles (Figura 2). Además de lo anterior, se observó un atípico y con poco crecimiento *R. solani* con todas las cepas evaluadas.

DISCUSIÓN

En los ensayos realizados en esta investigación se observó que no todas las cepas evaluadas de *Trichoderma* tienen la misma capacidad de inhibir el crecimiento micelial de *R. solani*. Es decir, la capacidad antagónica de *Trichoderma* spp. es variable debido a que cada especie puede tener diferente mecanismo de acción, además de capacidad de esporulación y crecimiento (Osorio Hernández et al., 2011). En el mismo sentido Küçük y Kivanç (2003) mencionaron que *T. harzianum* mostró

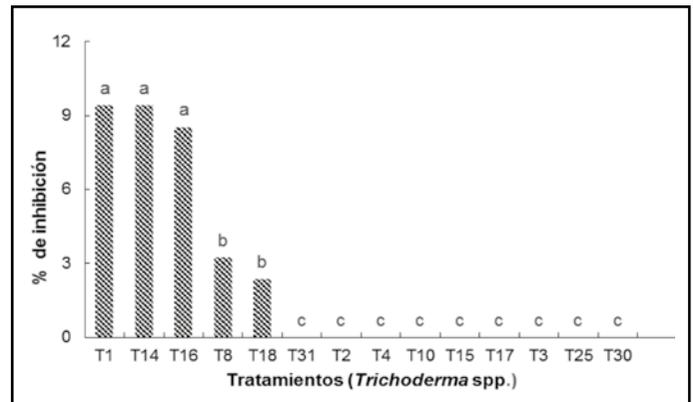


Figura 2. Medias del porcentaje de inhibición de *R. solani* (HSO56) por metabolitos secundarios volátiles de 14 aislados de *Trichoderma*. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí ($P \leq 0.05$).

una inhibición de 88% sobre *R. solani* en cultivos duales, además observaron que no todas las cepas de *Trichoderma* pertenecientes a la misma especie tienen la misma efectividad de inhibición; resultados que coinciden con esta investigación. Por otro lado, se observó que el tiempo de contacto entre *Trichoderma* spp. y *R. solani* (TJ53, ACH42, HSO56) fue de dos días, similar a lo obtenido por Michel Aceves et al. (2005) con *T. harzianum* contra *S. rolfisii*; pero que difiere para *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, debido a que fue de 5 días. Lo anterior también coincide a lo descrito por Reyes Rondón et al. (2007), quienes reportaron que *T. harzianum* presentó una elevada actividad antagónica e hiperparasítica contra *R. solani* y *Pyricularia grisea*, añaden que no todas las cepas de *Trichoderma* tienen el mismo nivel de competencia contra estos patógenos. Por otro lado, De Marco et al. (2004) y González et al.

(2012) evidenciaron que *Trichoderma* spp. producen diversas enzimas, tales como glucanasas, quitinasas, celulasas, proteasas y amilasas, que les confiere la capacidad para destruir la pared celular del fitopatógeno. Otros estudios indican que especies de *Trichoderma* producen sustancias volátiles; sin embargo, en este estudio no se encontró efecto inhibitorio de *R. solani* por compuestos volátiles, lo que difiere de lo reportado por Küçük y Kivanç (2003), quienes aseveran que *T. harzianum* mostró efecto inhibitorio por compuestos volátiles sobre *R. solani*, *R. cereales*, *Dreschlera sorokiniana*, *F. culmorum*, *F. moniliforme*, *Gaeumnomomyces graminis* var. *tritici* y *Sclerotium rolfii*. Otros estudios mencionan que *Trichoderma* produce compuestos volátiles que provocan un desarrollo micelial menos denso y reducen el tamaño de la colonia de *P. nicotianae* (Stefanova et al., 1999), lo anterior concuerda con lo obtenido en este estudio.

En la prueba de la actividad de metabolitos secundarios no volátiles de *Trichoderma* spp. contra *R. solani* se observó un crecimiento atípico y poco abundante de *R. solani* en todas las cepas evaluadas. Por otra parte, Küçük y Kivanç (2003), mencionaron que una de las siete cepas que ensayaron de *T. harzianum* mostró 100% de inhibición por sustancias no volátiles sobre *R. solani* y *S. rolfii*, así como que no todas las cepas de *Trichoderma* pertene-

cientes a la misma especie tienen el mismo porcentaje de inhibición, lo cual coincide con los resultados de esta investigación. LeLay et al. (2007) reportaron que *Trichoderma* spp. mostraron de 14 a 27% de inhibición en el crecimiento micelial de *Rosellinia necatrix*, mencionaron también que algunas cepas de *Trichoderma* estimularon el crecimiento del patógeno. Esto se atribuye a la poca concentración de metabolitos en el sobrenadante como gliotoxina, viridina, pacibasina, trichodermina, furanona, trichorziamina y 6-pentil-a-pirona.

CONCLUSIONES

T. asperellum (T18 y T16) fue la cepa que mostró efecto antagónico sobre *R. solani* (TJ53, ACH42 y HSO56) con los tres ensayos realizados en este estudio. *T. rossicum* (T1) demostró efecto inhibitorio en las pruebas de cultivos duales y metabolitos secundarios no volátiles contra *R. solani* (HSO56). Si se toma como base esta investigación, se sugiere realizar pruebas en invernadero y campo con *T. asperellum* (T18 y T16) y *T. rossicum* (T1) contra *R. solani*.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la empresa GreenCorp por el apoyo brindado para el desarrollo de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- ANGUIZ, J. R. y MARTIN, C. Caracterización y patogenicidad de *Rhizoctonia solani* Kühn que afecta a la papa en tres zonas ecológicas del Perú. *Fitopatología*, 25, 16-22, 1990.
- BELL, D. K. et al. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*, 72(4): 379-382, 1982.
- BIENKOWSKI, D. et al. A disease assay for *Rhizoctonia solani* on potato (*Solanum tuberosum*). *Insects and diseases on vegetables*. *New Zealand Plant Protection*, 63, 133-137, 2010.
- CARLING, D. et al. Hyphal anastomosis reactions, rDNA internal transcribed spacer sequences, and virulence levels among subsets of *Rhizoctonia solani* anastomosis Group-2 (AG-2) and AG-B1. *Phytopathology*, 92(1): 43-50, 2002.
- CHAVARRO, M. E. *Variabilidad genética y detección molecular de poblaciones del hongo Rhizoctonia solani en regiones colombianas productoras de papa*. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias-Profundización Fitopatología, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, 23-48, 2011.
- CHÁVEZ BARRAGÁN, J. R. et al. Susceptibilidad al Pencycuron, de grupos de anastomosis de *Rhizoctonia solani* Kühn colectados en ocho regiones paperas de México. *Revista Agraria-Nueva Epoca*, 8(3): 18-24, 2011.
- CHERIF, M. y BENHAMOU, N. Cytochemical aspects of chitin breakdown during the parasitic action of *Trichoderma* sp. on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Phytopathology*, 80(12): 1406-1414, 1990.
- DE MARCO, J. L. et al. Purification and characterization of an N-acetylglucosaminidase produced by a *Trichoderma harzianum* strain which controls *Crinipellis pernicios*a. *Applied Microbiology Biotechnology*, 64, 70-75, 2004.
- GONZÁLEZ, I. et al. Inducción de quitinasas y glucanasas en cepas de *Trichoderma* spp. promisorias como agentes para el control biológico. *Biotecnología Aplicada*, 29(1): 7-11, 2012.

- GUCHI, E. Disease management practice on potato (*Solanum tuberosum* L.) in Ethiopia. *World Journal of Agricultural Research*, 3(1): 34-42, 2015.
- HERNÁNDEZ CASTILLO, F. D. et al. Susceptibilidad a fungicidas de grupos de anastomosis del hongo *Rhizoctonia solani* Kühn colectados en zonas paperas de Chihuahua, México. *International Journal of Experimental Botany*, 74(1): 259-269, 2005.
- KANDULA, D. R. W. et al. *Trichoderma* species for biocontrol of soil-borne plant pathogens of pasture species. *Biocontrol Science and Technology*, 25(9): 1052-1069, 2015.
- KÜÇÜK, Ç. y KIVANÇ, M. Isolation of *Trichoderma* spp. and determination of their antifungal, biochemical and physiological features. *Turkish Journal of Biology*, 27(4): 247-253, 2003.
- LELAY, Y. et al. Estudio de compatibilidad *in vitro* de aislados monoconídicos de *Trichoderma* sp. potenciales agentes de biocontrol de la podredumbre blanca del aguacate. *Actas VI Congreso Mundial del Aguacate*, 12-16 nov., Viña del Mar, Chile, 2007.
- MICHEL ACEVES, A. C. et al. Potencial antagonico *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. f. sp. *Lycopersici* (Sacc.) Zinder y Hansen y *Sclerotium rolfsii* (Sacc.) *in vitro* en invernadero. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(3): 286-293, 2005.
- MONTERO TAVERA, V. et al. Diversidad genética de aislados de *Rhizoctonia solani* (Kühn) de Chile en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(7): 1043-1054, 2013.
- OSORIO HERNÁNDEZ, E. et al. Biocontrol of *Phytophthora parasitica* and *Fusarium oxysporum* by *Trichoderma* spp. in *Hibiscus sabdariffa* plants under field and greenhouse conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 9(18): 1398-1345, 2014.
- OSORIO HERNÁNDEZ, E. et al. *In-vitro* behavior of *Trichoderma* spp. against *Phytophthora capsici* Leonian. *African Journal of Agricultural Research*, 6(19): 4594-4600, 2011.
- REYES IBARGUEN, D. E. y TORRES GONZÁLEZ, C. Caracterización de hongos antagonicos de tres humedales subsuperficiales utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 10, 21-30, 2011.
- REYES RONDÓN, T. et al. Efectividad *in vitro* de *Trichoderma harzianum* Rifai para el control de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Pyricularia grisea* Sacc. aislados en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Fitosanidad*, 11(1): 29-33, 2007.
- STEEL, R. G. D. y TORRIE, J. H. *Bioestadística: principios y procedimientos*. 2 ed. México: McGraw-Hill, 228, 1986.
- STEFANOVA, M. et al. Actividad metabólica de Cepas de *Trichoderma* spp. para el control de hongos fitopatógenos del suelo. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 16(5): 509-516, 1999.
- TSPOR, L. et al. Biological control of Black scurf on potato under organic management. *Crop Protection*, 20(2): 145-150, 2001.

Comparación de métodos para evaluar la productividad de ovejas de pelo

Comparison of methods for evaluating the productivity of hair sheep



Irma del Carmen García Osorio¹, Jorge Oliva Hernández^{2, 3*}, José Alfonso Hinojosa Cuéllar³, Jorge Quiroz Valiente^{2, 3}

García Osorio, I. C., Oliva Hernández, J., Hinojosa Cuéllar, J. A., Quiroz Valiente, J. Comparación de métodos para evaluar la productividad de ovejas de pelo. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 12-18, enero-abril 2016.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue establecer la relación entre tres métodos para determinar la productividad (PO) de las ovejas. Se utilizaron ovejas multíparas Pelibuey y Blackbelly x Pelibuey con uno y dos corderos, respectivamente. Los métodos utilizados fueron: M1) PO= (peso de la camada al destete/intervalo entre partos)*240 días; M2) PO= peso de la camada al destete/peso de la oveja al finalizar la lactancia; M3) PO= peso de la camada al destete. En ovejas con dos corderos no se encontró correlación entre los métodos para determinar PO. El M3 explicó la variación ($R^2= 0.84$) de la PO determinada con el M1. En ovejas con un cordero, se detectó correlación ($r= 0.72$) entre la PO determinada con M2 y M3. En conclusión, la identificación de la mayor PO se facilitó al utilizar dos métodos en las ovejas con dos corderos. Entre tanto, en ovejas con un cordero fue suficiente con utilizar un solo método.

Palabras clave: ovejas de pelo, trópico húmedo, lactación, camada, productividad, pastoreo.

Keywords: hair sheep, humid tropic, lactation, litter, productivity, grazing.

Recibido: 24 de abril de 2015, aceptado: 14 de diciembre de 2015

¹ Práctica privada.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

³ Universidad Popular de la Chontalpa.

* Autor para correspondencia: olivajh20@yahoo.com.mx

ABSTRACT

The aim of the study was the relationship between three methods for determining the ewe productivity (EP). Pelibuey and Blackbelly x Pelibuey multiparous ewes were used with single and twin lambs, respectively. The methods used were M1) EP= (litter weight at weaning/lambing interval)*240 days; M2) EP= litter weight at weaning/body weight of ewe at the end of lactation; M3) EP= litter weight at weaning. In ewes with twin lambs, no correlation was found between methods for determining EP. The M3 explained variation ($R^2= 0.84$) of EP determined with M1. In ewes with single lamb, correlation ($r= 0.72$) between EP determined with M1 and M3 was detected. In conclusion, identifying the highest EP is facilitated by using two methods in ewes with twin lambs. Meanwhile, in ewes with single lamb it was enough to use a single method.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción animal se busca que el nivel de productividad de los animales permita obtener una rentabilidad económica. Se entiende como productividad la eficiencia con la cual los animales transforman los alimentos que consumen en productos para beneficio del hombre. Sin embargo, hay que considerar que esta eficiencia está condicionada por factores genéticos, ambientales y la interacción de estos factores mencionados (Vivanco Mackie, 2011).

En las ovejas las variables que se han empleado como base para estimar la productividad han sido el número y peso de los corderos al destete (Cadenas Cruz et al., 2012). Sin embargo, se han propuesto diversas metodologías (Bunge et al., 1995; Vivanco Mackie, 2011; Magaña Monforte et al., 2013) que combinan dos o tres variables con el fin de obtener una mejor estimación de la capacidad productiva de las ovejas.

Vivanco Mackie (2011) propone que en la determinación de la productividad de las ovejas se considere la relación entre el peso de la camada al destete y el peso vivo de la oveja al finalizar la lactancia, ajustando a una misma edad. Esta propuesta tiene como desventaja la necesidad de pesar a las ovejas, práctica de manejo que no se realiza con frecuencia en las fincas comerciales localizadas en Tabasco. No obstante, tiene como ventaja lo simple y rápido de obtener.

Magaña Monforte et al. (2013) proponen estimar la productividad de las ovejas a través del peso de la camada al destete (kg), el intervalo entre partos (días) y la constante 240 (días) que corresponden al valor óptimo para tres partos en un período de dos años. La desventaja de esta metodología es que solo se incluyen datos de ovejas que logran un parto subsecuente y requiere llevar un registro de los eventos reproductivos. La ventaja es que considera la capacidad productiva y reproductiva de la oveja.

Bunge et al. (1995) definen la productividad de las ovejas como los kg de cordero destetado por oveja expuesta al manejo reproductivo. Para ello, es necesario considerar la fertilidad de las ovejas, la supervivencia de la camada y el número de ovejas expuestas al manejo reproductivo dentro del sistema de producción. Sin embargo, la información debe ser procesada con el uso de un modelo estadístico, lo que limita su uso.

La importancia de disponer de un indicador de la productividad de las ovejas facilita la toma de decisiones (eliminación o permanencia de los animales) dentro de un sistema de producción. Adicionalmente, este tipo de información permite implementar estrategias que tengan por objetivo mejorar el comportamiento productivo de las hembras que muestren menor eficiencia de producción dentro del rebaño. Otra de las ventajas de la información sobre la productividad de las

ovejas es identificar a aquellas hembras que resultan más eficientes y seleccionarlas como hembras progenitoras de las siguientes generaciones con la finalidad de incrementar la productividad en el rebaño.

Una primera hipótesis del presente estudio fue que existe correlación entre el peso de la camada al destete y la proporción peso de la camada al destete/peso vivo de la oveja al finalizar la lactancia. Una segunda hipótesis fue que la variabilidad de la productividad de una oveja al finalizar la lactancia determinada con el peso de la camada al destete, el intervalo entre partos y la constante 240 días se puede predecir con la proporción peso de la camada al destete/peso de la oveja al finalizar la lactancia y con el peso de la camada al destete.

Por lo antes mencionado, el objetivo del estudio fue comparar y establecer la relación entre tres metodologías para determinar la productividad de las ovejas en lactación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo dos estudios independientes, pero complementarios, en dos fincas ovinas localizadas en Tabasco, México. En el primer estudio se obtuvieron datos productivos de ovejas que criaron dos corderos y en el segundo estudio de ovejas que criaron un cordero.

Estudio uno

Se realizó en la unidad ovina experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la cual se localiza en Huimanguillo, Tabasco (17° 50' N, 93° 23' O), en donde el clima es cálido húmedo con lluvias todo el año (Af) y registra una temperatura ambiente media anual de 27.8 °C (INEGI, 2012).

Se estudiaron ocho ovejas Blackbelly x Pelibuey provenientes de un grupo de 16 ovejas (tres primíparas y 13 multíparas) cuyo periodo de partos fue de 18 días. Las ovejas incluidas en el estudio fueron de octavo parto y con camadas de dos corderos (Figura 1).

Las ovejas se alimentaron con base en el pastoreo y un alimento comercial de 15% de proteína cruda (PC). Durante 30 días previos al parto y durante la etapa de lactación (56 días) cada oveja recibió,



Figura 1. Oveja múltipara Blackbelly x Pelibuey criando gemelos. Imagen propiedad de los autores.

respectivamente, 300 y 500 g por día de alimento comercial, el cual se ofreció al grupo.

El pastoreo tuvo una duración promedio de 10 h/día (8:00 a 18:00 h) y fue de tipo rotacional (en promedio los periodos de ocupación fueron de tres días en cada una de las divisiones por 25 días de descanso). Para ello se utilizaron praderas empastadas de *Cynodon plectostachyus*.

Los corderos permanecieron estabulados durante la etapa de lactación y se alimentaron de leche materna (amamantamiento controlado), complemento alimenticio (18% PC) de tipo comercial (se ofreció a partir del día cinco de edad) y heno de *C. plectostachyus* y *Gliricidia sepium* a libre acceso (a partir de los 15 días de edad). El control del acceso al amamantamiento se aplicó a partir de la segunda semana de vida del cordero y consistió en restringirle el acceso a la leche materna durante seis horas (8:00 a 14:00 h) durante tres semanas, posteriormente se incrementó a 10 horas (8:00 a 18:00 h), hasta concluir la lactancia.

La productividad de las ovejas (PO) se estimó de acuerdo a los siguientes métodos: a) Método 1, el propuesto por Magaña Monforte et al. (2013) con algunas modificaciones relacionadas a la duración de la lactancia. $PO = (\text{peso de la camada a los 56 días de edad} / \text{intervalo entre partos}) * 240 \text{ días}$. En donde 240 días corresponden al valor óptimo para tres partos en

un periodo de dos años; b) Método 2, Vivanco Mackie (2011) propone que la PO se debe calcular como el peso de la camada al destete (56 días) / peso vivo de la oveja al finalizar la lactancia (56 días), kg y; c) Método 3, peso de la camada a los 56 días de edad.

Las crías que conformaron una camada se pesaron a los 56 días de edad (momento del destete). Las ovejas fueron pesadas a los 56 días de lactancia. El intervalo entre partos correspondió al número de días transcurridos entre un parto y otro.

Estudio dos

Se realizó en una finca ovina de tipo comercial localizada en la rancharía González Primera sección del municipio Centro, en Tabasco. Se estudiaron 11 ovejas Pelibuey provenientes de un grupo de 21 (una primípara y 20 múltiparas) cuyo período de partos tuvo una duración de 17 días. No se tuvo la información del número de parto, por lo que se clasificaron en dos grupos, primíparas y múltiparas. Las ovejas incluidas en el estudio fueron múltiparas con un cordero durante la lactancia. Dentro del grupo de ejemplares estudiados se incluyeron dos ovejas que al parto tuvieron dos corderos, pero que lograron criar un cordero hasta el destete.

Las ovejas se alimentaron con base en el pastoreo, en praderas mixtas con camalote (*Paspalum fasciculatum*), remolino (*Paspalum notatum*), humidícola (*Brachiaria humidicola*) y cabezón (*Paspalum virgatum*), más una complementación alimenticia (500 g de alimento comercial por oveja al día), la cual se ofreció al grupo. Las ovejas se mantuvieron las 24 horas del día con sus crías (amamantamiento continuo). El destete de los corderos se efectuó en promedio a los 57 días. Debido a que no se tuvo información reproductiva, la productividad de las ovejas se evaluó únicamente con los métodos 2 y 3 descritos previamente en el estudio uno.

Las variables evaluadas fueron peso de la camada al destete (ajustado a los 56 días de edad), peso de la oveja al finalizar la lactancia (ajustado a los 56 días posparto) y productividad de las ovejas determinada con los métodos 2 y 3.

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y los valores de productividad obtenidos se ordenaron de mayor a menor considerando cada método. Para establecer la relación entre la productividad de las ovejas determinada con los diferentes

métodos se utilizó el procedimiento de correlación de Spearman. Se utilizaron los valores críticos del coeficiente de Spearman para establecer si los pares de variables objeto de la presente investigación mostraron una asociación significativa (Weathington et al., 2012).

Si se parte del supuesto de que el método 1 es el más apropiado para determinar la productividad de una oveja por incluir en su determinación el intervalo entre partos (evidencia de la capacidad de la hembra para mantener un proceso productivo en al menos dos partos subsecuentes) y el peso de la camada (evidencia de la capacidad productiva de una hembra en una lactancia) se procedió a determinar la relación entre la productividad de las ovejas obtenida con el método 1 con la de los métodos 2 y 3, para ello se utilizó el procedimiento de regresión simple, donde la variable dependiente fue la productividad de las ovejas y la variable independiente la productividad de las ovejas con los métodos 2 y 3. La ecuación de predicción propuesta fue la siguiente:

$Y = a + bx$, en donde

Y= valor esperado de la variable dependiente

a= intercepto con Y

b= pendiente de la regresión de Y respecto de X para valores fijos de X

x= valor de la variable independiente

RESULTADOS

Estudio uno

En la Tabla 1 se presentan y ordenan de mayor a menor los valores de productividad de las ovejas

considerando el método para su determinación. La oveja 7.5 apareció en alguna de las tres primeras posiciones de mayor productividad en los tres métodos estudiados, mientras que las ovejas 55.5 y 6.5 aparecieron en alguna de las tres primeras posiciones en dos de los tres métodos. Por otra parte, las ovejas que tuvieron los valores de productividad más bajos fueron las ovejas 1.5 (en los tres métodos) y la 25.5 (en dos de los métodos utilizados).

No se encontró correlación ($p > 0.05$) entre las tres determinaciones de productividad (valor crítico= 0.74; test de dos colas a una $\alpha = 0.05$; tamaño de muestra= 8; grados de libertad, $N-2 = 6$). Los coeficientes de correlación fueron: $r = 0.13$ ($p > 0.05$) para método 1 con 2, $r = 0.60$ ($p > 0.05$) para método 1 con 3, y $r = 0.46$ ($p > 0.05$) para método 2 con 3. La productividad de las ovejas obtenida con el método 1 se explicó, en gran medida ($R^2 = 0.84$), con el peso de la camada (método 3) (Tabla 2).

Estudio dos

En la Tabla 3 se muestra la productividad de las ovejas Pelibuey obtenida con los métodos 2 y 3. En el límite superior se detectó coincidencia entre los dos métodos: las ovejas 8042, 11004 y 16975 fueron las que tuvieron mayor productividad. Sin embargo, en el límite inferior solo se detectó coincidencia en dos de las tres ovejas que ocuparon los tres últimos lugares en productividad.

A diferencia de lo registrado en el estudio uno, en las ovejas con un cordero la productividad determinada con los métodos 2 y 3 tuvo asociación positiva, $r = 0.72$ ($p < 0.05$) (valor crítico= 0.62; test de

Tabla 1. Comparación de tres métodos para estimar la productividad en ovejas (PO) multíparas Blackbelly x Pelibuey con dos corderos al destete (56 días de edad)

Método 1 ¹			Método 2 ²			Método 3 ³		
Oveja	Lugar ⁴	Productividad	Oveja	Lugar ⁴	Productividad	Oveja	Lugar ⁴	Productividad
7.5	1	34.09	8.5	1	0.77	7.5	1	32.10
55.5	2	28.09	6.5	2	0.73	55.5	2	27.50
40.5	3	26.39	7.5	3	0.73	6.5	3	26.85
38.5	4	25.76	25.5	4	0.66	8.5	4	25.40
8.5	5	25.40	38.5	5	0.65	40.5	5	25.40
6.5	6	23.18	55.5	6	0.64	38.5	6	24.90
25.5	7	21.31	40.5	7	0.62	25.5	7	22.55
1.5	8	20.10	1.5	8	0.48	1.5	8	19.35

¹ PO= (peso de la camada al destete, kg/intervento entre partos)*240 días. ² PO= peso de la camada al destete, kg/peso vivo de la oveja al finalizar la lactancia, kg. ³ PO= peso de la camada al destete, kg. ⁴ Se refiere al lugar que ocupa la oveja de acuerdo con su productividad comparada con las hembras del mismo grupo. Elaboración con datos obtenidos por los autores.

Tabla 2. Modelos de regresión simple para determinar la productividad de las ovejas obtenidas con el método 1¹

Variable	Ecuación de predicción	R ²	p	DER
PO con método 1	10.2 (± 11.6) + PO con método 2 ² (23.2 ± 17.4)	0.23	>0.05	4.14
PO con método 1	-2.0 (± 4.9) + PO con método 3 ³ (1.1 ± 0.2)	0.84	<0.01	1.87

¹PO= (peso de la camada al destete, kg/intervalo entre partos)*240 días. ²PO= peso de la camada al destete, kg/peso vivo de la oveja al finalizar la lactancia, kg. ³PO= peso de la camada al destete, kg. R²= coeficiente de determinación; DER= desviación estándar residual. Elaboración con datos obtenidos por los autores.

Tabla 3. Comparación de dos métodos para estimar la productividad en ovejas multíparas Pelibuey con un cordero al destete

Método 2 ¹			Método 3 ²		
Oveja	Lugar ³	Productividad	Oveja	Lugar	Productividad
8042	1	0.52	8042	1	16.2
11004	2	0.51	16975	2	14.2
16975	3	0.45	11004	3	13.3
16982	4	0.44	10902	4	12.9
1603	5	0.41	16856	5	12.8
16983	6	0.38	16983	6	12.6
10902	7	0.36	16413	7	12.3
16413	8	0.36	1603	8	12.3
16856	9	0.36	16982	9	11.9
8706	10	0.35	8706	10	11.1
110009	11	0.32	110009	11	9.1

¹PO= peso de la camada al destete, kg/peso vivo de la oveja al finalizar la lactancia, kg. ²PO= peso de la camada al destete, kg. Los pesos vivos de los corderos y ovejas se ajustaron a 56 días de edad y posparto, respectivamente. ³Se refiere al lugar que ocupa la oveja de acuerdo con su productividad comparada con las hembras del mismo grupo. Elaboración con datos obtenidos por los autores.

dos colas a una $\alpha = 0.05$; tamaño de muestra= 11; grados de libertad, N-2= 9).

DISCUSIÓN

Estudio uno

La productividad de las ovejas obtenida con el método uno (20-34) fue superior a la reportada en ovejas Pelibuey (19.8 kg, Magaña Monforte et al., 2013) e híbridas (21.4 kg, Hinojosa Cuéllar et al., 2015), ambas con dos corderos al destete. Las diferencias entre estudios pueden atribuirse, en parte, a que en los estudios de Magaña Monforte et al. (2013) y de Hinojosa Cuéllar et al. (2015) se incluyeron tanto ovejas primíparas como multíparas al determinar la productividad. Adicionalmente, en los estudios referidos previamente, se encontró que las multíparas tuvieron mayor productividad que las primíparas.

Con respecto a la PO con el método 2, Morales Carrillo et al. (2013) y García Osorio et al. (2014) reportan en ovejas Blackbelly x Pelibuey con parto múltiple una productividad similar (0.64) a la encontrada en el presente estudio.

El peso de la camada al destete (método 3) fue superior al señalado en ovejas Pelibuey (22.0 kg, Magaña Monforte et al., 2013) e híbridas (21.4 kg, García Osorio et al., 2014; 22.5 kg, Hinojosa Cuéllar et al., 2015). De manera similar a lo indicado previamente en el método 1, las diferencias entre estudios pueden atribuirse a que en los estudios referidos se incluyeron ovejas multíparas y primíparas con dos corderos.

Los métodos evaluados en el presente estudio proporcionaron información de la productividad de las ovejas, su ordenamiento de mayor a menor valor facilitó la identificación de las ovejas con mayor y menor productividad dentro de un grupo contemporáneo de hembras con similar número de corderos al destete.

Las posiciones de los valores de productividad de las ovejas varían de acuerdo al método empleado. Por ejemplo, de acuerdo a los métodos 1 (Magaña Monforte et al., 2013) y 3 coloca a la oveja 55.5 dentro de los tres primeros lugares de productividad. Sin embargo, de acuerdo al método 2 (Vivanco Mackie, 2011) esta misma oveja resulta con una posición inferior en productividad. No obstante,

a través de estos métodos es posible identificar ovejas productivamente superiores e inferiores dentro del mismo grupo de hembras. La ausencia de correlación entre los métodos utilizados para determinar la productividad en las ovejas multíparas con dos corderos sugiere que pueden ser utilizados de manera complementaria para identificar a los animales con mayor productividad.

En ovejas multíparas Blackbelly x Pelibuey la productividad encontrada con el método 3 permitió explicar parcialmente la variación en la productividad obtenida con el método 1, por lo que en ausencia de información reproductiva de las ovejas el peso de la camada al destete representó un método confiable para seleccionar ejemplares con alta y baja productividad.

Estudio dos

Morales Carrillo et al. (2013) y García Osorio et al. (2014) reportaron en ovejas multíparas Blackbelly x Pelibuey con un solo cordero una productividad (método 2) de 0.38 y 0.39, respectivamente. La misma resultó ligeramente inferior a la encontrada en el presente estudio.

El peso de la camada al destete (método 3) fue ligeramente inferior al indicado en ovejas Pelibuey (13.7 kg, Magaña Monforte et al., 2013) y multíparas Blackbelly x Pelibuey (14.4 kg, Morales Carrillo et al., 2013), ambas con un solo cordero.

En rebaños que no disponen de información reproductiva y del peso vivo de las ovejas la identificación de ovejas con la mayor y menor productividad dentro de un grupo contemporáneo puede lograrse a través del peso de la camada al destete. Sin embargo, el uso de información productiva derivada de al menos dos métodos incrementa la posibilidad de tomar una mejor elección al momento de decidir cuáles ovejas permanecen o se eliminan del rebaño.

En estudios futuros se deberá considerar si el uso adicional de otro tipo de variables (con facilidad de medición) contribuye a identificar con mayor precisión las ovejas con mayor eficiencia productiva; por ejemplo, el cambio de condición corporal durante la lactancia.

Por otra parte, también se deberá considerar si aspectos como la altura de los animales (dentro de un mismo grupo racial) en combinación con el peso vivo facilitan la identificación de los que presentan mayor productividad. Al respecto, existen estudios que han caracterizado el peso vivo y altura de las ovejas Pelibuey (Martínez Ávalos et al., 1987) y Blackbelly (Dzib et al., 2011). Adicionalmente, Owens et al. (1993) señalan que los animales con bajo peso maduro muestran menos requerimientos de mantenimiento; situación que debe considerarse en los programas de selección y que podría representar una ventaja en los sistemas de producción que contemplan el uso de las razas Pelibuey y Blackbelly como maternas (Oliva Hernández et al., 2014; Espinosa García et al., 2015).

CONCLUSIONES

En ovejas con dos corderos no se encontró correlación entre los métodos incluidos en este estudio para determinar la productividad. El peso de la camada al destete predijo la variación de la productividad de las ovejas determinada con el peso de la camada al destete, el intervalo entre partos y la constante 240 días. La identificación de la mayor productividad de los ejemplares se facilitó al utilizar dos métodos en las ovejas con dos corderos. Entre tanto, en ovejas con un cordero fue suficiente con utilizar un solo método.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Ing. Walter R. Lanz Villegas haber permitido procesar y analizar la información productiva de su finca ovina.

LITERATURA CITADA

- BUNGE, R. et al. Performance of hair breeds and prolific wool breeds of sheep in Southern Illinois: Lamb production of F₁ adult ewes. *Journal of Animal Science*, 73(6): 1602-1608, 1995.
- CADENAS CRUZ, P. J. et al. Productivity of Blackbelly ewes and their hybrid litter under grazing. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(1): 97-102, 2012.
- DZIB, C. A. et al. Variabilidad morfoestructural de ovinos Blackbelly en Campeche, México. *Archivos de Zootecnia*, 60(232): 1291-1301, 2011.
- ESPINOSA GARCÍA, J. A. et al. Prospección tecnológica y estrategias de innovación para producción ovina en Tabasco, México. *Revista Científica FCV-LUZ*, XXV(2): 107-115, 2015.
- GARCÍA OSORIO, I. C. et al. Influencia del número y tipo de parto sobre el comportamiento productivo de ovejas Blackbelly x Pelibuey. Tabasco, México: *Memorias XXVI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco y III Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical*, 230-234, 2014.
- HINOJOSA CUÉLLAR, J. A. et al. Productividad de ovejas F₁ Pelibuey x Blackbelly y sus cruces con Dorper y Katahdin en un sistema de producción del trópico húmedo de Tabasco, México. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47(2): 167-174, 2015.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). *Anuario Estadístico Tabasco*. México: Autor, 426 pp., 2012.
- MAGAÑA MONFORTE, J. G. et al. A field study of reproductive performance and productivity of Pelibuey ewes in Southeastern Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 45(8): 1771-1776, 2013.
- MARTÍNEZ ÁVALOS, A. M. M. et al. Zoometría y predicción de la composición corporal de la borrega Pelibuey. *Técnica Pecuaria en México*, 25(1): 72-84, 1987.
- MORALES CARRILLO, B. et al. Desempeño productivo de ovejas Blackbelly x Pelibuey en lactación. *Memorias XL Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria y IX Seminario Internacional de Ovinos en el Trópico*. Tabasco, México, 441-444, 2013.
- OLIVA HERNÁNDEZ, J. et al. *Temas selectos sobre el manejo de ovinos en la región tropical húmeda. Una aproximación a los alcances y limitaciones productivas*. Alemania: Editorial Académica Española, 208 pp., 2014.
- OWENS, F. N. et al. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*, 71(11): 3138-3150, 1993.
- VIVANCO MACKIE, H. W. *Uso de las tecnologías reproductivas avanzadas en programas de mejora genética en ovinos*. En R. González Garduño, A. C. Berúmen Alatorre y R. Montes de Oca (Comps.), *Tópicos selectos en producción ovina (79-94)*. México: Universidad Autónoma Chapingo, 2011.
- WEATHINGTON, B. L. et al. *Understanding business research*. USA: John Wiley & Sons, Inc. Publication, 454 pp., 2012.

**Propagación *in vitro* de la orquídea *Prosthechea citrina* (La Llave & Lex.)
W. E. Higgins nativa del estado de Durango, México**

***In vitro* propagation of orchid *Prosthechea citrina* (La Llave & Lex.)
W. E. Higgins native of Durango State, Mexico**

Tania Lizeth Cazarez Favela^{1*}, José de Jesús Graciano Luna², Santiago Solís González², Beatriz Díaz Ramírez², Juan Abel Nájera Luna², José Bernardo Montoya Ayón³

Cazarez Favela, T. L., Graciano Luna, J. J., Solís González, S., Díaz Ramírez, B., Nájera Luna, J. A., Montoya Ayón, J. B. Propagación *in vitro* de la orquídea *Prosthechea citrina* (La Llave & Lex.) W. E. Higgins nativa del estado de Durango, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 19-25, enero-abril 2016.

RESUMEN

Prosthechea citrina es una orquídea sujeta a protección especial debido a que presenta diversas problemáticas en su hábitat natural que inciden negativamente en su viabilidad biológica, como son el deterioro y la modificación de su entorno y la extracción de plantas. Por ello, la aplicación de técnicas o metodologías que permitan la propagación masiva de una forma rápida y eficiente de la especie proporciona una herramienta para aumentar su productividad sin afectar el entorno natural y su conservación. En el presente estudio se reporta la propagación masiva de *P. citrina in vitro*, esto mediante protocormos así cultivados en medio Murashige y Skoog (1962) MS con reguladores de crecimiento vegetal. La eficiencia observada en nuevos brotes fue de 6.75 por explante, no hubo diferencias significativas en número de hojas y raíces, la longitud máxima de hoja fue de 20.6 mm y la de raíces fue de 38.27 mm. En aclimatación se observó una supervivencia de 85%.

Palabras clave: organogénesis, propagación, orquídeas, enraizamiento y elongación.

Keywords: organogenesis, micropropagation, orchid, rooting elongation.

Recibido: 9 de septiembre de 2014, aceptado: 4 de septiembre de 2015

¹ Programa de Maestría en Ciencias en Desarrollo Forestal Sustentable, Instituto Tecnológico de El Salto.

² División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de El Salto.

³ Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana.

* Autor para correspondencia: tanielcf@hotmail.com

ABSTRACT

Prosthechea citrina is an orchid which is in special protection due to different problems in its natural habitat that negatively affect its biological viability, like deterioration and modification of its environment and the removal of trees for timber. Thus, the application of techniques or methodologies that allows mass propagation in a fast and efficient way, provides a tool to increase its productivity without affecting the natural environment and its conservation. In the present study it is reported that mass propagation *in vitro* of *P. citrina*, through *in vitro* protocorms cultured in Murashige and Skoog (1962) MS medium with plant growth regulators. The new sprout efficiency observed was 6.75 per explant. There was no significant difference in the number of leaves and roots. The maximum leaf length was 20.6 mm and in roots it was 38.27 mm. Finally, an 85% survival was observed in acclimatization.

INTRODUCCIÓN

Los bosques de neblina y las selvas tropicales húmedas del sur de México son los ecosistemas más favorables para la existencia de orquídeas, ya que estas se distribuyen en gran parte del territorio nacional con excepción de zonas de aridez extrema (Hágsater et al., 2005). Las áreas compuestas de complejos montañosos caracterizadas por una evidente sequía estacional albergan una diversidad moderada de especies donde predominan las terrestres, a diferencia de zonas más cálidas y húmedas donde son más comunes las especies epífitas (Salazar Chávez, 2009); dentro de estas se encuen-

tra *Prosthechea citrina*, una de las orquídeas más admiradas en México por su aroma, belleza y valor comercial.

Estas cualidades han favorecido la extracción masiva de individuos de las poblaciones silvestres que presentan bajas tasas de crecimiento, ciclos de vida relativamente largos, lo que aunado a la modificación y deterioro de su hábitat natural ha contribuido a que esta especie se encuentre bajo la categoría de Protección especial (Pr) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). La condición de sus hábitats es muy variable a lo largo de su distribución, ya que hay zonas frecuentemente muy degradadas, con árboles forófitos aislados rodeados de bosquetes secundarios, zonas agrícolas, represas y asentamientos humanos; mientras que en otras regiones en general sus hábitats parecen estar bien conservados, aunque muchos sitios muestran signos de extracción importante de madera, que podría modificar las condiciones microclimáticas necesarias para el establecimiento de esta epífita (Soto Arenas y Solano Gómez, 2007).

La importancia del estudio de las orquídeas en su hábitat natural radica en el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que exige la aplicación de técnicas o metodologías que permitan aumentar la productividad sin afectar el entorno natural (Salazar Chávez, 1996). Sin embargo, en el estado de Durango aún hace falta la realización de estudios orquídeológicos que indiquen la situación actual de la distribución ecológica, así como de las condiciones de las zonas donde habitan estas plantas.

Dada la importancia ornamental y comercial de las orquídeas se han desarrollado diversos métodos de propagación, tanto sexual (a través de semillas) como asexual con el cultivo de segmentos vegetativos (explantes) (Ávila Díaz y Salgado Garciglia, 2006). Una técnica eficaz es el cultivo de tejidos vegetales, considerada una herramienta biotecnológica para la propagación de especies amenazadas, debido a que permite obtener altas tasas de multiplicación a partir de un explante inicial, ya que por semillas o por métodos asexuales, es poco eficiente su reproducción (Pence, 2011).

Desde el punto de vista de la propagación, la embriogénesis somática es el sistema más eficiente, si se considera la eficiencia como el

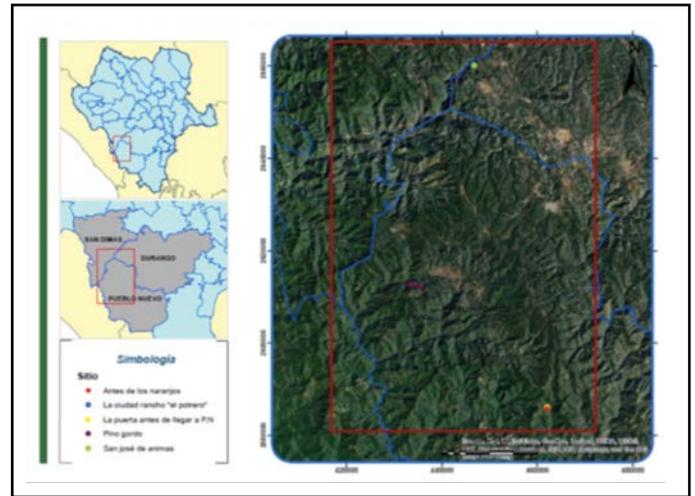


Figura 1. Localización del área de estudio de *P. citrina*.

número de plantas regeneradas por unidad de tiempo. Mediante este sistema se pueden obtener cantidades virtualmente ilimitadas de plantas, ya que todo supone que por cada célula suspendida en el medio de cultivo se está diferenciando una planta (Roca y Mroginski, 1991). Por tanto, el objetivo del presente estudio fue la propagación masiva *in vitro* de la orquídea *Prosthechea citrina* como alternativa para la conservación biológica de esta especie, para contribuir al manejo sustentable de recursos naturales forestales no maderables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona en donde se realizó la colecta del presente estudio se denomina "La puerta", ubicada en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango; el cual presenta un clima templado subhúmedo, con un tipo de suelo litosol de tipo calcáreo con textura media, la fisiografía se da en la sierra alta con cañadas. El tipo de geología de esta zona es un área que presenta afloramientos de rocas ígneas, extrusivas, predominando las ácidas del tipo asociación riolita-toba ácida del terciario superior y su vegetación es bosque de pino-encino con una pendiente de 9% (Figura 1) (González et al., 2005).

Material biológico

El estudio se realizó durante dos años consecutivos con la orquídea *P. citrina*, el material biológico original fueron semillas maduras de flores fecundadas (Figura 2 a y b) establecidas *in vitro* (material vegetal aséptico). Inició con protocormos *in vitro* (Figura



Figura 2. Orquídea nativa de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. a) Planta completa de *P. citrina*; b) Flor fecundada de *P. citrina*; c) Protocormos *in vitro* en medio MS al 30%. Imagen de José Bernardo Montoya Ayón.

2c) en el laboratorio de biotecnología vegetal del Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana (ITVG), ubicado en el Ejido Villa Montemorelos del municipio de Victoria de Durango, con domicilio en carretera Durango-México km 22.5.

Medio de cultivo y reguladores de crecimiento

Se empleó el medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con 30 g l⁻¹ de sacarosa, 2 g l⁻¹ de Phytigel, el pH se ajustó a 5.70 ± 0.01. Se utilizaron los reguladores de crecimiento vegetal 6-bencil-aminopurina (BAP) y ácido naftalenacético (ANA), resultando la combinación BAP/ANA en concentraciones de 1.0–0.1 a 3.0–0.3 mg l⁻¹ para organogénesis y para enraizamiento la combinación ANA/BAP, en concentraciones de 1.0–0.1 a 3.0–0.3 mg l⁻¹. Se utilizaron frascos tipo Gerber® de 100 (ml) a los cuales se agregaron 20 ml del medio de cultivo. Estos se esterilizaron a 120 °C, 15 psi por 20 min.

Siembra del material vegetal en el medio de cultivo

Los protocormos completos fueron establecidos en el medio para organogénesis en diferentes concentraciones de BAP/ANA (1.0–0.1 a 3.0–0.3 mg l⁻¹) colocando cuatro explantes por frasco, se sellaron con Parafilm™ y se etiquetaron con fecha de siembra y nombre de la especie de orquídea.

Después de cuatro meses, estos fueron subcultivados al medio para enraizamiento siguiendo el mismo proceso para organogénesis.

Condiciones del cultivo

El cultivo se llevó al área de crecimiento, se ordenó linealmente por tratamiento. Se mantuvieron en condiciones controladas durante un fotoperiodo de 16/8 horas (luz/obscuridad) con luz fluorescente a una irradiancia de 54 μmol m⁻² s⁻¹ con humedad relativa de 80% y una temperatura de 27 ± 2 °C, durante un periodo de cuatro meses en cada una de las etapas.

Aclimatación

Se realizó a través de una selección de plantas con una altura entre 35 y 80 mm, estas fueron retiradas del frasco y sus raíces se enjuagaron con agua de la llave para eliminar los restos del medio de cultivo. Cada plántula se trasplantó a vasos de plástico transparentes perforados con tapa con una capacidad de 349 ml que contenían mezclas de tres diferentes sustratos constituidos por: corteza de pino, perlita, tezontle, estípite de palma, zeolita, corteza de encino y carbón (1:1:1) (Tabla 1), con 70% de humedad relativa. Se siguió el proceso de aclimatación con disminución paulatina de la humedad

Tabla 1. Sustratos para aclimatación de *Prosthechea citrina*

Mezclas de sustratos	Relación	Repeticiones
S ₁ = corteza de pino + perlita + tezontle + carbón	1:1:1:1	20
S ₂ = Estípite de palma + zeolita + carbón	1:1:1	20
S ₃ = Corteza de encino + tezontle + carbón	1:1:1	20

Tabla 2. Combinaciones de reguladores de crecimiento en medio MS (1962) para inducir brotación y enraizamiento

Brotación			Repeticiones	Enraizamiento			Repeticiones
Tratamientos	BAP mg L ⁻¹	ANA mg L ⁻¹		Tratamiento	ANA mg L ⁻¹	BAP mg L ⁻¹	
B ₁	1.0	0.1	5	E ₁	1.0	0.1	6
B ₂	1.5	0.15	5	E ₂	1.5	0.15	6
B ₃	2.0	0.2	5	E ₃	2.0	0.2	6
B ₄	2.5	0.25	5	E ₄	2.5	0.25	6
B ₅	3.0	0.3	5	E ₅	3.0	0.3	6

relativa, que consiste en abrir la tapa poco a poco (una hora diaria) por espacio de 15 días posteriores al trasplante. Durante este periodo se realizaron riegos con pulverizaciones de agua cada tercer día.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos (medio de cultivo MS con reguladores de crecimiento vegetal BAP/ANA en concentraciones de 1.0 a 3.0 y 0.1 a 0.3 mg L⁻¹) con cinco repeticiones para brotación, se utilizaron las mismas concentraciones de ANA/BAP 1.0 a 3.0 y 0.1 a 0.3 mg L⁻¹) con seis repeticiones (frascos) por cada tratamiento para enraizamiento. Esto hizo un total de 25 y 30 frascos o unidades experimentales (Tabla 2). Las variables a evaluar en la respuesta de organogénesis, enraizamiento y elongación fueron el número de brotes, hojas y raíces, tamaño de hojas y raíces; estas fueron analizadas en el programa estadístico InfoStat versión 2008 en el paquete de diseños experimentales. La comparación de medias se realizó con la prueba de Duncan con una $P > 0.05$.

RESULTADOS

Iniciación y multiplicación de brotes

En la fase de organogénesis se observó que al agregar BAP al medio de cultivo en concentraciones de 1.0 a 3.0 mg L⁻¹ se logra el proceso de brotación. Se obtuvo un promedio de 6.75 brotes por explante en la concentración BAP 1.5/ ANA 0.15 mg L⁻¹, la que resultó ser estadísticamente diferente a los demás tratamientos. En lo que respecta a las variables número de hojas y raíces no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, se evaluaron las variables de forma individual en la combinación BAP/ANA (Tabla 3).

Tabla 3. Numero de brotes (organogénesis) de protocormos en *P. citrina*

Tratamiento mg L ⁻¹	Organogénesis	Desviación Estándar
Número de brotes (n)		
BAP 1.5 ANA 0.15	6.75 a	2.66
BAP 3.0 ANA 0.3	5.8 a b	2.26
BAP 2.0 ANA 0.2	5.7 a b	1.97
BAP 1.0 ANA 0.1	3.9 a b	1.67
BAP 2.5 ANA 0.25	3.65 b	1.93
Número de hojas (n)		
BAP 1.5 ANA 0.15	4.38 a	0.68
BAP 3.0 ANA 0.3	4.16 a	0.61
BAP 2.5 ANA 0.25	4.0 a	0.4
BAP 2.0 ANA 0.2	3.84 a	0.53
BAP 1.0 ANA 0.1	3.78 a	0.15
Número de raíces (n)		
BAP 1.0 ANA 0.1	1.76 a	0.33
BAP 1.5 ANA 0.15	1.5 a	0.5
BAP 3.0 ANA 0.3	1.22 a	0.9
BAP 2.0 ANA 0.2	1.22 a	0.7
BAP 2.5 ANA 0.25	0.88 a	1.22

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, Duncan $\alpha = 0.05$.

Elongación y enraizamiento

En la Tabla 4 se muestran los resultados de elongación y enraizamiento, muestran mayor longitud hojas y raíces en la concentración ANA 3.0 /BAP 0.3 mg L⁻¹, se obtuvieron plántulas con un promedio de longitud máxima en hojas de 20.6 mm y en raíces de 38.27 mm. La adición de BAP en bajas concentraciones

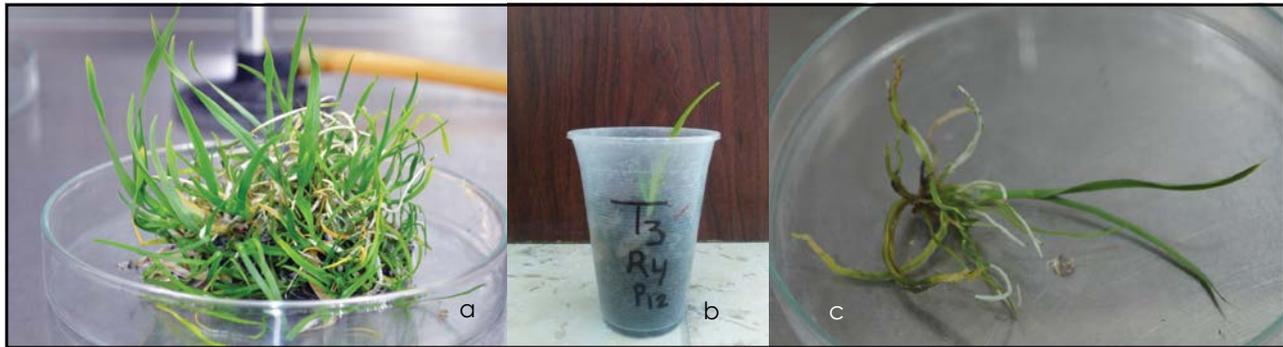


Figura 3. Aclimatación de *P. citrina* en invernadero. a) Brotes generados *in vitro* en MS; b) Aclimatación en sustrato; c) Planta aclimatada. Imagen de José Bernardo Montoya Ayón.

0.1 a 0.3 mg l⁻¹ promovió el desarrollo en esta planta y permitió que los brotes experimentaran incrementos en las variables, tamaño de hojas y raíces.

Tabla 4. Elongación y enraizamiento en brotes de *P. citrina*

Tratamiento mg L ⁻¹	Enraizamiento	Desviación Estándar
Longitud de hojas (mm)		
ANA 3.0 BAP 0.3	20.6 a	3.94
ANA 1.0 BAP 0.1	15.44 a b	2.65
ANA 2.0 BAP 0.2	12.95 b	5.72
ANA 1.5 BAP 0.15	10.81 b	5.5
ANA 2.5 BAP 0.25	10.67 b	2.96
Longitud de raíces (mm)		
ANA 3.0 BAP 0.3	38.27 a	1.48
ANA 2.5 BAP 0.25	33.03 ab	8.69
ANA 1.5 BAP 0.15	24.58 b c	7.26
ANA 2.0 BAP 0.2	22.83 b c	8.31
ANA 1.0 BAP 0.1	21.99 c	4.28

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, Duncan $\alpha=0.05$.

Aclimatación de plantas

A los 30 días se obtuvo la aclimatación de las plántulas y se encontró que el mejor sustrato fue el S3 (1:1:1 corteza de encino, tezontle y carbón) con 85% de plántulas, las cuales mostraron nuevos brotes y raíces, en el caso del S₁ y del S₂ se observó que a los pocos días de su aclimatación las plantas empezaron a morir, ya que el S₁ fue el menos apto para la especie y el S₂ no tenía muy buen drenado (Figura 3).

DISCUSIÓN

El medio MS es ampliamente utilizado para diversas especies de orquídeas en diferentes proporciones y suplementado con reguladores de crecimiento vegetal y otras sustancias como el agua de coco, ácido giberélico (GA₃), tidiazuron (TDZ), etcétera, con lo que se han obtenido resultados favorables. Así sucedió en el presente estudio con *P. citrina*, en el cual se obtuvo un promedio de 6.75 brotes por explante a partir de protocormos *in vitro*. En el caso del estudio de Suárez Quijada et al. (2007), en el que se propagaron plantas *in vitro* de *Euchile mariae*, con medio de cultivo MS y BAP/ANA adicionado para obtener brotes o *protocorm-like body* (PLB) con un promedio de 11.00 ± 9.55 PLB por explante, se observó que la adición de BAP tiene una mayor influencia que ANA.

Coello et al. (2010) reportaron un promedio de 10.6 brotes por explante en el medio de cultivo MS con la orquídea *Guarianthe skinneri*. Pérez Molphe Balch et al. (1999) mencionan que la organogénesis indirecta es cuando primero se forma un tejido calloso y partir de este se forman los órganos (hojas, raíz y cormos). En el estudio de Sarabia Ochoa et al. (2010) reportan que la adición de ANA/BAP para producir brotes en el medio MS y concentraciones de 2.5 para ANA y 1.0 en BAP proporcionó una medida de 0.7 mm en PLB para *Laelia speciosa*.

Se observó que en los tres estudios antes mencionados se obtuvieron resultados mayores al presente trabajo al agregar compuestos orgánicos al medio, ya que estos proporcionan respuestas favorables; mientras que con la adición de reguladores de crecimiento vegetal como las auxinas y citoquininas la respuesta depende de la concentración añadida

al medio. En el caso del número de hojas y raíces no se observaron diferencias entre las concentraciones de los reguladores vegetales.

Pierik (1990) menciona que la rizogénesis es la inducción de raíz y a la vez se presenta el crecimiento de la planta conocida también por elongación. Se observó un efecto positivo en el tamaño de las hojas y raíces de acuerdo a la concentración de reguladores de crecimiento vegetal en el medio MS con respecto a este trabajo, se tuvo un promedio de longitud de hojas de 2.06 cm; en la investigación de Cadavid Correa y Salazar Andrade (2008) se reporta un promedio de 2.26 cm de longitud de hojas en el medio MS en la orquídea *Cattleya quadricolor*. Raya Montaña et al. (2011) reportan un promedio de 1.45 cm en la longitud de hojas con la adición de ANA en el medio de cultivo para la especie *Laelia halbingerina*.

En la elongación de raíces se obtuvo un promedio de 3.83 cm en *P. citrina*, en la investigación de Raya Montaña et al. (2011) se reportó un promedio de 1.12 cm de longitud en raíces sin la adición de ANA en *Laelia halbingerina*. Lallana et al. (2010) reportan la propagación de la orquídea *Oncidium bifolium* Sims var. *bifolium* en el medio MS con un promedio de 1.50 cm para la elongación de la raíz, por lo que se observan resultados más favorables en la presente investigación. Pierik (1990) menciona que las citoquininas son utilizadas frecuentemente para estimular el crecimiento y el desarrollo; generalmente estimulan la división celular, sobre todo si van en compañía de una auxina.

La supervivencia de las plantas aclimatadas depende mucho de los componentes de los sus-

tratos, ya que de estos depende su aclimatación. Domínguez Rodríguez y Hernández Del Valle (2006) reportan 100% de sobrevivencia de plántulas de la orquídea *Encyclia phoenicia* (Ldl.) Neum. en el tratamiento con turba, carbón vegetal y grava (1:1:1) y el de menor respuesta fue el que contenía corteza de pino y turba (6:3), en donde se encontró que para *P. citrina* y *E. phoenicia* la corteza de pino no es muy favorable para la aclimatación de estas plantas. En el presente estudio se obtuvo 85% de sobrevivencia, al igual que en el trabajo de Moreno Martínez y Menchaca García (2007), que propagaron la orquídea *Stanhopea tigrina* Bateman y las colocaron en un sustrato compuesto por tepezil y carbón triturados (en una proporción de (2:1).

CONCLUSIONES

Se estableció un protocolo de propagación *in vitro* que puede contribuir a disminuir la sobreexplotación de *P. citrina* en sus poblaciones naturales, además puede garantizar su disponibilidad para repoblación y potencial explotación comercial.

Para la formación de brotes la combinación BAP 1.5/ANA 0.15 mg l⁻¹ fue la que mostró el mayor promedio de plántulas por explante (6.75), ya que favoreció el desarrollo de hojas y raíces nuevas. En las fases de crecimiento de hojas y de enraizamiento la combinación ANA3.0/BAP 0.3 mg l⁻¹ fue la que mostró el mayor desarrollo de hojas y raíces nuevas, ya que hubo incrementos en los parámetros de evaluación en el tamaño de hojas con una longitud máxima de 20.6 mm y raíces de 38.37 mm. Las plantas aclimatadas con el sustrato S₃ (corteza de encino + tezontle + carbón en relación 1:1:1) fueron las que mostraron mayor supervivencia con 85% durante 30 días.

LITERATURA CITADA

- ÁVILA DÍAZ, I. y SALGADO GARCIGLIA, R. Propagación y mantenimiento *in vitro* de orquídeas mexicanas, para colaborar en su conservación. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología. *Biológicas*, 8, 138-149, 2006.
- CADAVID CORREA, I. C. y SALAZAR ANDRADE, S. *Micropropagación de Cattleya quadricolor*. Universidad EAFIT. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de procesos. Medellín, Colombia, 28-43, 2008.
- COELLO, C. Y. et al. Plant growth regulators optimization for *in vitro* cultivation of the orchid *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E. Higgins. *Gayana Botánica*, 67(1): 19-26, 2010.
- DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ, Y. y HERNÁNDEZ DEL VALLE, G. Aclimatación de plantas *in vitro* de *Encyclia phoenicia* (Ldl.) Neum. (Orchidaceae) en diferentes sustratos. *Biotecnología Vegetal*, 6(4): 225-240, 2006.
- GONZÁLEZ, E. M. et al. Diversidad, endemismo y estado de conservación de la flora de Durango. Memorias. *Simposio Internacional El conocimiento botánico en la gestión ambiental y el manejo de ecosistemas y 2º Simposio botánico del norte de México*. Durango, Dgo., pp. 13-15, septiembre de 2005.
- HÁGSATER, E. M. et al. *Las orquídeas de México*. D. F., México: Instituto Chinoín, A.C. 304 pp., 2005.
- LALLANA, V. H. et al. Germinación y desarrollo de plántulas *in vitro* de *Oncidium bifolium* Sims var. *bifolium* (Orchidaceae). En C. Gallardo y E. Gagliano (Comps.), *Libro de resúmenes del V Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales* (272-274). Paraná, Universidad Nacional de Entre Ríos, 2010.
- MORENO MARTÍNEZ, D. y MENCHACA GARCÍA, R. A. Efecto de los compuestos orgánicos en la propagación *in vitro* de *Stanhopea tigrina* Bateman (Orchidaceae). *Foresta Veracruzana*, 9(2): 27-32, 2007.
- MURASHIGE, T. y SKOOG, F. A revised médium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3): 473-497, 1962.
- PENCE, V. C. Evaluating costs for the *in vitro* propagation and preservation of endangered plants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 47(1): 176-187, 2011.
- PÉREZ MOLPHE BALCH, E. M. et al. *Introducción al Cultivo de Tejidos Vegetales*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 180 pp., 1999.
- PIERIK, R. L. M. *Cultivo in vitro de las plantas superiores*. Madrid, España: Ed. Mundi- Prensa. 326 pp., 1990.
- RAYA MONTAÑO, Y. A. et al. Propagación *in vitro* de *Laelia halbingeriana*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3, 539-553, 2011.
- ROCA, W. M. y MROGINSKI, L. A. (Eds.), *Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones*. Cali, Colombia: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), 969, 1991.
- SALAZAR CHÁVEZ, G. A. Conservation. En E. Hágsater y V. Dumont (Eds.), *Orchids: Status Surrey and Conservation Action Plan* (6-10). Cambridge, UK: Inter Natural Union for the Conservation of Nature/ Species Survival Commission, 1996.
- SALAZAR CHÁVEZ, G. A. Orquídeas. En A. Lot y Z. Cano Santana (Eds.), *Biodiversidad del Ecosistema de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel* (153-169). Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.
- SARABIA OCHOA, M. E. et al. Callus Growth and Plant Regeneration in *Laelia speciosa* (Orchidaceae). *Lankesteriana*, 10(1): 13-18, 2010.
- SEMARNAT (SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, jueves 30 de diciembre de 2010.
- SOTO ARENAS, M. A. y SOLANO GÓMEZ, A. R. Ficha técnica de *Euchile citrina*. En M. A. Soto-Arenas (Comp.). *Información actualizada sobre las especies de orquídeas del PROY-NOM-059-ECOL2000*. D.F., México: Instituto Chinoín A.C., Herbario De la Asociación Mexicana de Orquideología A.C. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W029, 2007.
- SUÁREZ QUIJADA, I. et al. Propagación *in vitro* y aclimatización de *Euchile mariae* (Ames) Withner (Orchidaceae). *Lankesteriana*, 7(1-2): 388-393, 2007.

Uso de biofertilizantes en la producción de sábila *Aloe vera* (L.) L. N. Burm y calidad de gel

Use of biofertilizers in the production of aloe *Aloe vera* (L.) L. N. Burm and gel quality

Cinthia G. Aba Guevara¹, Aurelio Pedroza Sandoval^{2*}, Ricardo Trejo Calzada², Ignacio Sánchez Cohen³, José A. Samaniego Gaxiola⁴, José A. Chávez Rivero²

Aba Guevara, C. G., Pedroza Sandoval, A., Trejo Calzada, R., Sánchez Cohen, I., Samaniego Gaxiola, J. A., Chávez Rivero, J. A. Uso de biofertilizantes en la producción de sábila *Aloe vera* (L.) L. N. Burm y calidad de gel. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 26-32, enero-abril 2016.

RESUMEN

La demanda de productos orgánicos derivados de la hoja de sábila es cada vez mayor. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de distintas fuentes y dosis de biofertilizantes en el crecimiento de la hoja y calidad del gel de sábila. Se usó un diseño de bloques al azar, con ácidos húmicos: 0, 54 y 108 l ha⁻¹, y 0, 5 y 10 t ha⁻¹ de lombricomposta. El grosor de hoja fue mayor cuando se aplicó 10 t ha⁻¹ de lombricomposta; la concentración de sólidos totales, sólidos precipitables en metanol y carbohidratos se incrementaron significativamente en diciembre de 2011, lo cual eleva la calidad del gel. El fósforo (P) mostró una mayor concentración cuando se aplicaron 108 l ha⁻¹ de ácidos húmicos. El uso de biofertilizantes como la lombricomposta y los ácidos húmicos son una opción para mejorar la producción de sábila, si se toma en cuenta la fecha de siega.

Palabras clave: *Aloe vera*, agricultura orgánica, fertilizantes orgánicos, lombricomposta, ácidos húmicos, nutrición vegetal.

Keywords: *Aloe vera*, organic agriculture, organic fertilizers, vermicompost, humic acids, plant nutrition.

Recibido: 4 de septiembre de 2014, aceptado: 9 de septiembre de 2015

¹ Maestría de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.

² Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.

³ Centro Nacional de Investigación y Desarrollo en Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera-Gómez Palacio, Durango.

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Matamoros, Coahuila.

* Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uauz.edu.mx

ABSTRACT

The demand of organic products derived of aloe leaf is increasing. The objective of this study was to evaluate different sources and dosages of biofertilizers on growing of aloe leaf and gel quality. Random block design was used, using humic acids: (0, 54 and 108 L ha⁻¹), and (0, 5 and 10 t ha⁻¹) of vermicompost. The aloe leaf thickness was higher ($P \leq 0.05$) when it was applied 10 t ha⁻¹ of compost. Percentage of total solids, solids precipitated in methanol, and carbohydrates content were higher in December of 2011, which increase the gel quality. Phosphorus (P) was the only nutrient with a higher concentration of humic acids corresponding to 108 L ha⁻¹. Use of bio-fertilizers like vermicompost and humic acids are an option for improving the production of leaf and aloe gel quality, if considering the date of aloe leaf harvest.

INTRODUCCIÓN

La sábila (*Aloe spp.*) es una planta milenaria con propiedades reconocidas desde la antigüedad. En 1930 recibió la atención de la industria médica y cosmetológica de EE.UU. y Europa, lo cual estimuló el establecimiento de plantaciones en México, Texas, República Dominicana, Haití y Namibia (Añez y Vásquez, 2005).

La sábila es de gran valor actual y potencial como cultivo alternativo por su alta capacidad de adaptación a diferentes ambientes, así como la importancia social y económica que repre-

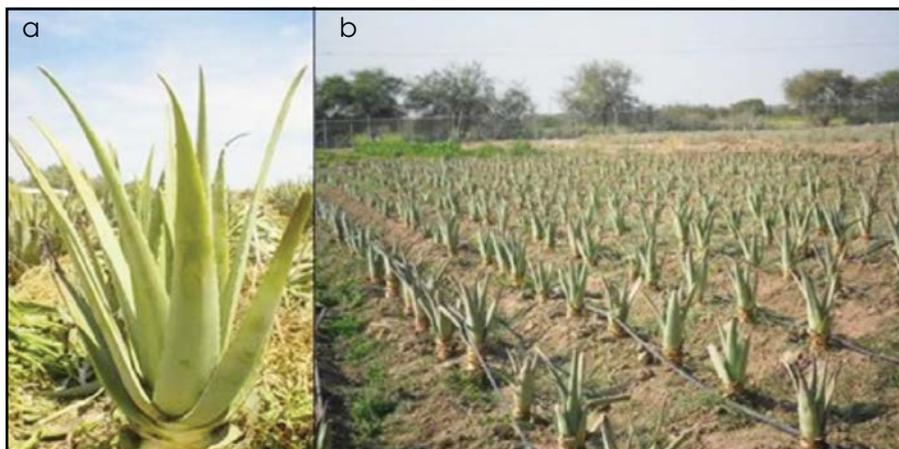


Figura 1. a) Planta de sábila *Aloe vera* (L.) L. N. Burm en fase de cosecha; b) área experimental de sábila de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango, México.

senta (Pedroza Sandoval y Gómez Lorence, 2006; SAGARPA, 2012).

Existen 400 especies de *Aloe* (IASC, 2008), de las cuales *A. vera* (L.) L. N. Burm (= *A. barbadensis* Mill.) y *A. arborescens* var. *natalensis* Berger son las únicas especies cultivadas comercialmente. La importancia de la sábila radica en que se están redescubriendo sus beneficios. Se ha identificado que la planta presenta propiedades alimenticias y medicinales en los primeros tres años de desarrollo; dichas propiedades se concentran en el gel, el cual se obtiene de la parte interna de la hoja (SAGARPA, 2009).

El gel tiene aplicaciones en las industrias cosmética, médica, farmacéutica y agroalimentaria (Piña Zambrano y Chirino, 2008) y la demanda es alta, pero es mayor cuando su producción se lleva a cabo en condiciones orgánicas, sobre todo en países consumidores de estos productos, como los europeos y asiáticos (Pedroza Sandoval y Gómez Lorence, 2006). Lo anterior se concatena con las tendencias ambientalistas que promueven la producción orgánica de cultivos (SAGARPA-SENASICA, 2015). Con base en lo anterior es común identificar técnicas de producción orgánica en la agricultura basadas en estiércoles, uso de residuos vegetales, guanos y otros productos que actúan como biofertilizantes; tal es el caso de la composta producida a base de residuos orgánicos bioprocesados por la acción de lombriz de california (*Eisenia foetida*) (Ruiz Morales, 2011).

La lombricomposta es un importante biofertilizante que no solo aporta nutrientes a la planta, además mejora la estructura y textura del suelo, con lo cual se

favorece el crecimiento y desarrollo de las raíces, lo que repercute en un mejor desarrollo y crecimiento de la planta (García Hernández et al., 2010). En tanto, los residuos líquidos denominados ácidos húmicos y fúlvicos, producto de la desintegración de los residuos orgánicos en las biocomposteras, son portadores de macro y microelementos útiles en la nutrición vegetal (Pedroza Sandoval et al., 2010). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de fuentes y dosis de ácidos húmicos y lombricomposta en la producción de hoja de sábila y la calidad del gel, este último como el producto de mayor demanda en el mercado internacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

El trabajo se llevó a cabo en el campo experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA-UACH), en Bermejillo, Durango, México (Figura 1). Sus coordenadas geográficas son 23° 54' N y 103° 37' O con una altitud de 1,130 m.s.n.m. Esta región tiene clima muy seco con lluvias en verano, una precipitación media anual de 239 mm y un porcentaje de lluvias invernales menor a 5%, con un promedio de temperatura de 21.5 °C de acuerdo a la modificación climática de García De Miranda (1973).

Diseño experimental y de tratamientos

El experimento se realizó en 2011 en una parcela de sábila que fue establecida cuatro años antes, se considera que la planta es de ciclo semiperenne y dura en producción hasta seis o siete años (Pedroza

Sandoval y Gómez Lorence, 2006). Se usó un diseño experimental de bloques al azar en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas grandes (60 m²) fueron las dosis de ácidos húmicos y fúlvicos (54 y 108 l ha⁻¹) más el testigo y las parcelas chicas (30 m²), las dosis de lombricomposta (5 y 10 t ha⁻¹) más el testigo. Ambos biofertilizantes, obtenidos a partir de biolodos, residuos vegetales y estiércol bovino, mediante proceso de degradación biológica a base de lombriz roja (*Eisenia foetida*).

Los ácidos húmicos y fúlvicos fueron aplicados cuatro veces durante un año (marzo, junio, septiembre y diciembre), lo que significó aplicar 1/4 de las cantidades antes indicadas por fecha de aplicación. Se estableció en todo el lote experimental un sistema de riego presurizado con tubería principal de PVC de 2" en una de las partes laterales del lote experimental, así como derivaciones individuales por tratamiento, de manera que pudieran cerrarse o abrirse según el tipo de fertirriego que se deseara aplicar. La lombricomposta se aplicó una sola vez al inicio del experimento (en la misma fecha de la primera aplicación de los ácidos húmicos y fúlvicos) y se hizo manualmente en cada unidad experimental.

Se establecieron los tiempos, tanto de riego inicial (bulbo de humedad), como de recuperación, de acuerdo a la tasa de evapotranspiración identificada. Puesto que corresponde a una plantación ya establecida con anterioridad solo se estuvieron dando riegos de recuperación, según la época del año; el promedio de lámina de riego proporcionada fue de 5 cm cada ocho días. Otras labores culturales como el deshierbe fueron realizadas manualmente con auxilio de aperos de labranza. La unidad experimental fue de tres surcos de 10 m de longitud y 1 m de ancho entre surcos.

La parcela útil fue el surco medio de cada tratamiento, del cual se seleccionaron al azar tres

plantas y de cada una de ellas se seleccionaron las tres hojas superiores correspondientes a las de mayor edad, a partir de las cuales se midieron las variables. El crecimiento y desarrollo de la hoja se midieron transcurridos 91, 173 y 230 días después de la primera aplicación de los biofertilizantes (DDPAB) y fueron: longitud (cm), ancho (cm), grosor (cm) de hoja y altura de planta (cm); en tanto que las variables fisicoquímicas del gel fueron medidas 152, 273 y 393 DDPAB y fueron: contenido de gel por hoja (g); potencial de hidrógeno (pH); contenido de azúcares (°Brix) mediante uso de refractómetro; contenido de sólidos totales (%); contenido de sólidos precipitables en metanol (%); y contenido de nutrientes: fósforo (P), sodio (Na), potasio (K) y calcio (Ca).

Las últimas tres determinaciones fueron realizadas por espectrofotometría de absorción atómica por método de flama, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA1-1994 (SSA, 1995). Adicionalmente se determinó el contenido de carbohidratos (%) por el método de Antrona (Dimler et al., 1952) y el de proteínas (%) usando la técnica indicada por Thermo Fisher Scientific (2015). Para el procesamiento estadístico de los datos se usó el paquete SAS Versión 9.0

RESULTADOS

Crecimiento y desarrollo de la hoja

De las tres fechas evaluadas, solo en la segunda evaluación realizada en agosto de 2011 (173 DDPAB) se observó un mayor grosor de hoja cuando se aplicó lombricomposta a una dosis de 10 t ha⁻¹ ($P > 0.05$), cuyo efecto se muestra a los cinco meses de haberse iniciado la aplicación de los biofertilizantes, después de lo cual se diluye dicho efecto. No hubo diferencia estadística en las demás variables morfométricas (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de la lombricomposta en diferentes variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo de la hoja de sábila (*A. barbadensis* M.) en la segunda fecha de muestreo (173 DDPAB). Bermejillo, Dgo. 2012

Dosis de lombricomposta (t ha ⁻¹)	Altura de planta (cm)	Largo de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)	Grosor de hoja (cm)
0	53.25 a	49.91 a	8.82 a	1.25 b
5	49.14 a	42.31 a	8.29 a	1.26 b
10	54.26 a	43.66 a	8.80 a	1.38 a

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), cifras con las mismas letras dentro de cada columna son estadísticamente iguales. (DDPAB= días después de la primera aplicación de los biofertilizantes).

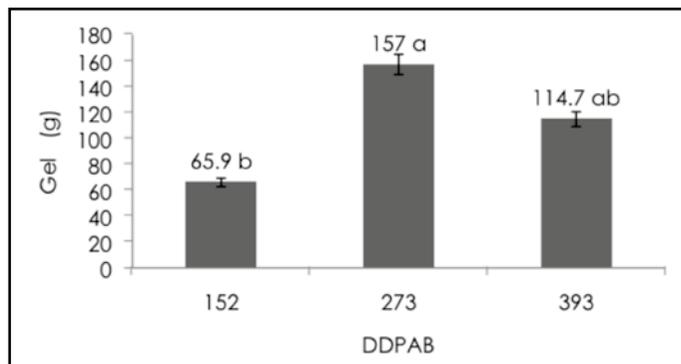


Figura 2. Promedio del contenido de gel por hoja de sábila (*A. barbadensis* M.) en diferentes fechas de muestreo. Bermejillo, Dgo. 2012. DDPAB= Días después de la primera aplicación de los biofertilizantes. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), cifras con las mismas letras sobre las barras son estadísticamente iguales.

Contenido y calidad de gel

No hubo diferencia estadística en el contenido de gel ni por factores separados ni en interacción. Sin embargo, en términos de promedio general sin importar el tipo de tratamiento, en la segunda fecha de muestreo (diciembre de 2011: 273 DDPAB) se registró un mayor contenido de gel, con un valor de 157 g hoja⁻¹, en relación con los 65.9 y 114.7 g registrados en la primera y tercera fecha de muestreo, respectivamente (Figura 2). Lo anterior podría considerarse contradictorio para la tercera fecha por el hecho de que disminuyó el contenido de gel, respecto de la segunda fecha de muestreo, pero ello puede ser posible ya que el contenido de gel depende del estado hídrico de la planta, las condiciones ambientales y la etapa fenológica del cultivo (Pedroza Sandoval y Gómez Lorence, 2006).

El pH no fue estadísticamente diferente ni entre tratamientos ni entre fechas de muestreo.

Independientemente de lo anterior, en la primera fecha de muestreo el pH fue de 4.8 y en los muestreos posteriores todos los valores de los diferentes tratamientos fueron < 4.6 . Dichos valores se encuentran dentro de los estándares permitidos por el *International Aloe Science Council* (IASC), los cuales varían en un rango de 3.5 – 4.7.

La concentración de azúcares en el gel de la sábila, el cual fue en promedio de 1 °Brix, no fue afectada por los diferentes tratamientos probados en este estudio, ni tampoco varió su contenido a través del tiempo. De acuerdo al IASC, el contenido de azúcares es muy bajo en la sábila, aunque no se establece un valor estándar. Por otra parte, la concentración de sólidos totales y sólidos precipitables en metanol, aunque no varió por efecto de tratamiento, sí lo hizo a través del tiempo, siendo significativamente mayor en ambas durante la segunda fecha de muestreo (diciembre de 2011), con valores de 2.15% y 0.01%, respectivamente ($P \leq 0.05$).

Al final todos los valores de sólidos totales fueron superiores a 1.47%, lo cual está dentro de los parámetros que marca el IASC para el contenido de los mismos, determinado en un estándar de $> 0.46\%$. Con respecto al contenido de sólidos precipitables en metanol, estos fueron 68.6% superiores en el segundo muestreo en comparación con el primer muestreo y para el tercer muestreo disminuyó en un 69.8%; se encontraron valores aproximados a los iniciales (Figura 3). La IASC no marca un límite estándar específico para esta variable.

En general, el contenido de macro y micro-nutrientes (Na, K, Ca, magnesio (Mg) y P) no varió significativamente, ni por fecha, ni por tratamiento,

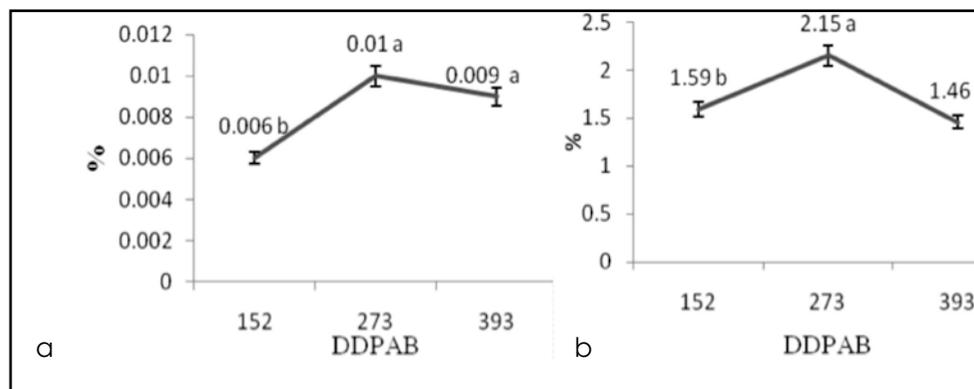


Figura 3. Variación temporal promedio de la concentración de sólidos totales a) y sólidos precipitables en metanol b) de diferentes fechas de muestreos en días después de la primera aplicación de los biofertilizantes (DDPAB). Bermejillo, Dgo. 2012. Tukey ($P \leq 0.05$), cifras con las mismas letras sobre las líneas son estadísticamente iguales.

a excepción del fósforo en el segundo muestreo (273 DDPAB: diciembre de 2011), el cual presentó mayor concentración cuando se aplicó 108 l ha⁻¹ de ácidos húmicos, independientemente de la dosis de lombricomposta utilizada. En el tercer muestreo (393 DDPAB: abril de 2012) ya no hubo diferencia significativa de este macroelemento entre tratamientos (Tabla 2). El IASC no establece ningún parámetro estándar para esta variable. Lo anterior, puede estar relacionado con la similitud de contenido de nutrientes que en ambas fuentes de biofertilizantes contienen, el cual es de 1-3%, 1-3%, 1-2% y 1-2% para nitrógeno (N), P, K y Ca, respectivamente (Ruiz Morales, 2011).

El contenido de carbohidratos y proteínas en el gel no fueron afectados por las fuentes y dosis de biofertilizantes probados en este estudio. Sin embargo, en un análisis en el tiempo sí se encontraron diferencias significativas en el contenido de carbohidratos, el cual fue significativamente mayor en la segunda fecha de muestreo (diciembre de 2011: 273 DDPAB), en tanto que la primera (agosto de 2011: 152 DDPAB) y la última (abril de 2012: 393 DDPAB) fueron estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) (Figura 4).

DISCUSIÓN

El efecto no significativo entre los tratamientos en el contenido de gel puede ser un indicador de que esta variable es independiente de las fuentes y dosis de fertilizantes orgánicos. Lo anterior no es consistente con respecto al testigo, ya que se considera que, en general, las fuentes orgánicas de

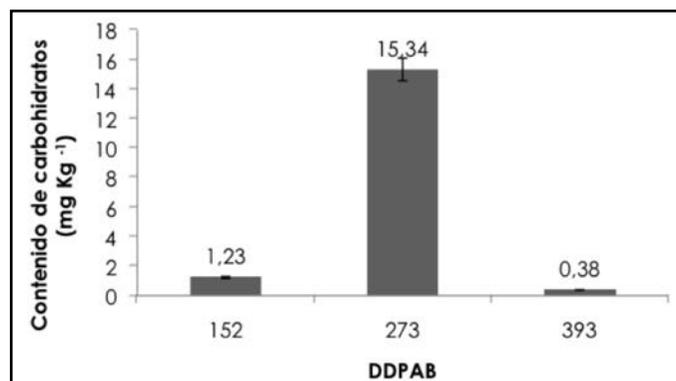


Figura 4. Contenido de carbohidratos (CCH) en gel de sábila en diferentes fechas de muestreo en DDAB (días después de la aplicación del primer muestreo). Bermejillo, Dgo. 2012. Prueba de Tukey ($P > 0.05$). Cifras con las mismas letras sobre las barras son estadísticamente iguales.

fertilización, ya sea composta y/o ácidos húmicos, no solo aportan materiales nutritivos al suelo, sino que además influyen en la estructura del mismo, al favorecer el incremento de la biota benéfica, con lo cual se incrementa la formación de agregados que permiten una mayor retención de agua, mayor intercambio gaseoso y de nutrientes en la rizósfera (Julca Otiniano et al., 2006). Lo anterior finalmente repercute en un mayor crecimiento y vigor de la hoja de sábila, haciéndola tolerante, inclusive, a algunos factores de estrés, como el frío (Pedroza Sandoval y Durán Bermejo, 2005).

Sin embargo, el no existir diferencia con respecto al testigo significa que el suelo cuenta con algún aporte natural de estos macro y micronutrientes,

Tabla 2. Concentración de datos de análisis de varianza general de las variables de micro y macroelementos (mg kg⁻¹) del gel de sábila (*A. barbadensis* M.). Bermejillo, Dgo. 2012

Fecha de muestreo	Dosis de ácidos húmicos L ha ⁻¹	Na	K	Ca	Mg	P
	0	2.549 a	2.070 a	6.516 A	0.3213 a	0.006 a
Ago. 2011	54	3.011 a	13.411 a	6.494 A	0.3673 a	0.006 a
	108	4.078 a	16.295 a	7.242 A	0.5272 a	0.007 a
	0	2.531 a	8.821 a	4.813 A	0.4331 a	0.006 b
Dic. 2011	54	1.668 a	9.599 a	4.437 A	0.4195 a	0.006 b
	108	1.959 a	8.209 a	4.437 A	0.4835 a	0.007 a
	0	2.018 a	4.724 a	7.173 A	0.2493 a	0.009 a
Abr. 2012	54	1.688 a	7.413 a	8.465 A	0.3670 a	0.010 a
	108	2.708 a	9.362 a	8.212 A	0.3430 a	0.009 a

Prueba de Tukey ($p = 0.05$), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna en cada fecha son estadísticamente iguales.

o bien que se requiere un mayor tiempo para la expresión de los tratamientos usados en este estudio. El mayor contenido de gel en la segunda fecha de muestreo y la reducción en el tercer muestreo con respecto al segundo puede estar relacionado con el efecto del invierno de 2011, lo que da como resultado que la hoja de sábila reduzca su volumen, lo cual es evidente ya que aunque no se reduzca la hoja en cuanto a longitud, sí en cuanto a dimensiones de ancho y grosor de hoja. Lo anterior es importante para la determinación de las fechas de corte; para ello, estas pueden realizarse a mediados de año o antes del invierno, al menos en regiones extremosas, ya que las temperaturas inferiores a 10 °C son de efectos nocivos para la planta.

En cuanto al efecto por fecha de muestreo de los contenidos de sólidos precipitables totales y sólidos precipitables en metanol, los resultados observados coinciden con lo registrado por Calzada Rivera y Pedroza Sandoval (2005), quienes identificaron que el aumento en el contenido de estas variables se presentó hasta el segundo muestreo, en este caso cinco meses después de la primera aplicación de los biofertilizantes.

Pedroza Sandoval y Durán Bermejo (2005) mencionan que existe una correlación negativa significativa entre los sólidos solubles totales y las variables longitud, grosor basal y peso de hoja, relacionado con el efecto de dilución, ya que al tener mayores dimensiones la hoja, la concentración de sólidos solubles totales se verá disminuida; sin embargo, en este estudio la relación fue directa, ya que precisamente en la segunda fecha de muestreo se obtuvo un mayor grosor de hoja y una mayor concentración de sólidos totales y sólidos precipitables en metanol. Esta aparente contradicción de resultados puede estar relacionada con la condición hídrica de la planta: si presenta un incremento en volumen de la hoja pero con bajo déficit hídrico, la concentración de sólidos disueltos puede incrementarse, en cambio si el estado hídrico de la planta es alto, dicha concentración tenderá a disminuir (Calzada Rivera y Pedroza Sandoval, 2005).

De los principales elementos nutritivos presentes en la composta, 70 a 80% de P y de 80 a 90% de K están disponibles el primer año después de su aplicación, mientras que el N todo es orgánico; es decir, debe mineralizarse para ser absorbido por las plantas. No obstante, en el primer año solo se mineraliza el 11%,

lo que genera una deficiencia (Rosen y Bierman, 2005). Posiblemente por el relativamente corto tiempo entre la aplicación de los biofertilizantes y las fechas de muestreo en este estudio, no fue posible encontrar diferencias entre tratamientos en contenido de macro y micronutrientes.

Con respecto a la variación de algunas variables en el tiempo, es importante en cuanto a la selección de la mejor fecha de corte para que tenga una mayor producción de hoja y mayor calidad de gel, esta última a través de una mayor concentración de sólidos totales, sólidos precipitables en metanol y concentración de carbohidratos, donde el periodo de octubre a diciembre resultó ser la mejor fecha. En general, el comportamiento temporal de la calidad de gel puede estar relacionada con el contenido y disponibilidad nutrimental del suelo con respecto a lo aportado por los fertilizantes orgánicos, ya que de acuerdo a Acosta et al. (2004) la composta procedente de aguas residuales y estiércol, aunque tienen un buen índice de humificación en comparación con los residuos vegetales, su disponibilidad varía con el tiempo y las condiciones ambientales.

El N orgánico debe mineralizarse antes de ser aprovechado por la planta y la disponibilidad de este macroelemento tiende a disminuir por las pérdidas que ocurren durante su aplicación. Se ha observado que en siete días con altas temperaturas y suelo seco se puede perder hasta 50% de N, en tanto que en suelos húmedos y bajas temperaturas la pérdida es de solo 10%. Una situación similar se presenta en el caso del P en que, aunque su eficiencia procede de la composta, esta es la misma que los fertilizantes potásicos, ya que se encuentra en forma mineral y soluble (Ramos Agüero y Terry Alfonso, 2014).

CONCLUSIONES

El grosor de hoja fue mayor cuando se aplicó 10 t ha⁻¹ de composta. La calidad de gel es mayor por las altas concentraciones de sólidos totales, sólidos precipitables en metanol, carbohidratos y P, obtenidas en la segunda fecha de muestreo (diciembre de 2011: 273 DDPAB), este último cuando se aplicaron 108 l ha⁻¹ de ácidos húmicos. Es necesario seguir explorando otras fuentes, dosis y fechas de aplicación de biofertilizantes que fortalezcan el conocimiento de la producción orgánica del cultivo de la sábila.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA, Y. et al. Índice de humificación y prueba de fitotoxicidad en residuos orgánicos de uso agrícola potencial. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(4): 185-194, 2004.
 - AÑEZ, B. y VÁSQUEZ, J. Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y rendimiento de la sábila (*Aloe barbadensis* M.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(1): 1-12, 2005.
 - CALZADA RIVERA, A. M. y PEDROZA SANDOVAL, A. Evaluación físico-química del gel y jugo de la hoja de sábila (*A. barbadensis*) en diferentes prácticas de manejo. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 4(2): 93-101, 2005.
 - DIMLER, R. J. et al. Quantitative paper chromatography of D-Glucose and its oligosaccharides. *Analytical Chemistry*, 24(9): 1411-1414, 1952.
 - GARCÍA DE MIRANDA, E. *Apuntes de Climatología*. D. F., México: Universidad Autónoma de México. 71 pp., 1973.
 - GARCÍA HERNÁNDEZ, J. L. et al. *Agricultura Orgánica. Tercera Parte*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo-CONACYT. 438 pp., 2010.
 - JULCA OTINIANO, A. et al. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1): 49-61, 2006.
 - PEDROZA SANDOVAL, A. y DURÁN BERMEJO, S. Efecto del acolchado plástico, fertilización nitrogenada y composta orgánica en el crecimiento y desarrollo de sábila Miller con riego por goteo automatizado. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 4(1): 1-7, 2005.
 - PEDROZA SANDOVAL, A. y GÓMEZ FLORENCE, L. *La sábila (Aloe spp.). Propiedades, manejo agronómico, proceso agroindustrial y de mercado*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo. 147 pp., 2006.
 - PEDROZA SANDOVAL, A. et al. Sistema de producción de biocomposta y fertilizantes líquidos a base de lombriz roja (*Eisenia fetida*). *Memoria Electrónica del 1er. Congreso Nacional de Investigación e Innovación Tecnológica Ambiental*. Centro Nuclear México. Toluca, Edo. de México. 122-127, 2010.
 - PIÑA ZAMBRANO, H. y CHIRINO, L. Mercado de la sábila (*Aloe vera* L.) en el estado Falcón. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 25(2): 364-392, 2008.
 - RAMOS AGÜERO, D. y TERRY ALFONSO, E. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4): 52-59, 2014.
 - RUIZ ORALES, M. M. *Taller de elaboración de lombricomposta porque tener lombrices nos beneficia a todos...* D. F., México: Universidad Iberoamericana. 23 pp., 2011.
 - SAGARPA (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). *Boletín ASERCA Regional Peninsular "Propiedades y usos de la sábila"*, 25(09): 3-4, 2009.
- De páginas electrónicas**
- INTERNATIONAL ALOE SCIENCE COUNCIL (IASC). *Aloe Scientific Primer*. Recuperado de http://www.iasc.org/pdfs/IASC_Aloe_vera_A_Scientific_Primer.pdf, 2008.
 - ROSEN, J. C. y BIERMAN, M. P. Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. *University of Minnesota, Extension Service*. [Portal electrónico]. Recuperado de <http://www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/M1192.html>, 2005.
 - SAGARPA (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). *La sábila, un vegetal rentable*. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/tamaulipas/boletines/2012/septiembre/Documents/B0572012.pdf>, 2012.
 - SAGARPA (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN)-SENASICA (SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA). *Producción orgánica*. Recuperado de <http://senasica.gob.mx/default.asp?id=3448>, 2015.
 - SSA (SECRETARÍA DE SALUD). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-117-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica. *Diario Oficial de la Federación*, 29 de junio de 1995. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/117ssa14.html>
 - THERMO FISHER SCIENTIFIC. *BCA Protein Assays/Life Technologies*. [Portal electrónico]. Recuperado de <http://www.lifetechnologies.com/mx/es/home/life-science/protein-biology/protein-assays-analysis/protein-assays/colorimetric-protein-assays/bca-protein-assays.html>, 2015.

Cinética de crecimiento de *Fusarium oxysporum* cultivado en diferentes niveles de glucosa y pectina

Kinetic growth of *Fusarium oxysporum* cultured on different glucose and pectin levels

Gabriela Macías de la Cerda¹, Fabiola Veana¹, Juan Carlos Contreras Esquivel¹, Cristóbal Noé Aguilar¹, Raúl Rodríguez Herrera^{1*}

Macías de la Cerda, G., Veana, F., Contreras Esquivel, J. C., Aguilar, C. N., Rodríguez Herrera, R. Cinética de crecimiento de *Fusarium oxysporum* cultivado en diferentes niveles de glucosa y pectina. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 33-37, enero-abril 2016.

RESUMEN

La pectina y enzimas pécticas son esenciales en la industria alimentaria, principalmente en la industria del jugo, confitería y panadería. Diversas especies de hongos son capaces de producir pectinasas con la finalidad de degradar la pectina para sobrevivir y crecer. En el presente estudio se evaluó la velocidad de invasión de *Fusarium oxysporum*. La glucosa, pectina e hidrolizados de pectina (con diferentes grados de depolimerización) se emplearon como sustratos. Los resultados obtenidos sugieren que las bajas concentraciones de sustrato promueven una mayor velocidad de invasión de hongos, mientras que, en virtud de las altas concentraciones de sustrato, esta es menor. El control del fenómeno de represión catabólica a través de la definición de las concentraciones de ambos sustratos es esencial para la producción de pectinasas bajo fermentaciones de estado sólido y el incremento de aplicaciones biotecnológicas de estas enzimas.

Palabras clave: depolimerización, *F. oxysporum*, glucosa, enzimas pécticas, pectina, velocidad de invasión.

Keywords: depolymerization, *F. oxysporum*, glucose, pectic enzymes, pectin, invasion rate.

Recibido: 1 de agosto de 2014, aceptado: 4 de septiembre de 2015

¹ Departamento de Investigación en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila.

* Autor para correspondencia: raul.rodriguez@uadec.edu.mx

ABSTRACT

Pectin and pectic enzymes are essential in the food industry, mainly in the juice industry, confectionary and bakery. Diverse fungal species are able to produce pectinases in order to degrade pectin for surviving and growth. In the present study, radial growth rate of *Fusarium oxysporum* was evaluated. Glucose, pectin and pectin hydrolysates (with different degrees of depolymerization) were employed as substrates. Obtained results suggest that low substrate concentrations promoted a higher invasion rate, whereas, under high substrate concentrations it was lower. Control of the phenomenon of catabolic repression through definition of initial concentrations of both substrates, is essential for pectinases production under solid state fermentations and to increase biotechnology applications of these enzymes.

INTRODUCCIÓN

La pectina es una amplia mezcla de sustancias pécticas cuyo principal componente es el ácido poligalacturónico y están involucradas en la textura y maduración de los frutos, en el crecimiento e interacciones entre la planta huésped y sus patógenos (Sánchez Aldana Villarruel et al., 2011; Rangel Rodríguez et al., 2014). Una amplia variedad de enzimas pécticas catalizan la degradación de polisacáridos pécticos a través de reacciones de depolimerización (hidrolasas y liasas) y esterificación (esterasas) (Kant et al., 2014). La aplicación de las

enzimas pécticas se lleva a cabo en las industrias farmacéutica, textil y alimentaria. En esta última las enzimas pécticas se utilizan en la clarificación, filtración y eliminación de partículas para evitar la turbidez en los zumos de frutas, bebidas frutales y vino. Además, la pectina se utiliza como un agente gelificante, espesante, emulsionante y estabilizador en el proceso de obtención de mermeladas y jaleas (Arellano Barragán et al., 2014).

La mayoría de las preparaciones de enzimas pécticas se producen por fuentes fúngicas. Existen reportes de síntesis de pectinasas como endo y exopoligalacturonasa, poligalacturonasa y pectinesterasa por *Fusarium oxysporum* y *F. verticillioides* (Niture et al., 2008; Wu et al., 2008, Andre Leroux et al., 2009; Benedetti et al., 2013).

Actualmente, la fermentación en estado sólido ha mostrado mejores rendimientos enzimáticos e incluso la revalorización de residuos agroindustriales (Martins et al., 2011). Por esta razón, es necesario conocer la velocidad de crecimiento radial y longitudinal como un método para evaluar la capacidad de los hongos de invadir y adaptarse a los nutrientes del sustrato, como estudio previo de este tipo de fermentación (Gutiérrez Sánchez et al., 1999).

A través del análisis del crecimiento microbiano, Monod (1949) estableció una ecuación, donde es posible conocer la tasa específica de crecimiento y afinidad por el sustrato. Solo existe el reporte de la velocidad de crecimiento radial de *F. oxysporum* sobre medio de sales minerales adicionado con glucosa (10 g/l) (Suárez Segundo et al., 2013). Considerando la variedad de aplicaciones de las enzimas pécticas, este documento describe la influencia de la concentración de sustrato (glucosa y pectina) y el efecto del grado de depolimerización de pectina sobre la capacidad invasiva de *F. oxysporum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Microorganismo

La cepa de *F. oxysporum* se aisló de una planta de chile (*Capsicum annuum* L.) y fue proporcionada por el Centro Internacional de Servicios Fitosanitarios, S. A. de C. V. (CISEF, Saltillo, Coahuila, México). El hongo *F. oxysporum* se cultivó en medio PDA durante cinco a siete días a 30 °C. A continuación, las esporas se cosecharon con Tween 80 0.1% y se realizó un conteo en la cámara de Neubauer.

Medios de cultivo

Se empleó el medio de cultivo como describen Di Prieto y Roncero (1996). La glucosa, pectina y la pectina depolimerizada (hidrolizados de pectina) se utilizaron como fuente de carbono. Los hidrolizados de pectina fueron proporcionados por Coyote Foods Biopolimers and Biotechnology, S. de R. L., cuyo tratamiento se realizó a altas temperaturas y baja presión (autoclave) y se identificaron como P1, P2, P3, P4 y P5 con 0 (control), 5, 10, 20 y 30 min de esterilización en autoclave, respectivamente. A dichos hidrolizados de pectina se les determinaron las concentraciones de azúcares reductores por el método de Somogy-Nelson (Nelson, 1944; Somogyi, 1952). Se utilizó el medio de cultivo descrito previamente (Di Pietro y Roncero 1996), solo se sustituyó la fuente de carbono por los sustratos antes mencionados. Las cajas Petri con las diferentes variaciones del medio de cultivo fueron inoculadas con 10 μ l de la suspensión de esporas (2×10^7 esporas/ml). El inóculo se colocó en el centro de las cajas Petri, sobre un pozo hecho previamente. Las cajas Petri se incubaron a 30 °C durante 72 h. El crecimiento radial se monitoreó cada 12 h.

Análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2^4 . Se evaluaron dos factores: sustrato con dos niveles (glucosa y pectina) y concentración con cuatro niveles (0.25, 0.75, 12.5 y 17.5 g/l). Todos los experimentos se llevaron a cabo por triplicado. Cuando fue necesario las medias de los tratamientos se compararon utilizando la prueba de rango múltiple de Tukey con una significancia al 0.05%.

Los valores de velocidad de invasión se obtuvieron como la pendiente de la ecuación lineal que se obtiene al graficar el crecimiento radial en función del tiempo y fue definida como μ . Se obtuvo el tiempo de duplicación, el cual expresa el tiempo necesario para duplicar 1 mm de crecimiento aparente de micelio. Por último, se realizó un modelo matemático mediante una ecuación que describe una curva de saturación tomando como base la ecuación de Monod (1949) con la herramienta Solver (Microsoft Excel 2007). Finalmente, los datos se evaluaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) para el diseño experimental propuesto en el software SAS ®.

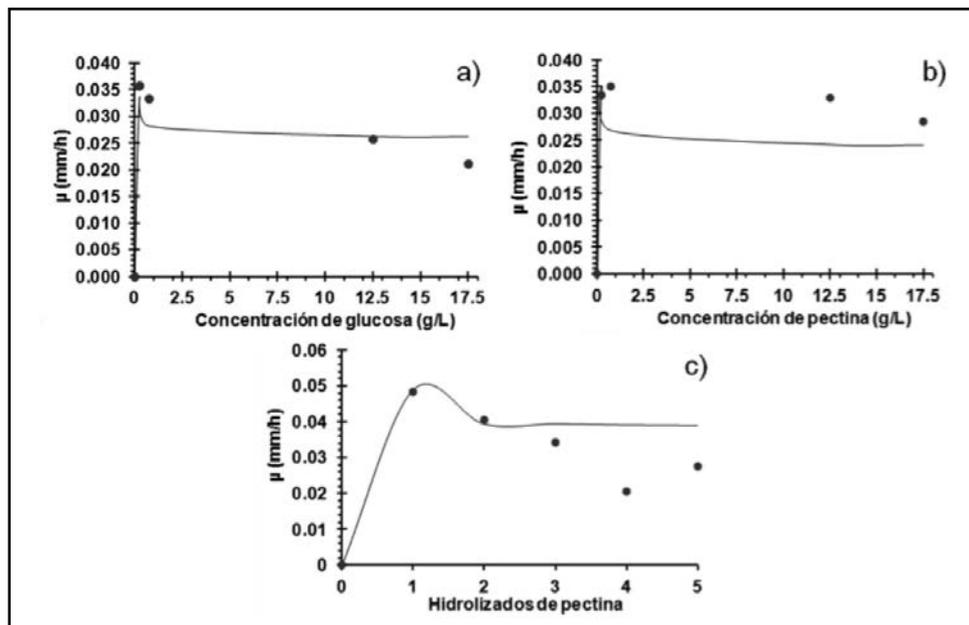


Figura 1. Velocidad de invasión de *F. oxysporum* sobre diferentes concentraciones de glucosa (a), pectina (b) e hidrolizados de pectina (c). Las líneas indican los valores teóricos y los puntos los datos experimentales.

RESULTADOS

La mayor diferencia de crecimiento de *F. oxysporum* se observó sobre la glucosa y la pectina con concentración de 0.75 g/l (13 mm y 13.7 mm de diámetro, respectivamente). Sin embargo, la velocidad de invasión máxima alcanzada por el hongo fue 0.0358 y 0.035 mm/h mediante la glucosa 0.25 g/l y la pectina 0.75 g/l, respectivamente. Por otro lado, el modelo matemático generó valores de μ de 0.0334 y 0.0347 mm/h utilizando la glucosa (Figura 1a) y pectina (Figura 1b) a una concentración de 0.25 g/l, en donde las diferencias son mínimas en comparación con los datos experimentales.

El contenido de azúcares reductores determinados en los hidrolizados de pectina (P1 a P5) fueron los siguientes: 0.513, 3.66, 3.52, 4.52 y 5.22 g/l. El mayor

crecimiento fúngico observado (10.375 mm) se presentó usando el hidrolizado P3 como sustrato. Por otro lado, el comportamiento de μ es diferente, el valor más alto μ se mostró usando los hidrolizados P1 (0.0483 mm/h) y P2 (0.0405 mm/h) (Figura 1c).

De otra manera, el tiempo de duplicación (Tabla 1) fluctúa entre 19.72 y 33.56 h usando concentraciones de glucosa de 0.25 y 17.5 g/l, respectivamente. Los valores que se obtuvieron usando pectina a 0.25 y 17.5 g/l fueron 20.81 y 24.72 h. Finalmente, en los hidrolizados de pectina se observaron valores en el rango de 15.73-26.62 h.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se observó que el microorganismo tiene la capacidad de degradar bajas

Tabla 1. Efecto de los diferentes sustratos sobre el tiempo de duplicación del crecimiento de *F. oxysporum*

Concentración g/l	Tiempo de duplicación (h)			
	Glucosa	Pectina	Hidrolizados de pectina	
-	-	-	P1	15.73 ± 6.24
0.25	19.72 ± 3.14	20.81 ± 1.43	P2	17.16 ± 1.15
0.75	21.85 ± 5.71	20.01 ± 2.53	P3	20.91 ± 4.53
12.5	27.01 ± 2.11	21.10 ± 1.11	P4	34.08 ± 3.79
17.5	34.56 ± 8.86	24.72 ± 3.91	P5	26.62 ± 6.92

concentraciones de sustrato a una alta velocidad; mientras que el incremento del sustrato inhibe la síntesis microbiana de muchas enzimas que requieren de un inductor, fenómeno conocido como represión catabólica (Viniestra González y Favela Torres, 2006). El modelo matemático de saturación mostró valores similares comparados con los valores experimentales, debido a que la concentración de sustrato es mayor que el valor de K_s (Izquierdo et al., 2004).

Según lo estudiado por los autores del presente documento, existe poca información sobre la velocidad de invasión de *F. oxysporum*. Suárez Segundo et al. (2013) reportaron un valor de 90 mm/día, creciendo en cultivo de sales minerales, adicionado con glucosa (10 g/l) e incubando a 25 °C. Sin embargo, Orzúa et al. (2009) estudió el efecto de las concentraciones de glucosa añadida a los residuos agroindustriales sobre el crecimiento de *Aspergillus niger* Aa-20. Las concentraciones de glucosa fueron 12.5, 25, 50 y 100 g/l. El incremento en la adición de glucosa fue desfavorable, debido a que anteriormente Orzúa (2003) demostró que sin la adición de glucosa, el microorganismo crece más rápido y con mayor extensión sobre medio sólido. En este caso se concluyó que la glucosa inhibe el crecimiento de *A. niger* Aa-20.

De los hidrolizados de pectina, el marcado como P1 (control) registró el valor más alto μ , lo cual se puede atribuir a que en la depolimerización de pectina se pueden liberar moléculas de ácido galacturónico (Mejía Giraldo et al., 2007), lo cuales provocan una represión catabólica cuando se utiliza P2, cuyo contenido de azúcares reductores es más alto comparado con el hidrolizado P1 (Orzúa, 2003). Los valores P1 y P2 se ajustaron al modelo matemático y de acuerdo con la prueba de Tukey, no hay diferencias significativas entre estos sustratos. En los tres experimentos se presentan valores bajos de K_s , que indican una alta afinidad de *F. oxysporum* por el sustrato.

Por último se evaluó el tiempo de duplicación. Este parámetro indica la velocidad con la que un microorganismo crece, pero con relación inversa. Si se incrementa el tiempo de duplicación, el valor



Figura 2. Crecimiento fúngico de *F. oxysporum*. Imagen tomada de <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/K7725-1-sm.jpg/250px-K7725-1-sm.jpg>

de μ se reduce (Larcher et al., 2008). Esta relación es claramente observable: en bajas concentraciones de glucosa, pectina e hidrolizados de pectina, menor tiempo de duplicación y valores altos de μ .

CONCLUSIONES

A través del desarrollo del presente estudio se puede concluir que las altas concentraciones de sustrato (glucosa o pectina) y alto grado de depolimerización de pectina influyen negativamente sobre la velocidad de invasión de *F. oxysporum*, por lo que la concentración de 0.25 g/l de glucosa y pectina es favorable y podría ser usada en fermentación en estado sólido. Este nivel de concentración se traduce en el ahorro de costos para la producción de enzimas pécticas bajo dicho sistema de fermentación.

Agradecimientos

El presente estudio fue financiado por la Universidad Autónoma de Coahuila. G. M. C y F. V. H. desean agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por el apoyo económico para la realización de sus estudios de posgrado.

LITERATURA CITADA

- BARRAGÁN, J. C. A. et al. Efecto de la temperatura y pH sobre la actividad y estabilidad de pectinasas producidas por *Bacillus* spp. *Revista de Investigación Científica (REBIOL)*, 34(1): 33-41, 2014.
 - DI PIETRO, A. y RONCERO, M. I. G. Purification and characterization of an exo-polygalacturonase from the tomato vascular wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *FEMS Microbiology Letters*, 145(2): 295-299, 1996.
 - GUTIÉRREZ SÁNCHEZ, G. et al. Comparación de dos métodos para la selección de cepas para su uso en fermentación en medio sólido: Crecimiento radial y longitudinal. *Memorias VIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*, p. 104, 1999.
 - IZQUIERDO, J. F. et al. *Cinética de las reacciones químicas. Metodología Series: 16*. Barcelona, España: Edicions Universitat de Barcelona, p. 288, 2004.
 - LARCHER, L. I. et al. Simulación de crecimiento de microorganismos bajo distintas condiciones de movilidad. *Mecánica Computacional*, XXVII, 3381-3395, 2008.
 - MEJÍA GIRALDO, L. F. et al. Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. *Ingeniería y Ciencia*, 3(6): 41-62, 2007.
 - NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*, 153, 375-380, 1944.
 - NITURE, S. K. et al. Inactivation of polygalacturonase and pectate lyase produced by pH tolerant fungus *Fusarium moniliforme* NCIM 1276 in a liquid medium and in the host tissue. *Microbiological Research*, 163(1): 51-62, 2008.
 - ORZÚA, G. *Aprovechamiento de residuos agroindustriales como soporte de crecimiento fúngico para la fermentación en medio sólido*. Tesis de licenciatura. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma de Coahuila, 2003.
 - SÁNCHEZ ALDANA VILLARRUEL, D. et al. Moléculas pécticas: extracción y su potencial aplicación como empaque. *Tecnociencia*, V(2): 76-82, 2011.
 - SOMOGYI, M. Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry*, 195(1): 19-23, 1952.
 - SUÁREZ-SEGUNDO, J. L. et al. Growth of colonies and hyphal ultrastructure of filamentous fungi grown on dibutyl phthalate and di (2-ethylhexyl) phthalate. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(3): 499-504, 2013.
 - VINIEGRA GONZÁLEZ, G. y FAVELA TORRES, E. Why Solid State Fermentation Seems to be Resistant to Catabolite Repression? *Food Technology and Biotechnology*, 44(3): 397-406, 2006.
- De páginas electrónicas**
- ANDRE LEROUX, G. et al. Endopolygalacturonases reveal molecular features for processivity pattern and tolerance towards acetylated pectin. *Biochimica et. Biophysica Acta*, 1794(1): 5-13, 2009. doi: 10.1016/j.bbapap.2008.09.004.
 - BENEDETTI, M. et al. A single amino-acid substitution allows endo-polygalacturonase of *Fusarium verticillioides* to acquire recognition by PGP2 from *Phaseolus vulgaris*. *PLoS ONE*, 8(11): e80610, 2013. doi:10.1371/journal.pone.0080610.
 - KANT, S. et al. Purification and physicochemical properties of polygalacturonase from *Aspergillus niger* MTCC 3323. *Protein Expression and Purification*, 87(1): 11-16, 2014. doi: 10.1016/j.pep.2012.09.014.
 - MARTINS, S. et al. Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances*, 29(3): 365-373, 2011. doi: 10.1016/j.biotechadv.2011.01.008.
 - MONOD, J. The growth of bacterial cultures. *Annual Review of Microbiology*, 3, 371-394, 1949. doi:10.1146/annurev.mi.03.100149.002103.
 - ORZÚA, M. C. et al. Exploitation of agro industrial wastes as immobilization carrier for solid-state fermentation. *Industrial Crops and Products*, 30(1): 24-27, 2009. doi: 10.1016/j.indcrop.2009.02.001.
 - RANGEL RODRÍGUEZ, A. M. et al. Immobilization of Pectinesterase in Genipin-Crosslinked Chitosan Membrane for Low Methoxyl Pectin Production. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 174(8): 2941-2950, 2014. doi: 10.1007/s12010-014-1238-y.
 - WU, H. S. et al. Cinnamic acid inhibits growth but stimulates production of pathogenesis factors by in vitro cultures of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4): 1316-1321, 2008. doi: 10.1021/jf0726482.

Marginación y cambio de cobertura y uso del suelo de la zona metropolitana de Chihuahua

Marginalization and change in coverage and land use in the metropolitan area of Chihuahua

Antonio Dávila Rodríguez¹, Elva Alicia Corona Zambrano¹, Alfredo Pinedo Álvarez^{2*}, Gaspar Jiménez Rentería³, Carmelo Pinedo Álvarez², Rosa Imelda Rojas Caldelas¹, Arturo Ranfla González⁴

Dávila Rodríguez, A., Coronado Zambrano, E. A., Pinedo Álvarez, A., Jiménez Rentería, G., Pinedo Álvarez, C., Rojas Caldelas, R. I., Ranfla González, A. Marginación y cambio de cobertura y uso del suelo de la zona metropolitana de Chihuahua. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 38-45, enero-abril 2016.

RESUMEN

En el marco de la dinámica de las fuerzas centrales y periféricas que generan el crecimiento y el ciclo de vida urbano se evalúa el grado de marginación y el cambio de cobertura y uso del suelo del área de influencia de las tres localidades urbanas que conforman la zona metropolitana de Chihuahua, en el periodo comprendido desde 2000 hasta 2010. Los cambios más importantes y evidentes del análisis del cambio de cobertura y uso del suelo y vegetación, se presentaron en la clase de asentamientos humanos con una tasa de cambio de 71.93%, lo que equivale a 11,912.92 ha. El grado de marginación determinó que no hay población que resida en áreas geoestadísticas básicas con grandes privaciones en salud, educación, vivienda y bienes. De las 252 áreas geoestadísticas básicas que se incrementaron durante el periodo de estudio, todas se clasifican en bajo o muy bajo grado de marginación y se

Palabras clave: grado de marginación, uso de suelo, zona metropolitana, marginación urbana, AGEB urbano.

Keywords: degree of marginalization, land use, metropolitan area, urban marginalization, urban AGEB. Aguascalientes.

Recibido: 24 de abril de 2015, aceptado: 14 de diciembre de 2015

¹ Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California.

² Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.
³ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Chihuahua.

⁴ Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Autónoma de Baja California.

* Autor para correspondencia: apinedoa@gmail.com

extienden principalmente sobre suelo agrícola y comunidades de matorral.

ABSTRACT

With reference to the dynamics of the central and peripheral forces that generate growth and urban life cycle, and evaluation was made of the level of poverty and the change in coverage and land use in the area of influence of the three urban localities that make up the metropolitan area of Chihuahua, from the period 2000 to 2010. The most important changes in coverage and land use and vegetation occurred in class settlements with a rate of 71.93%, which is equivalent to 11,912.92 ha. The degree of marginalization determined that no population resides in basic geostatic areas with great deprivations in health, education, housing and consumer goods. Of the 252 basic geostatic areas that increased during the study period, all are classified as having a low or very low degree of marginalization and they extend principally over agricultural land and scrub communities.

INTRODUCCIÓN

Existen razones para pensar que el planeta en que vivimos está dominado por el hombre y determinar que la alteración de la tierra por la acción humana es considerable y creciente (Vitousek et al., 1997). La concentración de la población provoca desequilibrios sociales y territoriales entre los que destacan problemas de marginalidad, desigualdad y desequilibrios regionales. Cuando no existe un crecimiento ordenado de la ciudad se presentan dificultades en la administración de servicios públicos,

manejo de desechos, transporte y vialidad, seguridad y justicia, mezcla y superposición desordenada de usos, exposición a riesgos naturales, despilfarro de recursos territoriales y degradación ambiental (Moreno Pérez, 2010). Con el paso del tiempo, las ciudades han tenido denominaciones distintas dependiendo del tamaño y las características sociopolíticas.

Dentro de los ejemplos más importantes de crecimiento y expansión de la ciudad tenemos: suburbanización (Montosa Muñoz y Corpas Alba, 2005; Gámez Basten, 2006; García López, 2008) y metropolización (Negrete y Salazar, 1986; Bazant, 2001; De Mattos, 2001; Gámez Basten, 2006; Moreno Pérez, 2010). Puede pensarse que estos fenómenos de expresión territorial representan un mecanismo de progreso para la población que ocupa ese espacio al transitar de una sociedad rural a una eminentemente urbana. Sin embargo, presentan signos y síntomas de una expansión sin desarrollo, donde estos conglomerados urbanos, cada vez más grandes, dan pie a importantes desigualdades sociales y económicas (Gámez Basten, 2006).

En México, ha surgido la denominación de zona metropolitana para aquellas ciudades que contienen en el espacio urbano dos o más municipios. Bajo esta clasificación se encuentran 59 zonas urbanas; dentro de ellas, la zona metropolitana de Chihuahua (ZMCH), formada por tres municipios: Chihuahua, Aquiles Serdán y Aldama (INEGI, 2010). Por otra parte, los análisis de los cambios que ocurren en la vegetación a través del tiempo y del espacio se realizan para entender cómo operan los procesos de regeneración, sucesión o degradación de los ecosistemas (Forman, 1995; Vitousek et al., 1997). Alrededor del mundo se han llevado a cabo estudios de este tipo empleando diferentes técnicas y metodologías (Mas et al., 2009; Camacho Olmedo et al., 2010; Evangelista Oliva et al., 2010; Guan et al., 2011; Hong et al., 2011; Mas y Flamenco Sandoval, 2011; Yang et al., 2012; Chen et al., 2013) con diferentes enfoques, ya se trate de enfatizar el aspecto forestal, agrícola o urbano.

El cambio de uso de suelo urbano se describe comúnmente como el incremento al suelo urbano existente y proporciona indicadores del crecimiento y rapidez de una ciudad (Seto et al., 2002). Es

importante orientar la ocupación del suelo con el objetivo de encontrar un balance entre el medio ambiente natural y el construido por el hombre (Hass y Ban, 2014; Congedo y Macchi, 2015). Por tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar el grado de marginación y el cambio de cobertura y uso de suelo del área de influencia de las tres localidades urbanas que conforman la zona metropolitana de Chihuahua, en el periodo comprendido desde 2000 hasta 2010. Y pretende dar respuesta a las preguntas: ¿Cuál es el potencial de cambio y cuál es el potencial de transición de la cobertura y uso de suelo en la zona metropolitana de Chihuahua? y ¿Es el crecimiento urbano en condición de marginación el causante del cambio de cobertura y uso de suelo en la zona metropolitana de Chihuahua?

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio tiene como objetivo determinar el cambio de cobertura y uso de suelo que se ha dado entre los años 2000 y 2010 y relacionarlo con el grado de marginación presente en el mismo periodo, considera como área de estudio la zona metropolitana de Chihuahua⁵ (Figura 1). Para medir el grado de marginación urbana para el año 2000 se utilizó la metodología propuesta por el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2000), así como la respectiva al año 2010 (CONAPO, 2010). Sin embargo, se utilizaron solo los parámetros mínimos y máximos de la zona metropolitana de Chihuahua; para ello, primero se homogeneizaron los 10 indicadores en categorías de: salud, educación, vivienda y disponibilidad de bienes.

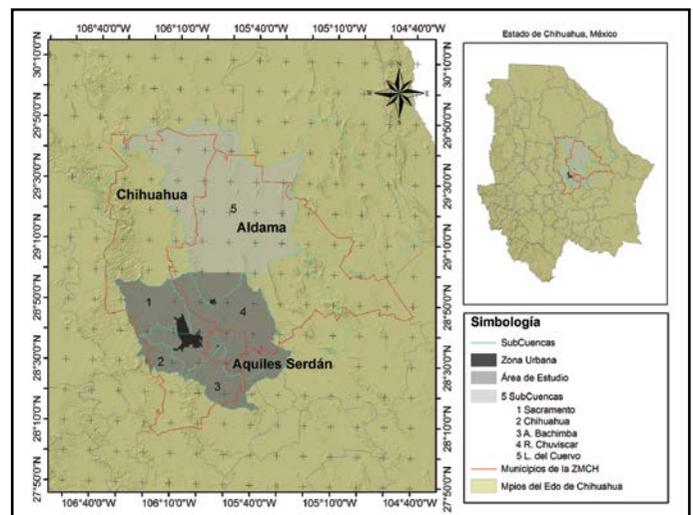


Figura 1. Zona metropolitana de Chihuahua.

⁵ La zona metropolitana de Chihuahua suma 852,533 habitantes, lo que representa 25.03% de la población del estado.

Tabla 1. Clasificación de las AGEB urbanas por su grado de marginación para el año 2000

Grado		Cantidad	%	Población	%	Viviendas	%
MB	Muy bajo	300	70.75	589485	87.29	152240	88.07
B	Bajo	85	20.05	84141	12.46	20182	11.68
M	Medio	17	4.01	1605	0.24	410	0.24
A	Alto	4	0.94	99	0.01	30	0.02
MA	Muy alto	0	0.00	0	0.00	0	0.00
ND	No dato	18	4.25	0	0.00	0	0.00
Totales		424	100.00	675330	100.00	172862	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

Con ellos se calcularon el Índice de Marginación Urbana para los años 2000 y 2010, calculados todos ellos a nivel de desagregación de área geoestadística básica (AGEB) y con los datos de los censos de población y vivienda de los años 2000 y 2010. Para el año 2000 la base de datos contemplaba 424 AGEB y para el 2010, 676 AGEB⁶. Una vez calculado el índice de marginación para cada AGEB se categorizó en cinco niveles: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo. Se procedió a realizar un mapa temático con los distintos niveles de marginación para las tres localidades y se presentaron los resultados por AGEB, población y vivienda.

En la determinación del cambio de cobertura y uso de suelo se utilizaron dos imágenes satelitales correspondiente a los años 2000 y 2010, ambas de la zona de estudio. Para el análisis de los datos se utilizaron programas convencionales como Office 2007 y para la información censal se usó el Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE) correspondiente a los años 2000 y 2010.

En el análisis geoespacial fue empleado Arcmap de ArcGis 9.0. Las imágenes satelitales fueron tratadas con métodos estándar de acuerdo a los requerimientos que sugiere Chuvieco Salinero (2000) para el análisis de cambio de cobertura y uso de suelo.

Como procedimiento base, las bandas de Landsat TM fueron sobrepuestas entre sí para lograr una conjunción de ellas en una sola imagen (Chuvieco Salinero, 2002). Por último, para comparar la serie de tiempo y determinar los cambios (ganancias o pérdidas) para cada tipo de cobertura en los

periodos evaluados, se calculó la tasa de cambios de la cuenca utilizando la fórmula de interés compuesto (Puyravaud, 2003).

RESULTADOS

Una vez calculado el índice de marginación por AGEB, se encontraron los siguientes resultados: para el año 2000, 70.75% de los AGEB se encontraba en niveles muy bajos de marginación, 20.05% en bajo y 4.01% en nivel medio, solo 0.94% en niveles altos; por lo que en el nivel muy alto de marginación no se encontró ningún AGEB (Figura 2).

En cuanto a las viviendas, 99.75% de estas estaban en niveles de marginación muy bajo y bajo; el mismo porcentaje de población estaba en esos niveles de marginación (Tabla 1). En términos absolutos, esto significa que de las 424 AGEB urbanas registradas en el censo del año 2000 para

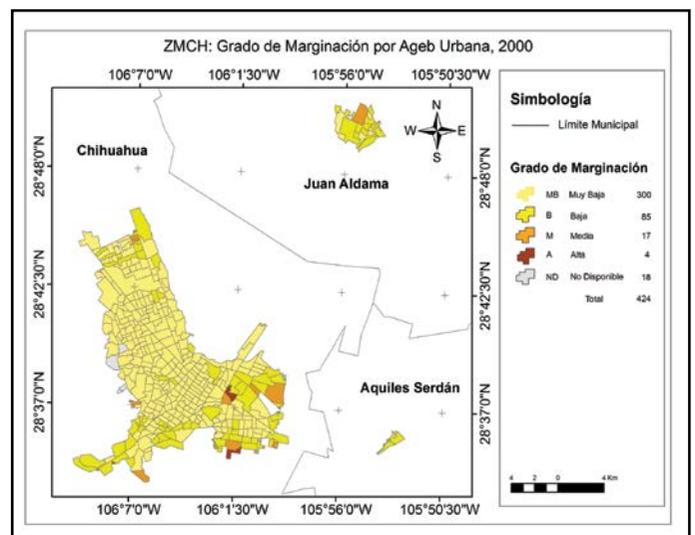


Figura 2. En el año 2000 ningún AGEB se encontró en el nivel muy alto de marginación.

⁶ Para el cálculo del grado de marginación urbana CONAPO consideró un universo de 34,061 AGEB para el año 2000 y de 56,195 para el año 2010.

Tabla 2. Clasificación de las AGEB urbanas por su grado de marginación para el año 2010

Grado	Cantidad	%	Población	%	Viviendas	%
MB Muy bajo	460	68.05	800234	95.84	223666	96.19
B Bajo	56	8.28	30415	3.64	7750	3.33
M Medio	4	0.59	1304	0.16	357	0.15
A Alto	0	0.00	0	0	0	0
MA Muy alto	0	0.00	0	0	0	0
ND No dato	156	23.08	3056	0.26	759	0.33
Totales	676	100.00	835009	100.00	232532	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

la ZMCH, ningún AGEB presenta un grado muy alto de marginación y cuatro registran alta marginación.

En lo concerniente al año 2010 se aprecia que no existen AGEB con grado de marginación alta o muy alta, 76.33% tiene niveles que corresponden a baja o muy baja (Figura 3). De igual manera, la población residente que vive en AGEB con bajo o muy bajo nivel de marginación es de 830,649, que representa 99.48%; asimismo, el número de viviendas con baja y muy baja marginación representa 99.52% (Tabla 2).

Los resultados en el cambio de cobertura y uso de suelo se representan en las Figuras 4 y 5, dichos mapas muestran las características de las condiciones de uso de suelo y vegetación en 2000 y las mismas condiciones con ligeros cambios espaciales para la imagen de 2010.

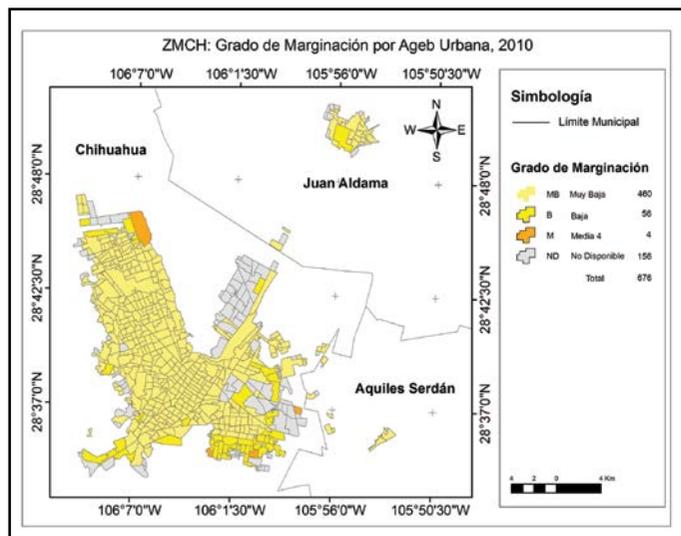


Figura 3. En el año 2010, 76.33% de las AGEB se encontraban en niveles de marginación baja o muy baja.

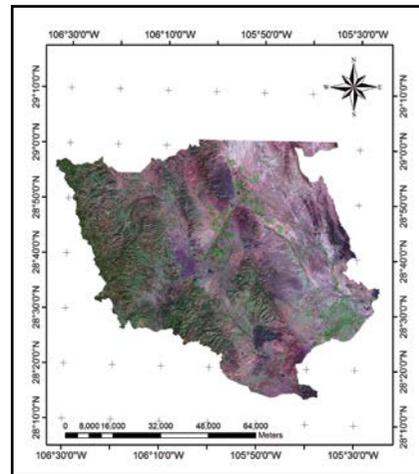


Figura 4. Condiciones de uso de suelo y vegetación en el año 2000.

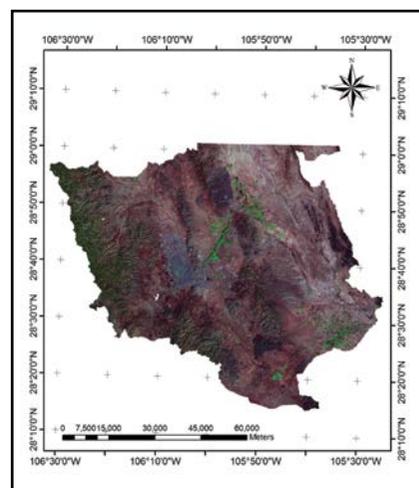


Figura 5. Condiciones de uso de suelo y vegetación con ligeros cambios espaciales en el año 2010.

Las clases identificadas fueron: Agricultura de riego y temporal (Art), Asentamientos humanos (Ah), Bosques de encino-pino (Bqp), Comunidades de Matorral (Cm), Cuerpos de agua (Ca) y Comunidades

de pastizal (Cp). Se observa, además, la distribución de la vegetación presente según se clasificó para los años 2000 y 2010, respectivamente, misma que se encuentra definida por el gradiente orográfico de la cuenca, y determinada por factores climáticos que influyen en la distribución espacial de la vegetación (Figuras 6 y 7).

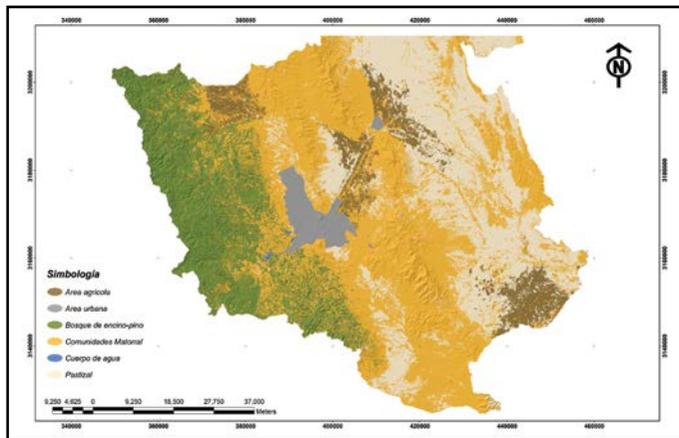


Figura 6. Distribución de la vegetación en el año 2000.

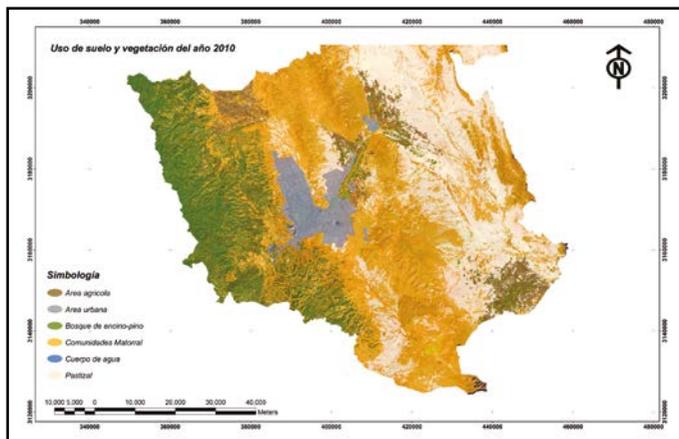


Figura 7. Distribución de la vegetación en el año 2010.

La Tabla 3 presenta las proporciones que representaban los tipos de cobertura y usos de suelo en el total de la superficie de la zona de estudio para los años 2000 y 2010. Destacan en la proporción las comunidades de matorral con 270,815.45 ha, las cuales representan 46.84% del área de estudio, seguidas de las comunidades de pastizal con 150,575.63 ha y 25.84%. La agricultura de riego y temporal solo contaba con 34,857.75 ha, que aproximadamente equivale a 5.98%.

Los asentamientos humanos o áreas urbanas ocupaban 16,561.99 ha y dicha clase está representada principalmente por la ciudad de Chihuahua como el principal polo de desarrollo en la cuenca. En los resultados de 2010 se observa claramente que siguen el mismo comportamiento de 2000 con respecto al porcentaje en su distribución; sin embargo, se observa una disminución en todas las categorías establecidas, excepto en la de los asentamientos humanos, la cual presenta un incremento de 11,912.92 ha.

Las clases Agricultura de riego y temporal, Comunidades de matorral, Comunidades de pastizal y Bosque de encino-pino presentaron una tasa de cambio de -2.64, -2.34, -2.72 y -0.51, respectivamente (Tabla 4). Los cambios más importantes y evidentes se presentaron en la clase de asentamientos humanos con una tasa de cambio de 71.93%, lo que equivale a 11,912.92 ha.

DISCUSIÓN

En estudios relacionados para la obtención del grado de marginación en el caso del año 2000 no existe un referente a nivel metropolitano para compararlo con los índices elaborados por el CONAPO, ya que

Tabla 3. Superficies de la cobertura de uso de suelo y vegetación para el año 2000 y 2010

Tipo de vegetación	Superficie 2000 (ha)	%	Superficie 2010 (ha)	%
Área agrícola	34857.75	5.98	33935.85	5.82
Área urbana	16561.99	2.84	28474.91	4.89
Bosque de encino-pino	109592.23	18.81	109038.47	18.71
Comunidades de matorral	270815.45	46.48	264487.92	45.39
Cuerpos de agua	295.43	0.05	285.68	0.05
Comunidades de pastizal	150575.63	25.84	146475.03	25.14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Análisis de cambios de las coberturas y usos de suelo presentes en el área de estudio

Tipo de cobertura		Superficie 2000	Superficie 2010	Diferencia	Tasa de cambio (%)
Art	Agricultura de riego y temporal	34857.75	33935.85	-921.90	-2.64
Ah	Asentamientos humanos	16561.99	28474.91	11912.92	71.93
Bqp	Bosques de encino- pino	109592.23	109038.47	-553.75	-0.51
Cm	Comunidades de matorral	270815.45	264487.92	-6327.54	-2.34
Ca	Cuerpos de agua	295.43	285.68	-9.76	-3.30
Cp	Comunidades de pastizal	150575.63	146475.03	-4100.60	-2.72

Fuente: Elaboración propia.

en ese entonces Chihuahua no era considerada zona metropolitana y se elaboró únicamente para la ciudad de Chihuahua. Sin embargo, para este estudio se tomaron en cuenta 424 AGEB para la ZMCH para el año 2000, mientras que en el estudio de CONAPO se tomaron en cuenta 34,061 de las localidades urbanas más importantes del país. Aun así, se conserva la misma tendencia y en ambas evaluaciones se coincide en que la mayoría de las AGEB se clasifican en las categorías de baja y muy baja marginación.

Con respecto al año 2010, el CONAPO elaboró el grado de marginación urbana por AGEB considerando un total de 56,195 AGEB urbanas de toda la República Mexicana, lo que contrasta con las 676 que se consideraron para la ZMCH. Para este caso en la evaluación del CONAPO también se determinaron AGEB en las categorías de alta y muy alta marginación, 30 AGEB para la clasificación de alta marginación y 18 en la categoría de muy alta marginación. En ambas evaluaciones se coincide también con que la mayoría de las AGEB se clasifican en las categorías de baja y muy baja marginación.

En cuanto al cambio de cobertura y uso de suelo, se coincide con estudios previos en los que se demostró que las imágenes empleadas del sensor multiespectral Landsat TM5 permiten determinar con buena precisión el uso de suelo y vegetación de determinada región (Ashraf et al., 2008; Pinedo Álvarez, 2008). La pérdida de tierra agrícola que presenta este estudio coincide con un estudio realizado en el estado de Guanajuato en el cual se obtuvo como principal resultado una tendencia a la

disminución del área agrícola como consecuencia del crecimiento urbano (García et al., 2002). En el contexto del cambio de cobertura y uso de suelo y el crecimiento urbano, autores como Hass y Ban (2014) y Congedo y Macchi (2015), coinciden con este estudio en el sentido de que se debe crecer de forma equilibrada, al involucrar una distribución territorial de la población y un uso sustentable de los recursos naturales que minimice los desequilibrios sociales y territoriales que provoca la concentración de la población.

CONCLUSIONES

Se puede decir que en la zona metropolitana de Chihuahua los niveles de marginación no crecieron; por el contrario, se redujeron de forma no significativa durante el periodo de estudio. Para el cambio en el uso de suelo, el más importante y evidente se presentó en el de uso para asentamientos humanos con una tasa de cambio de 71.93%, lo que corresponde a 11,912.92 ha. Estos datos concuerdan con los registrados por el INEGI, que reporta una condición en 2000 de 675,330 habitantes para la zona metropolitana de Chihuahua y aumentó para el año 2010 a 852,533 habitantes. Esto ha impactado fuertemente en el aumento de la mancha urbana, provocado por la construcción de fraccionamientos en tierras ejidales y pastizales abiertos.

El incremento de las 252 AGEB urbanas durante el periodo de estudio conservó la misma tendencia en el grado de marginación, tomando en cuenta que en el año 2000 se reportaron 99.75% de las viviendas en las categorías de baja y muy baja marginación

y 99.52% para el 2010 en la misma categoría de marginación y se extendieron principalmente sobre suelo agrícola y comunidades de matorral. Lo anterior permite determinar que no es el crecimiento

en situación de marginación el causante del cambio de cobertura y uso de suelo en la zona metropolitana de Chihuahua.

LITERATURA CITADA

- ASHRAF, M. et al. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*, 97(2008): 45-110, 2008.
- BAZANTS., J. Periferias urbanas: *Expansión urbana incontrolada de bajos ingresos y su impacto en el medio ambiente*. D. F., México: Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 268 pp., 2001.
- CAMACHO OLMEDO, M. T. et al. Modelos geomáticos aplicados a la simulación de cambios de usos del suelo. Evaluación del potencial de cambio. En J. Ojeda et al. (Eds.), *Tecnologías de la información geográfica: La información geográfica al servicio de los ciudadanos* (658-678). Sevilla, España: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 2010.
- CHEN, X. et al. Evaluation of Spatiotemporal Dynamics of Simulated Land Use/Cover in China Using a Probabilistic Cellular Automata-Markov Model. *Pedosphere*, 23(2): 243-255, 2013.
- CHUVIECO SALINERO, E. *Fundamentos de teledetección espacial*. 3 ed. España: Rialp. 568 pp., 2000.
- CHUVIECO SALINERO, E. *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*. España: Ediciones Ariel. 586 pp., 2002.
- CONGEDO, L. y MACCHI, S. The demographic dimension of climate change vulnerability: exploring the relation between population growth and urban sprawl in Dar es Salaam. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 13(April 2015): 1-10, 2015.
- DE MATTOS, C. A. Movimientos del capital y expansión metropolitana en las economías emergentes latinoamericanas. *Revista de Estudios Regionales*, mayo-agosto(60): 15-43, 2001.
- EVANGELISTA OLIVA, V. et al. Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla. *Investigaciones Geográficas*, 23-38, 2010.
- FORMAN, R. T. T. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10(3): 133-142, 1995.
- GÁMEZ BASTEN, V. Ciudad y periferia metropolitana en transición. *Diseño urbano y Paisaje*, 3(9): 1-38, 2006.
- GARCIA, N. H. et al. Uso de sensores remotos y SIG para determinar los cambios en el uso de suelo agrícola de 1970 a 1997 en el estado de Guanajuato. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM*, 47, 92-112, 2002.
- GARCÍA LÓPEZ, M. Á. Quince años de suburbanización en la Barcelona metropolitana, ¿se está dispersando la población? *Investigaciones Económicas*, XXXII(1): 53-86, 2008.
- GUAN, D. et al. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222(20-22): 3761-3772, 2011.
- HASS, J. y BAN, Y. Urban growth and environmental impacts in Jing-Jin-Ji, the Yangtze, River Delta and the Pearl River Delta. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 30(2014): 42-55, 2014.
- HONG, Z. et al. Analysis of Land Use Dynamic Change and Its Impact on the Water Environment in Yunnan Plateau Lake Area-A Case Study of the Dianchi Lake Drainage Area. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 2709-2717, 2011.
- MAS, J. F. et al. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental*, 1(1): 23-39, 2009.
- MAS, J. F. y FLAMENCO SANDOVAL, A. Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *Geotrópico*, 5(1): 1-24, 2011.
- MONTOSA MUÑOZ, J. y CORPAS ALBA, J. Las transformaciones sociales y físicas por suburbanización: el caso del rincón de la victoria (Málaga). *Geographicalia*, 46, 21-33, 2005.
- MORENO PÉREZ, S. *Los resultados de los fondos metropolitanos de México*. Documento de Trabajo, núm. 87. D. F., México: Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública de la Cámara de Diputados, 2010.
- NEGRETE, M. E. y SALAZAR, H. Zonas metropolitanas en México, 1980. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 1(1): 97-124, 1986.
- PINEDO ÁLVAREZ, A. *Modelación de atributos de bosques templados con Landsat TM y SPOT HRV e índice de sitio como indicador de productividad*. Tesis de Doctorado. México: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2008.

- PUYRAVAUD, J. P. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177(1-3): 593-596, 2003.
- “ SETO, K. C. et al. Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing*, 23(10): 1985-2004, 2002.
- VITOUSEK, P. M. et al. Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*, 277(5325): 494-499, 1997.
- YANG, X. et al. A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata. *Ecological Modelling*, 233, 11-19, 2012.

De páginas electrónicas

- CONAPO (CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN). *Índice de marginación urbana 2010*. 2010. Recuperado en marzo de 2015, de http://www.coespo.yucatan.gob.mx/general/urbana_01_AGEB.pdf
- CONAPO (CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN) . *Metodología de estimación del índice de marginación urbana 2000*. Anexo B. 2000. Recuperado en marzo de 2015, de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/Migra2/margina_urb/AnexoB.pdf
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). *Anuario de estadísticas por entidad federativa 2010*. 2010. Recuperado en marzo de 2015, de http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2010/Aepef2010.pdf

Certificados ambientales por estrato de empresas en las regiones de México

Environmental certification by size of firms in regions of Mexico

Roberto González Acolt^{1*}, Manuel Díaz Flores¹, Felipe de Jesús Salvador Leal Medina²

González Acolt, R., Díaz Flores, M., Leal Medina, F. J. S. Certificados ambientales por estrato de empresas en las regiones de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 46-53, enero-abril 2016.

RESUMEN

El objetivo del trabajo es comprender la dinámica de los certificados ambientales por tamaño de empresa —micro, pequeña, mediana y grande— en el contexto de las regiones de México. Los resultados confirman que las grandes y medianas empresas en promedio son las que tienen una participación importante en la certificación ambiental. La región 5, donde aparecen los estados de Nuevo León y Coahuila, está por arriba de las otras regiones en cuanto al número de empresas promedio con certificado ambiental, además en esta región la empresa grande y mediana es la que tiene la mayor incidencia en este tipo de certificación. Se sugiere que debido a los costos de la auditoría ambiental, las compañías grandes con suficientes recursos monetarios tienen más facilidad de aplicar este programa; en contraste las empresas pequeñas, que con insuficientes recursos económicos presentan más dificultades en adoptar este esquema ambiental.

ABSTRACT

The objective of this paper is to understand the dynamics of environmental certificates by micro,

small, medium and big firms in the context of the regions of Mexico. The results confirm that the big and medium firms on average are those with a major stake in environmental certification. The region 5, where the states of Nuevo León and Coahuila appear, on average, is above the other regions in the number of firms with environmental certificates. Also in this region the big and medium firm is one that has the highest incidence in this type of certification. It is suggested that due to the costs of environmental auditing, big firms with sufficient monetary resources, can implement this program with few problems; in contrast the small firms, with insufficient economic resources, have more problems to adopt this environmental scheme.

INTRODUCCIÓN

En 1992 se estableció el Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA), dirigido a las empresas que por su localización, tamaño, rasgos y alcances pueden originar daños al ambiente o no cumplir las disposiciones señaladas en aspectos de protección, prevención y restauración del ambiente. El principal objetivo del PNAA es fomentar la auditoría ambiental, la cual se define como un

Palabras clave: auditorías ambientales, certificación ambiental, regiones, empresas.

Keywords: environmental audits, environmental certification, regions, firms.

Recibido: 5 de agosto de 2014, aceptado: 12 de junio de 2015

¹ Departamento de Economía, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

² Departamento de Administración Financiera, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

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

Examen metodológico de los procesos de una empresa respecto de la contaminación y el riesgo ambiental, el cumplimiento de la normatividad aplicable, de los parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería, inclusive de procesos de Autorregulación para determinar su Desempeño Ambiental con base en los requerimientos establecidos en los Términos de Referencia, y en su caso, las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger al ambiente (SEGOB, 2010:13).

En el caso de que la empresa cubra satisfactoriamente el informe de la auditoría ambiental —que contiene el dictamen y los resultados—, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) le otorga un certificado con vigencia de dos años (SEGOB, 2010). En los inicios del programa, estos certificados solo se entregaban a las industrias; posteriormente, el programa se amplió a otros sectores como el comercio, servicios, instalaciones turísticas y municipios. Dadas estas diversas actividades productivas los certificados que emite la PROFEPA son de tres tipos: a) Certificado de Industria Limpia: para instalaciones y actividades del sector industrial; b) Certificado de Calidad Ambiental Turística: para instalaciones y actividades del sector turístico; c) Certificado de Calidad Ambiental: para instalaciones y actividades no comprendidas en los dos apartados anteriores (PROFEPA, 2014).

Cabe mencionar que los costos que acarrea la auditoría son cubiertos por la empresa, por lo cual debe cubrir el pago del auditor ambiental y de los que se desprenden de la ejecución del plan de acción —documento que incluye las medidas preventivas y correctivas, además de los tiempos para su cumplimiento— y del mantenimiento del desempeño ambiental. De hecho, una de las desventajas de este programa es el costo elevado que implica su adopción por las empresas.

Algunos estudios sobre la evolución de este programa demuestran que sus resultados no han sido tan significativos. Blackman et al. (2010) buscan explicar los factores que motivan a las empresas a elegir las auditorías ambientales, además de determinar si al mismo tiempo estas unidades económicas han mejorado su desempeño ambiental; los autores encuentran que las compañías que habían sido multadas por la autoridad ambiental tenían una alta probabilidad de adherirse a este esquema voluntario; sin embargo, las empresas una vez certificadas no tenían una tasa de multas ambientales más baja que las empresas no participantes en este programa. Lo anterior sugiere que aunque el programa de auditorías ambientales atrajo empresas contaminantes amenazadas —vía multas— por la regulación, el resultado no implicó un impacto positivo en su desempeño ambiental.

Medina Ross (2008) entrevistó a 17 empresas químicas de las cuales, aproximadamente, 59% manifestó que no habían adoptado ninguna

auditoría ambiental, dos empresas (12%) expresaron que estaban en proceso de certificación, y solo 29% cuenta con el certificado de industria limpia. Se esperaría una mayor participación de esta industria en el programa dado que está clasificada como una de las más contaminantes (Romo Murilo et al., 2005). En contraste con los dos casos anteriores, Álvarez Larrauri y Fogel (2008) establecen que el PNAA ha tenido éxito, dado que aumentó la inversión de las empresas para contrarrestar la contaminación que generan, limitó los riesgos ambientales y poblacionales y motivó a los trabajadores a participar en la reducción de la contaminación.

Una de las ventajas de las empresas que son favorecidas con el certificado ambiental de la PROFEPA, de acuerdo con Foster y Gutiérrez (2010) y Blackman et al. (2010), es que son exceptuadas de cualquier inspección gubernamental durante los 2 años que dura la certificación; esta etapa de excepción se puede prolongar para ciertas empresas que consiguen recertificarse durante más periodos. Por otra parte, la auditoría ambiental puede reducir los costos de inspección al revelar a la autoridad ambiental información acerca de las empresas participantes y no participantes en el programa. La PROFEPA puede establecer una tasa de inspección alta a las empresas no participantes en el programa a bajo costo cuando existe un elevado porcentaje de compañías certificadas, lo que obliga a las firmas no participantes a reducir sus niveles de contaminación (Foster y Gutiérrez, s.f.)

Dentro de los estudios revisados no se encontró un análisis sobre las características de las firmas certificadas por su tamaño a nivel estatal o regional, por lo cual el objetivo de este trabajo es comprender la dinámica de los certificados otorgados por la PROFEPA según el tamaño de las empresas —micro, pequeña, mediana y grande— en el contexto de las regiones del país. Las hipótesis a comprobar son las siguientes:

Hipótesis 1. La mediana y gran empresa tienen una presencia significativa en la cantidad de firmas con certificado ambiental en las entidades federativas del país.

Hipótesis 2. El número de compañías certificadas ambientalmente se concentra en regiones con estados económicamente fuertes.

Hipótesis 3. Se observa una presencia relevante de la mediana y gran empresa con certificado ambiental en las regiones económicamente importantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el trabajo solo se tomaron en cuenta las empresas certificadas ambientalmente de la actividad industrial, comercial y de servicios registradas en 2013 y se excluyó a los municipios, además se utilizó de forma general el nombre de certificado ambiental (CA) sin hacer distinción de los tres tipos de certificados concedidos por la PROFEPA.

La obtención de empresas por entidad federativa con CA por tamaño de empresa se derivó mediante el cruce de información de dos fuentes de datos: la primera provino del sitio web de empresas con certificado vigente por entidad federativa (PROFEPA, 2013), la segunda vino del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas —DENUE— (INEGI, 2013), que contiene el registro de una serie de información —identificación, ubicación, sector, número de empleados, etcétera— de las empresas en los estados. El trabajo consistió en buscar información sobre sector económico y número de empleados de la empresa con CA otorgado por la PROFEPA en el DENUE. Bajo el criterio de clasificación de micro, pequeña y mediana empresa por rango de número de trabajadores de la Secretaría de Economía —ver Tabla 1— (SE, 2011), agrupamos a las empresas con CA por tamaño y estado.

Los datos elaborados se usaron, en un primer momento, para estudiar cómo se encuentran distribuidos los CA concedidos por la PROFEPA según el tamaño de las empresas, para ello se planteó el siguiente modelo de regresión:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + u_i \quad (1)$$

Donde Y_i es el número de empresas certificadas por tamaño en las entidades federativas; x_{1i} es una variable dicotómica que registra el valor de 1 cuando la empresa certificada en la entidad es microempresa, y 0 en los casos restantes; x_{2i} es una variable binaria con valor de 1 cuando la empresa certificada en el estado es pequeña empresa, y 0 en los demás casos; x_{3i} es una variable ficticia igual a 1 si la empresa con CA en la entidad federativa es mediana, y 0 en el resto de los casos.

Por su parte, β_0 , β_1 , β_2 y β_3 son los parámetros poblacionales y u_i es un término de error aleatorio. Obsérvese que no se incluyeron en el modelo las firmas grandes para evitar caer en la colinealidad perfecta, además en la regresión estas compañías representan el grupo de comparación, expresado en el parámetro β_0 .

Posteriormente, en una segunda parte del trabajo se relacionaron los CA totales por entidad federativa con las regiones del país, ello basado en la clasificación de cinco regiones hechas en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 (*Diario Oficial de la Federación*), pues se consideró adecuada esta orde-

Tabla 1. Estratificación de la micro, pequeña y mediana empresa

Tamaño	Sector	Rango de número de trabajadores	Rango de monto de ventas (anuales mdp)	Tope máximo (combinado)*
Micro	Todas	Hasta 10	Hasta \$4	4.6
Pequeña	Comercio	Desde 11 hasta 30	Desde \$4.01 hasta \$100	93
	Industria y Servicios	Desde 11 hasta 50	Desde \$4.01 hasta \$100	95
Mediana	Comercio	Desde 31 hasta 100	Desde \$100.01 hasta \$250	235
	Servicios	Desde 51 hasta 100		
	Industria	Desde 51 hasta 250	Desde \$100.01 hasta \$250	250

* Tope máximo combinado= (Trabajadores) X 100 + (Ventas anuales) X 90%. Fuente: SE (2011).

nación dado que no difiere en gran medida de otras clasificaciones existentes en la actualidad, además de que esta distribución regional ha sido empleada en diferentes estudios (INEGI, 2011). Las entidades federativas quedaron agrupadas de la siguiente forma:

1) Región Centro-Occidente (R1): Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán de Ocampo, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas; 2) Región Centro (R2): Distrito Federal, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Querétaro y Tlaxcala; 3) Región Sur-Sureste (R3): Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz de Ignacio de la Llave y Yucatán; 4) Región Noroeste (R4): Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora; 5) Región Noreste (R5): Coahuila de Zaragoza, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Tamaulipas.

El modelo para analizar la relación propuesta líneas arriba es la siguiente:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 R1_i + \beta_2 R2_i + \beta_3 R3_i + \beta_4 R4_i + u_i \quad (2)$$

Donde Y_i es el número de empresas certificadas por entidad federativa; $R1_i$ es una variable ficticia que registra el valor de 1 para el total de las empresas certificadas localizadas en los estados de la región 1, y 0 para los estados que no se encuentran en esta; $R2_i$ es igual a 1 en caso del número total empresas certificadas de los estados de la región 2, y 0 para los demás casos. $R3_i$ es una variable dicotómica con valor de 1 para la cantidad total de empresas certificadas de los estados comprendidos en la región 3, y 0 en los casos restantes; $R4_i$ es una variable ficticia igual a 1 para el total de empresas con CA ubicadas en los estados de la región 4, y 0 en las situaciones restantes.

Una vez más, los parámetros poblacionales están representados por β_0 , β_1 , β_2 y β_3 , y u_i es el término de error. Las empresas totales con CA de la región 5 constituyen el grupo de comparación y está expresado en el parámetro poblacional β_0 .

Por último, se analiza en qué regiones del país la mediana y gran empresa muestran relevancia en cuanto a la mayoría de certificados otorgados, para el caso de las grandes compañías se estimó la siguiente ecuación:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 R1_i * x_{4i} + \beta_2 R2_i * x_{4i} + \beta_3 R3_i * x_{4i} + \beta_4 R4_i * x_{4i} + \beta_5 R5_i * x_{4i} + u_i \quad (3)$$

Y_i es la cantidad de empresas certificadas por tamaño en las entidades federativas; $R1_i * x_{4i}$ es un término de interacción igual a 1 que expresa el número de empresas grandes con CA ubicadas en la región 1, y 0 cuando no sucede así; $R2_i * x_{4i}$ es la interacción con valor de 1 cuando existe una relación entre la región 2 y la cantidad de empresas grandes certificadas por la PROFEPA, y 0 en los casos restantes; $R3_i * x_{4i}$ es una variable de interacción igual a 1 en caso de concordancia entre la región 3 y el monto de grandes empresas con CA, y 0 para el resto de las situaciones; $R4_i * x_{4i}$ es una variable que toma el valor 1 cuando las empresas grandes certificadas ambientalmente se localizan en la región 4, y 0 para el resto de los casos; $R5_i * x_{4i}$ es una variable igual a 1 cuando las empresas grandes con CA se sitúan en la región 5, y 0 cuando no se ubican en ella.

Los parámetros del modelo están representadas por las betas (β_0 , β_1 , β_2 , β_3 , β_4 y β_5), y el término de error por u_i . De manera similar para el caso de las medianas empresas (x_{3i}), se tiene:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 R1_i * x_{3i} + \beta_2 R2_i * x_{3i} + \beta_3 R3_i * x_{3i} + \beta_4 R4_i * x_{3i} + \beta_5 R5_i * x_{3i} + u_i \quad (4)$$

RESULTADOS

Los resultados de la estimación econométrica de la ecuación 1 aparecen en la Tabla 2. Los signos negativos de los coeficientes, ligados a las variables independientes, indican que en comparación con las grandes empresas (grupo base, β_0) el número de empresas con CA por entidad federativa es más bajo en las micro, pequeñas y medianas compañías; sin embargo, nótese que esta magnitud es mayor con respecto a la micro y pequeña empresa. Además, esta diferencia estadísticamente es significativa a un nivel de 5% con estos dos estratos de empresas y no así con las medianas empresas. Este resultado sugiere que en las entidades federativas del país son las grandes empresas —junto con las medianas— las que más peso tienen en la certificación mediante las auditorías ambientales de la PROFEPA, por lo que la hipótesis 1 para estos dos grupos de empresas es comprobada.

Por otro lado, la Tabla 3 contiene datos de la regresión de la ecuación 2; con base en los resultados de esa estimación se tiene que la región de comparación 5 (β_0) está por arriba de las otras regiones en cuanto al número de empresas promedio certificadas por la PROFEPA, tal y como lo señalan los sig-

Tabla 2. Resultados de estimación de la ecuación 1

Variable dependiente:	Número de empresas con certificado ambiental por tamaño en las entidades federativas	
Variables independientes:	$x_{1i} = 1$ si la empresa certificada en el estado es microempresa	coeficiente= -6.62 $t_{student} = -3.25$
	$x_{2i} = 1$ si la empresa certificada en el estado es pequeña empresa	coeficiente= -5.09 $t_{student} = -2.50$
	$x_{3i} = 1$ si la empresa certificada en el estado es mediana empresa	coeficiente= -2.25 $t_{student} = -1.10$
Intercepto:	β_0 estimado, representa a las grandes empresas que es el grupo base o de comparación	coeficiente= 13.16 $t_{student} = 9.15$
Observaciones:	128	

Tabla 3. Resultados de estimación de la ecuación 2

Variable dependiente:	Número de empresas certificadas por entidad federativa	
Variables independientes:	$R1_i = 1$ si el total de empresas certificadas se localizan en los estados de la región 1	coeficiente= -35.59 $t_{student} = -2.59$
	$R2_i = 1$ si la cantidad total de empresas certificadas están en los estados de la región 2	coeficiente= -17.00 $t_{student} = -1.16$
	$R3_i = 1$ si el número total de empresas con CA se ubican en la región 3	coeficiente= -38.8 $t_{student} = -2.90$
	$R4_i = 1$ si las empresas totales con CA pertenecen a la región 4	coeficiente= -18.75 $t_{student} = -1.16$
Intercepto:	β_0 estimado, representa la región 5 que es el grupo base o de comparación	coeficiente= 64.00 $t_{student} = 5.95$
Observaciones:	32	

nos negativos de los coeficientes de la pendiente. Estadísticamente la diferencia es significativa al 5% para el caso de las regiones 1 y 3, mientras que para las regiones 2 y 4 la diferencia no es significativa; esta situación verifica la hipótesis 2, debido a que se prueba que es mayor el número de empresas certificadas ambientalmente en regiones con un fuerte dinamismo económico, como es el caso de las regiones 5 — con Nuevo León y Coahuila a la cabeza³—, 2 — con Distrito Federal y Estado de México al frente⁴— y 4 — con Baja California y Sonora en los primeros lugares de la zona—. Una vez más la hipótesis 2 es probada.

El siguiente paso del análisis consistió en conocer en qué regiones es mayor la presencia de las empre-

sas grandes y medianas con CA, para ello se estimó la ecuación 3; relacionada con las empresas grandes, la Tabla 4 muestra los datos de dicha estimación, los coeficientes estimados β_2 y β_5 son estadísticamente significativos al nivel de 5%, lo que implica que es en las regiones 2 y 5 donde la gran empresa con CA tiene una gran relevancia. Si se observan más detenidamente la magnitud y la significancia estadística de estos coeficientes, es la región 5 la que presenta en promedio un mayor número de empresas grandes certificadas.

Para analizar la presencia regional de la mediana empresa se estimó la ecuación 4, los resultados se muestran en la Tabla 5; exceptuando el intercepto β_0 , el coeficiente β_5 es el de mayor magnitud y estadísticamente significativo al 5%; lo que sugiere que en la región 5 la mediana empresa tiene una participación significativa dentro del grupo de empresas con CA en esa zona. El coeficiente β_2 es el del siguiente orden; sin embargo, su significancia estadística es de 20%,

³ Estos dos estados ocuparon en 2012 el segundo (Nuevo León) y tercero (Coahuila) en la aportación nacional del PIB manufacturero a precios constantes (INEGI, 2014).

⁴ El Estado de México fue en 2012 la primera entidad en tener la mayor aportación al PIB manufacturero nacional a precios constantes, el Distrito Federal ocupó el cuarto lugar (INEGI, 2014).

Tabla 4. Resultados de estimación de la ecuación 3

Variable dependiente:	Número de empresas con certificado ambiental por tamaño en las entidades federativas	
Variables independientes:	$R1_i * x_{4i} = 1$ si el número de empresas grandes con CA están ubicadas en la región 1	coeficiente= 1.25 <i>t student</i> = 0.45
	$R2_i * x_{4i} = 1$ si la cantidad de empresas grandes certificadas se sitúan en la región 2	coeficiente= 8.33 <i>t student</i> = 2.64
	$R3_i * x_{4i} = 1$ si el monto de empresas grandes con CA están en la región 3	coeficiente= -2.83 <i>t student</i> = -1.08
	$R4_i * x_{4i} = 1$ si el número de grandes empresas certificadas se localizan en la región 4	coeficiente= 5.25 <i>t student</i> = 1.37
	$R5_i * x_{4i} = 1$ si las grandes empresas con CA se ubican en la región 5	coeficiente= 18.70 <i>t student</i> = 5.44
Intercepto:	β_0 estimado	coeficiente= 8.50 <i>t student</i> = 11.11
Observaciones:	128	

Tabla 5. Resultados de estimación de la ecuación 4

Variable dependiente:	Número de empresas con certificado ambiental por tamaño en las entidades federativas	
Variables independientes:	$R1_i * x_{3i} = 1$ si el número de empresas medianas con CA están ubicadas en la región 1	coeficiente= -1.62 <i>t student</i> = -0.53
	$R2_i * x_{3i} = 1$ si la cantidad de empresas medianas certificadas se sitúan en la región 2	coeficiente= 4.75 <i>t student</i> = 1.35
	$R3_i * x_{3i} = 1$ si el monto de empresas con CA están en la región 3	coeficiente= -2.25 <i>t student</i> = -0.77
	$R4_i * x_{3i} = 1$ si el número de empresas medianas certificadas se localizan en la región 4	coeficiente= 4.50 <i>t student</i> = 1.05
	$R5_i * x_{3i} = 1$ si las medianas empresas con CA se ubican en la región 5	coeficiente= 7.9 <i>t student</i> = 2.08
Intercepto:	β_0 estimado	coeficiente= 9.25 <i>t student</i> = 10.88
Observaciones:	128	

por lo que se podría decir que existe cierta evidencia estadística de presencia importante de las empresas medianas certificadas ambientalmente en la región 2. Los resultados de las dos últimas regresiones apoyan la hipótesis 3 que se propuso en el sentido de que es mayor la presencia de la gran y mediana empresa en las regiones de mayor dinamismo económico.

DISCUSIÓN

Ahora bien, qué factores pueden explicar que sea mayor la certificación ambiental en las grandes y medianas empresas en las entidades federativas, Montiel y Husted (2009) demuestran que en México las grandes empresas agrupadas en pequeñas aso-

ciaciones industriales —en contraste con los pequeños negocios, aglutinados en grandes cámaras industriales— cuentan con más recursos económicos, intelectuales y políticos para realizar actividades ligadas al emprendedurismo institucional como es la adopción de auditorías ambientales. Asimismo, agregan que las empresas que operan en los mercados externos (exportadoras o importadoras) tienen una vocación institucional que las conduce a la aplicación de esquemas voluntarios ambientales como es el caso de la auditoría ambiental, así por ejemplo, no es extraño que dentro de las empresas con CA aparezcan empresas grandes y con vocación exportadora, ubicadas en ramas como la automotriz (Nissan en Aguascalientes, Volkswagen en Puebla o General

Tabla 6. Número de empresas manufactureras con CA por regiones

Tamaño de empresa	Centro Occidente	Centro	Noreste	Noroeste	Sur-Sureste
Grande	86	74	63	77	17
Mediana	43	55	33	32	9
Pequeña	11	26	10	4	3
Micro	14	23	11	4	6

Motors en Coahuila), de ensamble de televisores (Pims Mitsubishi en Baja California) o de la aeronáutica (Turborreactores, S. A. de C. V. en Querétaro).

Otros factores que explican la participación de las empresas en los esquemas voluntarios ambientales, como la auditoría ambiental, son la imagen y el mejoramiento del desempeño ambiental de la empresa; por ejemplo, Medina Ross (2008) —en un estudio de casos— entrevistó a las firmas químicas Dow Agrosiences de México (Mediana empresa, planta Tlaxcala) y Clariant Productos Químicos de México (Gran empresa, planta Ecatepec), la primera empresa expresó que el certificado de industria limpia es importante para el mejoramiento de su imagen ante la sociedad y el gobierno, mientras que las dos compañías manifestaron que las iniciativas voluntarias contribuyen a que sus empresas tengan un desempeño ambiental favorable.

Las desigualdades regionales en México con entidades federativas ricas, ubicadas en el norte y centro del país, donde las actividades productivas relevantes están ligadas al sector manufacturero exportador y que contrasta con los estados relativamente pobres —localizados en el sur—, con baja participación en el ingreso nacional, también se ven expresadas en las regiones que cuentan con el mayor número de empresas con CA, como es el caso de las regiones norte y centro. La Tabla 6 muestra la enorme disparidad que existe entre la región sur-sureste y las demás regiones del país con respecto al monto de empresas manufactureras con CA. Obsérvese que la mayor diferencia se encuentra en el tamaño de la grande y mediana empresa.

CONCLUSIONES

Se demostró que son las empresas grandes y medianas las que en mayor número se certifican mediante la aplicación y aprobación de las auditorías ambientales

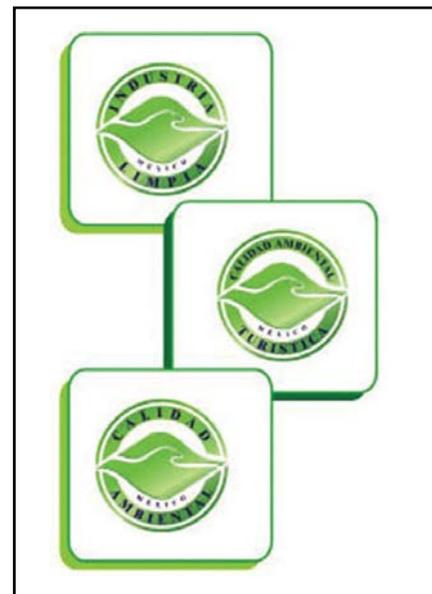


Figura 1. Las grandes y medianas empresas en promedio son las que tienen una participación importante en la certificación ambiental. Imagen tomada de <http://www.batec.com.mx/auditoriaAmbiental.html>

en las entidades federativas de México; sin embargo, su presencia es de mayor peso en regiones integradas por estados con un elevado dinamismo económico, principalmente en el noreste —Coahuila de Zaragoza, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Tamaulipas—, seguido por la zona centro —Distrito Federal, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Querétaro y Tlaxcala—. Por tanto, una línea de investigación a futuro consiste en profundizar qué tanto influyen las características de las regiones en la facilidad o dificultad para que las empresas adopten las auditorías ambientales.

Razones como una buena imagen ante la sociedad, mejoramiento en el desempeño ambiental, competencia, lineamientos de la compañía matriz, aspectos económicos, prevenir futuras regulaciones ambientales, entre otras, explican la participación

de la gran y mediana empresa en las iniciativas voluntarias ambientales, particularmente en el PNAA.

Las disparidades regionales en México también se observan por el número de empresas con certificación ambiental de la PROFEPA en las zonas del país, la región centro-norte con su pujanza económica basada en sectores productivos dinámicos y exportadores concentra la mayor cantidad de firmas con CA. En contraste, la región sur, relativamente pobre, agrupa un reducido número de empresas con CA.

Por otra parte, se sugiere que los costos en que incurre la empresa al cubrir todas las fases del proceso de auditoría ambiental es una de las razones prin-

cipales que explica la poca participación de la micro y pequeña empresa, en contraste con la mediana y grande, en este tipo de esquemas voluntarios. De ahí que uno de los retos del PNAA sea el de facilitar el acceso a este tipo de empresas a las auditorías ambientales.

Una línea futura de investigación consistiría en evaluar los probables beneficios ambientales, económicos y sociales —según la PROFEPA— que consiguen las empresas que adoptan auditorías ambientales, para ello se tendría que recabar y generar información sobre las emisiones generadas y el desempeño de la gestión ambiental de las empresas, así como de su entorno económico y social.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, R. y FOGEL, I. Environmental audits as a policy of state: 10 years of experience in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 16(1): 66-74, 2008.
- BLACKMAN, A. et al. *Voluntary environmental regulation in developing countries: Mexico's clean industry program. Resources for the future*. Discussion paper 07-36. Washington, DC, US, 2010.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). *Directorio estadístico nacional de unidades económicas* [archivo de datos]. Aguascalientes, México: INEGI, 2013.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). *Micro, pequeña, mediana y gran empresa: Estratificación de los establecimientos: Censos económicos 2009*. México: Autor, 172 pp., 2011.
- MEDINA ROSS, V. La gestión ambiental voluntaria en el sector químico en México. En R. O. Jenkins y A. M. García (Eds.), *Ambiente e industria en México: tendencias, regulación y comportamiento empresarial* (197-246). México: El Colegio de México, 2008.
- MONTIEL, I. y HUSTED, B. W. The adoption of voluntary environmental management programs in Mexico: first movers as institutional entrepreneurs. *Journal of Business Ethics*, 88(2): 349-363, 2009.
- ROMO MURILLO, D. et al. *Industria y medio ambiente en México. Hacia un nuevo paradigma para el control de la contaminación*. México: H. Cámara de Diputados-LIX Legislatura-Instituto Tecnológico Autónomo de México-Miguel Ángel Porrúa. 272 pp., 2005.
- FOSTER, A. y GUTIÉRREZ, E. *Do voluntary pollution reduction programs help reduce pollution levels? Evidence from the Mexican Clean Industry Program*. 2010. Recuperado el 14 de julio de 2014, de <http://www.economics.illinois.edu/docs/seminars/Do-Voluntary-Pollution-Reduction-Programs-Help-Reduce-Pollution-Levels.pdf>
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). *Banco de Información Económica* [banco de datos]. Recuperado el 6 de mayo 2014, de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- PROFEPA (PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE). *Empresas con certificado vigente* [base de datos]. Última actualización 2013. Recuperado el 8 de mayo de 2014, de http://www.profepa.gob.mx/profepa/listado_ecerificadas.jsp
- PROFEPA (PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE). *Programa nacional de auditoría ambiental*. Última actualización jueves 24 de julio de 2014. Recuperado el 28 de julio de 2014, de http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/26/1/mx/programa_nacional_de_auditoria_ambiental.html
- SE (SECRETARÍA DE ECONOMÍA). Acuerdo mediante el cual se dan a conocer las reglas de operación del fondo de apoyo para la micro, pequeña y mediana empresa (fondo PyME) para el ejercicio fiscal 2012. *Diario Oficial de la Federación*, 23 de diciembre de 2011. Recuperado el 2 de mayo de 2014, de http://www.fondopyme.gob.mx/2012/pdfs/RO_FPME_2012_DOE_23122011.pdf
- SEGOB (SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN). Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales. *Diario Oficial de la Federación*, 29 de abril de 2010. Recuperado el 29 de abril de 2014, de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5141082&fecha=29/04/2010

De páginas electrónicas

- FOSTER, A. y GUTIÉRREZ, E. *Do voluntary pollution reduction programs help reduce pollution levels? Evidence from the*

Formación en competencias digitales para asesores y apoyos técnicos de las plazas comunitarias e-México. El caso Aguascalientes

Digital competences training for advisors and technical consultants at e-Mexico community centers. Aguascalientes, a case study

Norma Isabel Medina Mayagoitia^{1*}, María Rebeca Padilla de la Torre¹

Medina Mayagoitia, N. I., Padilla de la Torre, M. R. Formación en competencias digitales para asesores y apoyos técnicos de las plazas comunitarias e-México. El caso Aguascalientes. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 54-61, enero-abril 2016.

RESUMEN

El presente artículo presenta resultados parciales de un estudio que tuvo como objetivo elaborar un diagnóstico de los procesos de alfabetización tecnológica en plazas comunitarias del centro-occidente de México. En particular, se analizan las competencias digitales de asesores y apoyos técnicos, llamados figuras solidarias, quienes atienden a población con rezago educativo en plazas de Aguascalientes. La metodología de investigación fue mixta, por medio de encuestas y entrevistas colectivas. El estudio aporta conocimiento sobre estas figuras solidarias menos estudiadas en comparación con los usuarios y los hallazgos muestran que es indispensable consolidar primero

Palabras clave: comunicación educativa, alfabetización tecnológica, formación en TIC, competencias digitales, rezago educativo, plazas comunitarias.

Keywords: educative communication, technological literacy, ICT training, digital competences, educative backwardness, community centers.

Recibido: 4 de julio de 2014, aceptado: 10 de noviembre de 2015

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

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

² Se utiliza el término tecnología(s) para referirnos a las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), es decir, al grupo de tecnologías II o modernas, de acuerdo a la clasificación de Tully (2003), en el que se encuentran las computadoras, medios, aplicaciones, servicios y programas telemáticos que permiten la transferencia de información y posibilitan la comunicación entre personas con equipos interconectados.

³ El Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (INEA), organismo coordinador de las plazas comunitarias, define alfabetización tecnológica como un proceso para aprender a usar y aprovechar herramientas básicas de las TIC y su aplicación en la vida diaria y el trabajo (SEP, 2012). En la investigación realizada, se conceptualiza de manera más amplia, considerando que no se limita al manejo instrumental de las TIC sino a su apropiación para la inclusión social.

sus competencias digitales para fortalecer su tarea. Además, los resultados permitieron fundamentar y desarrollar una propuesta de formación para una investigación posterior.

ABSTRACT

This paper presents the partial results of a research that aimed to elaborate a diagnosis of the technological literacy process carried out by community centers of the Mexican west central region. Particularly, it analyses digital competences among advisors and technical consultants, named solidarity figures, who attend people with educative backwardness in Aguascalientes. The methodology employed was mixed, using survey and collective interviews. The study contributes to understanding these solidarity figures who are less studied than users, and findings show that it is essential to consolidate their digital skills training to strengthen their task. Also, these results made it possible to support and develop a training proposal as an object of study for a following research.

INTRODUCCIÓN

A partir de 2001 las funciones de las plazas comunitarias e-México se han enfocado en combatir el rezago educativo de personas de 15 años y más que carecen de educación básica completa. Inicialmente, este proyecto nacional tenía además el objetivo de promover el acceso a las tecnologías² entre la población marginada para reducir la brecha digital, por tanto, la alfabetización tecnológica³ era un eje central. Después de más de una década de estar operando, los estudios sobre dichas plazas revelan dificultades para llevar a cabo esta tarea

(Salinas Amescua et al., 2002; Salinas Amescua et al., 2006; Pérez Salazar y Carabaza González, 2011), ya que la alfabetización tecnológica depende en gran medida de las competencias digitales de asesores y apoyos técnicos, a quienes se les denomina figuras solidarias⁴.

El presente artículo tiene como objetivo presentar los resultados del análisis de dichas competencias y forman parte de un estudio más amplio, cuyos propósitos fueron identificar las condiciones de la alfabetización tecnológica en estas plazas y hacer una propuesta de formación para estas figuras solidarias.

La Comisión de la Unión Europea (2005) precisa que la competencia digital involucra no solo el uso seguro y confiado, sino crítico de la tecnología de la Sociedad de la Información en actividades laborales, de esparcimiento y comunicativas a nivel personal y social. Implica una comprensión y conocimiento profundos de la naturaleza, papel y oportunidades de las TIC en diversos contextos para buscar, seleccionar, evaluar, elaborar e intercambiar información en redes de colaboración.

La UNESCO (2008), por su parte, difundió un conjunto de estándares de competencias en TIC con el propósito de ofrecer orientaciones puntuales para docentes y sobre todo, para planear programas de formación correspondiente. La aplicación de estos estándares de la UNESCO se extiende a otros contextos educativos más allá de la enseñanza básica reglamentada, así que se han aplicado en otras modalidades educativas, entre ellas la educación no formal en la que se desenvuelven asesores y apoyos técnicos de las plazas comunitarias, que en Aguascalientes son coordinadas por el Instituto para la Educación de Jóvenes y Adultos del Estado de Aguascalientes (INEPJA)⁵.

Los organismos internacionales antes mencionados han propuesto estándares para la preparación en competencias digitales, esenciales para que los profesores y otros agentes educativos capaciten tecnológicamente a los estudiantes y se han agrupado en los siguientes tres ejes:

- Nociones básicas en TIC. Comprende una serie de competencias elementales a través de las cuales los profesores identifican e integran medios tecnológicos en las asignaturas del plan de estudios y con apoyo de métodos didácticos para diseñar diversas actividades de clase.
- Profundización del conocimiento. Se refiere a tener las competencias para avanzar en el uso de metodologías y TIC más sofisticadas —entre ellas herramientas no lineales— que les permitan gestionar información, orientar en la resolución de problemas y promover el intercambio con especialistas en la red.
- Generación del conocimiento. Constituye el grupo más complejo, ya que significa poner en juego competencias elevadas para ser capaces de producir información y materiales propios, así como impulsar la creación de productos por parte de los estudiantes para contribuir en la generación de conocimiento.

El avance progresivo en estos ejes de competencias requiere una formación específica que lleve al dominio y apropiación de las TIC. De acuerdo a Crovi (2012), la apropiación implica incorporar creativamente la tecnología en la cotidianidad, tener un acceso continuo y una práctica permanente y vinculada a los ámbitos personales, de trabajo y profesionales. Hoy día se habla incluso de capital tecnológico como una especie del capital cultural de todo individuo que puede marcar la diferencia en el conjunto de saberes sobre las TIC para un mejor desempeño en distintos campos sociales (Ramírez Martinell y Casillas Alvarado, 2014).

Por otra parte y con el fin de capacitar a los estudiantes en la utilización de TIC, es importante que los agentes educativos reconozcan brechas generacionales y sigan estándares recomendados para aprovechar la tecnología en experiencias de aprendizaje a sus alumnos, en su propio desarrollo profesional y dar testimonio de responsabilidad de ciudadanía digital (UNESCO, 2004; ISTE, 2008).

La formación de carácter meramente instrumental de la tecnología, desvinculada del ámbito educativo y con una escasa periodicidad, corre el riesgo de ser poco significativa para los profesores, no estimula la apropiación de las TIC y lo más preocupante, no les brinda las competencias suficientes y necesarias para llevar a cabo procesos

⁴ Se consideran figuras solidarias debido a que colaboran voluntariamente a cambio de retribuciones económicas simbólicas que no representan un contrato ni un salario como trabajadores.

⁵ Organismo público del sector educativo, descentralizado del gobierno del estado y creado en 1999 para disminuir el rezago educativo en Aguascalientes, México.

de alfabetización tecnológica dirigidos a los alumnos. Estudiosos del tema coinciden en destacar los siguientes principios en sus propuestas y modelos para la formación del profesorado en TIC (Area Moreira et al., 2008; Bosco, 2008; De Pablos Pons et al., 2010):

- Integrar aspectos pedagógicos y curriculares, no solo la atención a cuestiones tecnológicas.
- Avanzar en la alfabetización tecnológica para la inclusión social de las personas como ciudadanos y no solo como usuarios y consumidores de las TIC.
- Orientar la formación a las dimensiones cognitiva, actitudinal y política para dialogar y reflexionar en torno a las tecnologías.
- Promover la confrontación, producción, colaboración y creación de comunidades de aprendizaje entre profesores y alumnos a través de las TIC.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología del estudio fue mixta, inicialmente con un enfoque cuantitativo y método de encuesta utilizando cuestionarios autoadministrados; posteriormente, se realizaron entrevistas colectivas para profundizar en la información, de la cual se hizo un análisis cualitativo.

Para el caso de Aguascalientes las unidades de análisis fueron cinco plazas comunitarias, participaron como informantes 22 asesores y cinco apoyos técnicos, quienes respondieron el cuestionario aplicado y de estas figuras solidarias, 14 asesores y cuatro apoyos técnicos acudieron a la entrevista colectiva⁶.

Las variables exploradas en el cuestionario y de las que se da cuenta en el siguiente apartado fueron el reconocimiento de las propias competencias digitales y el tipo de formación al respecto, cuestiones que se ampliaron en la entrevista; además de agregar las necesidades de formación para fortalecer dichas competencias como una más de las categorías.

El diseño de instrumentos se sometió al juicio y validación de expertos, recurriendo al Grupo de

Investigación en Sociedad y Tecnología Agorante de la Universidad de Colima; y además se hizo un pilotaje en dos plazas comunitarias de Aguascalientes para contar con la versión definitiva de cuestionarios y guía de entrevista.

La investigadora responsable y una asistente acudieron personalmente a las plazas comunitarias del estado para aplicar los cuestionarios del 29 al 31 de octubre de 2013 y la entrevista grupal se llevó a cabo un día después, con el apoyo logístico de las autoridades del INEPJA para reunir a los asesores y apoyos técnicos de Aguascalientes.

RESULTADOS

Los hallazgos encontrados se exponen en tres bloques, en el primero se comparan datos personales y académicos de los asesores y apoyos técnicos. En el segundo se presenta el diagnóstico sobre sus competencias digitales a partir del análisis de los tres ejes que propone la UNESCO, como se verá enseguida prevalecieron las nociones básicas y fue escaso el uso de las TIC para la profundización y generación del conocimiento. Por último, se presentan las necesidades de formación para la alfabetización tecnológica que especificaron estas figuras solidarias.

Características de los asesores y apoyos técnicos

Al momento del estudio, entre ambos grupos de informantes se identificaron diferencias importantes con respecto al sexo, la edad, nivel de estudios y disposición de tecnologías.

La mayoría de los asesores eran mujeres, 14 de 22; en cuanto a la edad, 16 tenían entre 30 y 59 años. En contraste, entre los apoyos técnicos imperaba el sexo masculino, solo uno era del sexo femenino y con edades que fluctuaban entre los 27 y 36 años en tres de ellos, uno menor a los 20 y otro mayor a los 40. Únicamente cuatro asesores contaban con estudios de licenciatura, 16 con bachillerato y carreras técnicas, incluso dos registraron solo la secundaria. En el caso de los apoyos técnicos, tres de ellos eran universitarios, uno con bachillerato concluido y otro más con carrera técnica.

Cuatro de los asesores no disponían de computadora y solo 15 contaban con el servicio de internet. Los cinco apoyos técnicos sí tenían este equipo en su domicilio, aunque uno sin acceso a internet. De los 22 asesores, 17 —en comparación

⁶ El estudio del cual se derivan estos resultados se titula "Medios tecnológicos y alfabetización digital para el acceso a la educación de jóvenes en plazas comunitarias e-México" y se involucraron en total 15 plazas comunitarias en Aguascalientes, León y Guadalajara, 58 figuras solidarias (45 asesores y 13 apoyos técnicos) y 51 jóvenes educandos con rezago educativo.

con cuatro de los apoyos técnicos— registraron no tener otras tecnologías, como *smartphone*, *tablet* y reproductor de música. Estos resultados indican que los factores que tienden a favorecer el acceso y la habilitación en TIC entre los apoyos técnicos son una mayor posesión de tecnologías, mayor escolaridad y el hecho de ser más jóvenes.

Competencias digitales de asesores y apoyos técnicos

La identificación de un mayor número de dispositivos y recursos tecnológicos, así como un nivel de dominio superior en su manejo fue más evidente en los apoyos técnicos que en los asesores, como se muestra a continuación.

A diferencia de los apoyos técnicos, menos de la mitad de los asesores conocían y manejaban recursos y dispositivos más complejos (bases de datos, *smartphone*, *blogs*, bibliotecas digitales, plataformas educativas y repositorios de materiales didácticos), herramientas útiles en la profundización y generación de conocimiento, de acuerdo a los estándares de la UNESCO. Asimismo, aunque los apoyos técnicos manifestaron un dominio medio con respecto a algunas de estas tecnologías más avanzadas, fue notorio el retraso de los asesores, cuya habilitación giró en torno a nociones computacionales básicas; aunque no en todos los casos, como lo señaló una de las asesoras en la entrevista colectiva:

“Yo no sé nada, yo necesito que me capaciten. ¿Cómo voy a enseñar algo que ni yo sé? Y pues le entré así sin saber...”



Figura 1. Presentación de resultados de investigación con autoridades del INEPJA, febrero de 2014. Fotografía tomada por el equipo de investigación.

Tabla 1. Tecnologías y nivel de dominio reconocidos por asesores y apoyos técnicos de Aguascalientes

	Dispositivos y recursos tecnológicos identificados	Nivel de dominio
Asesores	<ul style="list-style-type: none"> • Memoria USB • Celular 	Alto
	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Internet • CD y DVD • Procesador de textos • Programas para presentaciones • Programas para procesar imágenes • Hoja de cálculo • Redes sociales 	Medio
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tablet</i> 	Sin dominio
Apoyos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Internet • CD y DVD • Memoria USB • Celular • Procesador de textos • Programas para presentaciones • Hoja de cálculo • Bases de datos 	Alto
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Smartphone</i> • <i>Tablet</i> • Programas para procesar imágenes • Redes sociales • <i>Blogs</i> • Bibliotecas digitales • Plataformas educativas • Repositorios de materiales didácticos 	Medio

Fuente: elaboración propia a partir de información recabada en cuestionario.

Con el fin de definir el grado de apropiación, en la Tabla 2 se concentra la información sobre las actividades que realizan estas figuras solidarias con las TIC.

Se observó que los apoyos técnicos tenían una práctica más continua, diversificada y en distintos ámbitos; por el contrario, los asesores registraron menos usos y señalaron aplicar poco las TIC en su trabajo, de ahí que los primeros aprovechan de mejor manera la tecnología y esto favorece su apropiación. Coincidieron en una menor atención a los aspectos reflexivos sobre el impacto de las TIC, dimensión que se consideró en la propuesta para emplear de mejor manera las tecnologías.

Formación para la alfabetización tecnológica

La capacitación y actualización para el uso de las TIC que ha ofrecido el INEPJA se ha dirigido preferentemente a los apoyos técnicos, ya que solo seis de los 22 asesores registraron en el cuestionario haber sido formados para alfabetizar tecnológicamente a los jóvenes y adultos en las plazas comunitarias.

Por su parte, los apoyos técnicos reconocieron que han tenido mayores oportunidades de capacitarse y que debería involucrarse más a los asesores en estas actividades, como lo enfatizara una de ellas de la siguiente manera:

Tabla 2. Uso y aprovechamiento de las TIC por asesores y apoyos técnicos de Aguascalientes

	Actividades más frecuentes con TIC	Actividades menos frecuentes con TIC
Asesores	<ul style="list-style-type: none"> • Uso continuo en ámbitos personales y académicos. • Aprovechamiento para mejorar a nivel personal y laboral. • Distinción de riesgos de las tecnologías en la vida personal, social y laboral. • Distinción de usos correctos e incorrectos de las TIC. • Identificación de riesgos al elaborar información para las TIC. • Respeto a derechos de autor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso continuo en ámbitos sociales y laborales. • Aprovechamiento para mejorar como ciudadano. • Localización de información importante con el apoyo de TIC. • Utilización de información para elaborar tareas y trabajos. • Identificación del apoyo de las TIC en el conocimiento. • Reflexión sobre ventajas y limitaciones de las TIC.
Apoyos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Uso continuo en ámbitos personales, sociales, académicos y laborales. • Aprovechamiento para mejorar a nivel personal, familiar, laboral y como ciudadano. • Distinción de riesgos de las tecnologías en la vida personal, social y laboral. • Distinción de usos correctos e incorrectos de las TIC. • Identificación de riesgos al elaborar información para las TIC. • Respeto a derechos de autor. • Localización de información importante, útil y confiable. • Identificación del apoyo de las TIC en el conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de información para elaborar tareas y trabajos. • Reflexión sobre ventajas y limitaciones de las TIC.

Fuente: elaboración propia a partir de información recabada en cuestionario.

Tabla 3. Características de la formación en el uso de TIC para asesores y apoyos técnicos de Aguascalientes

	Modalidad de formación	Momento de formación	Tipo de formación	Contenidos de formación	Duración de la formación
Asesores	Presencial	Permanente a través de cursos de actualización	Curso-taller	Manejo técnico de equipos	De 1 a 5 horas
Apoyos técnicos	Presencial	En etapa inicial de apoyo en la plaza comunitaria y actualización permanente	Curso-taller	Manejo técnico de equipos Uso y aprovechamiento de las TIC Discusión crítica sobre las TIC	Más de 20 horas

Fuente: elaboración propia a partir de información recabada en cuestionario.

“... nosotros, que somos los que tenemos el contacto con la gente, no nos toman en cuenta para perfeccionarnos o mejorar en ese aspecto.”

Este reclamo se basó en las funciones que cada figura desarrollaba en la plaza, ya que el papel del asesor es acompañar en todo momento al usuario para continuar los estudios postergados, mientras que el del apoyo técnico es ofrecerles ayuda en el uso de las TIC, esto depende de las necesidades requeridas. En la Tabla 3 se muestran los rasgos primordiales de la formación que habían recibido hasta el momento de la investigación.

Las diferencias en la formación radicarón principalmente en la periodicidad, la duración y los contenidos. En el caso de los apoyos técnicos,

por sus tareas de soporte, se les capacita desde que se incorporan a la plaza comunitaria; además, las actividades formativas para ellos rebasan la habilitación instrumental y se destina más tiempo que en las programadas para los asesores, lo cual pone a estos últimos en desventaja para contar con mayores competencias digitales. De hecho, los asesores comentaron que aprenden por iniciativa propia, de manera empírica, con el apoyo de familiares y amigos, aunque ocasionalmente algunos apoyos técnicos les comparten sus conocimientos. La motivación entre asesores para formarse en este sentido se manifestó en frases como esta:

“... nos tenemos que preparar, y más nosotros que estamos al frente de un grupo que está tratando de salir adelante...”



Figura 2. Aplicación de cuestionarios en plaza comunitaria de Jesús María, Aguascalientes, en octubre de 2013. Fotografía tomada por el equipo de investigación.

DISCUSIÓN

Los resultados aquí expuestos dan cuenta de la situación que prevalece entre asesores y apoyos técnicos de cinco plazas comunitarias de Aguascalientes, y a reserva de futuros estudios, se podría suponer que esta tendencia prevalece en otras plazas del estado y del país, como dan cuenta trabajos previos (Salinas Amescua et al., 2002, 2006).

Los hallazgos sugieren que las competencias digitales se ubican fundamentalmente en el eje de nociones básicas de las TIC, de acuerdo a los estándares de la UNESCO; por tanto, falta formación para utilizarlas en la profundización y generación de conocimiento. Esto significa considerar no sólo la habilitación en el uso de las TIC, sino promover espacios para la práctica y el análisis sobre ellas que favorezca una apropiación significativa, ante todo

entre los asesores, que en este estudio se identificó fueron quienes requieren más formación.

El desafío de la alfabetización tecnológica se acentúa en el contexto de las plazas comunitarias por la naturaleza del trabajo voluntario de estas figuras solidarias y por las condiciones de marginación y rezago educativo de la población que se atiende, situaciones que rebasan las posibilidades del esfuerzo institucional del INEPJA y del INEA a nivel nacional.

En general, se describieron las limitaciones en la formación y las competencias para el uso de las TIC de los asesores y apoyos técnicos. Predominó el manejo técnico-instrumental de las tecnologías, de ahí que sea necesario integrar estos resultados en la discusión sobre la exclusión digital vinculada a la social, con el fin de aprovecharlas en el mejoramiento de sectores vulnerables.

CONCLUSIONES

Los asesores y apoyos técnicos de las plazas comunitarias puntualizaron uno de los hallazgos prioritarios de esta investigación: no es posible formar a otros en la alfabetización tecnológica sin el dominio propio de las competencias digitales. Los resultados muestran la necesidad de fortalecer competencias principalmente en los asesores, debido a la cercanía que tienen con los educandos; a diferencia de los apoyos técnicos, que paradójicamente se encuentran más capacitados y a la vez menos involucrados en atender a personas con rezago educativo. Sin embargo, estas



Figura 3. Trabajo de campo en plaza comunitaria de la ciudad de Aguascalientes, en octubre de 2013. Fotografía tomada por el equipo de investigación.

figuras solidarias manifestaron actitudes favorables hacia las TIC, al reconocer la importancia de aprender a utilizarlas.

El estudio logró identificar que no vinculan las tecnologías de manera sistemática en sus prácticas de formación y asesoría; también permitió analizar las necesidades de formación integral, viabilidad técnica y logística, desde la perspectiva de los propios asesores y apoyos técnicos. Estos resultados se han entregado al INEPJA como insumos importantes para planear el diseño de sus programas de capacitación y actualización. Finalmente, los hallazgos se han integrado a una investigación posterior y a una línea de estudio que pretende desarrollar la alfabetización tecnológica entre personas con rezago educativo.

LITERATURA CITADA

- AREA MOREIRA, M. et al. *Alfabetizaciones y tecnologías de la información y la comunicación*. España: Editorial Síntesis, 2008.
 - CROVI, D. Apropiación: una aproximación conceptual. En M. Portillo e I. Cornejo (Coords.), *¿Comunicación posmasiva? Revisando los entramados comunicacionales y los paradigmas teóricos para comprenderlos* (149-161). México: Universidad Iberoamericana, 2012.
 - DE PABLOS PONS, J. et al. (Coords.), *Políticas Educativas y Buenas Prácticas con TIC*. Barcelona, España: Graó, 2010.
 - RAMÍREZ MARTINELL, A. y CASILLAS ALVARADO, M. A. (Comps.), *Háblame de TIC: Tecnología Digital en la Educación Superior*. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas-SocialTIC, 2014.
 - SALINAS AMESCUA, B. et al. *Caracterización socioeducativa de las Plazas Comunitarias INEA-CONEVyT. Estudio exploratorio cualitativo a un año de su operación*. México: CECAVI-UDLA-CONEVyT, 2002.
 - SALINAS AMESCUA, B. et al. Uso significativo de la tecnología en la educación de adultos en el medio rural: resultados de la aplicación piloto de un modelo. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(28): 31-60, 2006.
 - “ SEP (SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA). Lineamientos Específicos de Operación de los Programas de Atención a la Demanda de Educación para Adultos (INEA) y Modelo de Educación para la Vida y el Trabajo (INEA). *Diario Oficial de la Federación*, 12 de marzo de 2012.
 - UNESCO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA). *Las tecnologías de la información y la comunicación en la formación docente. Guía de planificación*. Francia: División de Educación Superior, UNESCO, 2004.
- De páginas electrónicas**
- BOSCO, A. Las tecnologías de la información y la comunicación en la formación del profesorado: lineamientos, actualidad y prospectiva. *Razón y Palabra*, 13(63). Recuperado en julio de 2012, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199520798002>
 - COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. *Proposal for a recommendation of the European Parliament and of the Council on key competences for lifelong learning*. Bruselas: Author. 2005. Recuperado en octubre de 2012, de [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com\(2005\)0548_/com_com\(2005\)0548_en.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com(2005)0548_/com_com(2005)0548_en.pdf)
 - ISTE (INTERNATIONAL SOCIETY FOR TECHNOLOGY IN EDUCATION). *ISTE Standards Teachers*. 2008. Recuperado en octubre de 2015, de <http://www.iste.org/standards/iste-standards/standards-for-teachers>
 - PÉREZ SALAZAR, G. y CARABAZA GONZÁLEZ, J. El Sistema Nacional e-México a diez años de distancia: un nuevo discurso con bajos niveles de interacción. *Versión*, 27, 1-24, septiembre de 2011. Recuperado en diciembre de 2012, de http://version.xoc.uam.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=85:el-sistema-nacional-e-mexico-a-diez-anos-de-distancia-un-nuevo-discurso-con-bajos-niveles-de-interaccion-1&catid=35:version-tematica&Itemid=43
 - TULLY, C. J. Growing up in technological words: how modern technologies shape the everyday lives of young people. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 23(6): 444-456, december 2003. doi: 10.1177/0270467603260812.
 - UNESCO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA). *Estándares de competencias en TIC para docentes*. 2008. Recuperado en septiembre de 2013, de <http://www.eduteka.org/pdfdir/UNESCOEstandaresDocentes.pdf>

Acoso escolar: diferencias en contextos educativos rural y urbano, en alumnado adolescente

Bullying at school: differences for adolescent students in rural and urban contexts

Brenda Mendoza González^{1*}, Ana del Refugio Cervantes Herrera², Francisco Javier Pedroza Cabrera²

Mendoza González, B., Cervantes Herrera, A. R., Pedroza Cabrera, F. J. Acoso escolar: diferencias en contextos educativos rural y urbano, en alumnado adolescente. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 62-70, enero-abril 2016.

RESUMEN

El estudio del acoso escolar desde una perspectiva ecológica y social permitirá sentar las bases para construir programas de atención y prevención, considerando las características del contexto. Este estudio tiene como objetivo conocer diferencias en secundarias públicas rurales y urbanas, con respecto a variables de género, el tipo de acoso escolar empleado, disponibilidad para solicitar apoyo, y los roles que se exhiben al participar en episodios de acoso escolar. Los resultados permiten señalar que tanto en el contexto rural como urbano, no hay diferencias de género con respecto al tipo de agresión que usan para dañar; con respecto a los roles con los que participan en episodios de acoso escolar, se identifica que en ambos contextos son los mismos roles; sin embargo, los urbanos usan más la agresión grave y los rurales la exclusión, y finalmente los alumnos en el contexto urbano están más dispuestos a solicitar ayuda que los del entorno rural.

Palabras clave: bullying, adolescentes, contexto rural, contexto urbano.

Keywords: bullying, adolescents, rural context, urban context.

Recibido: 12 de junio de 2014, aceptado: 8 de abril de 2015

¹ Facultad de Ciencias de la Conducta, Universidad Autónoma del Estado de México.

² Departamento de Psicología, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

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

ABSTRACT

The study of bullying from an ecological and social perspective, will allow us to point out programs of care and prevention, considering the characteristics of the context. This study aims to learn about differences in rural and urban public secondary schools, with regard to gender variables used bullying, willingness to ask for support, and roles which exhibit participation in bullying episodes. The results allow to point out that both in the rural and urban context, there are no gender differences with respect to the type of aggression that is used to cause damage; with respect to the roles exhibited in bullying episodes, it is identified that in both context they are the same roles, however, the urban used more serious aggression, while the rural used exclusion. Finally, students in the urban context are more willing to ask for help.

INTRODUCCIÓN

La agresión es una conducta que surge como respuesta a situaciones de peligro (con el objetivo de protegerse), o puede exhibirse con una función instrumental. El acoso escolar se encuentra en este último, ya que su fin es la obtención de insumos sociales (*i.e.* liderazgo negativo, popularidad negativa) o materiales (*i.e.* dinero, objetos).

En episodios de acoso escolar, el agresor daña a su víctima al exhibir cualquier forma de hostigamiento (agresión verbal, agresión relacional, agresión directa, cyberbullying, o conducta antisocial) y se define como un conducta agresiva que se emite frecuentemente hacia un alumno que elige el agresor;

es decir, se focaliza hacia un compañero de escuela en particular y el comportamiento es aversivo para la víctima; dicha interacción se caracteriza por el desequilibrio de poder entre la víctima y sus acosadores, favoreciendo exclusivamente a los agresores (Aguilera Rubalcava et al., 2013). El desequilibrio de poder significa que el agresor tiene mayor habilidad coercitiva que la víctima para acceder a los recursos (sociales o materiales). Conviene destacar que el desequilibrio de poder lo obtiene el acosador de forma ilegítima usando la coerción, por lo que el alumno agresor obtiene el máximo de consecuencias favorables y el mínimo de consecuencias desagradables (Cervantes Herrera y Pedroza Cabrera, 2012).

El estudio de este fenómeno implica su investigación a partir de la interacción social, desde un contexto ecológico y social (Aguilera Rubalcava et al., 2013; Mendoza González, 2014) que permita generar conocimiento para describirlo, especialmente en su conceptualización y operacionalización conductual en el aula. En este sentido conocer la influencia del contexto social, cultural o económico en el comportamiento del acoso escolar se hace necesario; sin embargo, son escasos los estudios que aportan evidencia empírica sobre las diferencias en la morfología y roles de participantes en acoso escolar en los contextos rurales y urbanos, ello aportaría información valiosa de la influencia del contexto social, o la actividad económica de las zonas en las que se sitúan las escuelas.

Por otra parte, en el estudio del acoso escolar desde una perspectiva ecológica se ha aportado información consistente con respecto a la variable de sexo, en la cual se identifica que son los varones los que exhiben mayor riesgo de participar en episodios de acoso escolar que las mujeres en agresión directa hacia sus compañeros (golpear, insultar, usar armas); en donde las mujeres son las que exhiben más agresión relacional (hablar mal de otros, esparcir rumores maliciosos entre otros) (Díaz Aguado et al., 2004; Olweus, 2005; Mendoza González, 2011), por lo que sería valioso conocer si existen diferencias de sexo dependiendo del contexto rural o urbano en el cual se sitúen las escuelas.

En México y en general en países en vías de desarrollo, el estudio del acoso escolar es reciente, se han hecho esfuerzos gubernamentales para su prevención y atención. Actualmente en México su investigación se determina a partir del Plan Nacional de Desarrollo de Gobierno 2013-2018. En la

última década se ha incrementado el interés para su descripción, a partir de los diferentes roles que desempeña el alumnado en los episodios de bullying (Olweus, 2005; Yoneyama y Rigby, 2006; Mendoza, 2011; De Moraes Bandeira y Simon Hutz, 2012; Pedroza Cabrera et al., 2013).

El estudio de la tipología de sus participantes ha permitido identificar que no son tres los tipos de alumnos que participan en los episodios de bullying, como se decía hace cuatro décadas: acosador, víctima y espectador, ya que a través de los estudios internacionales se han descrito a otros tipos de alumno: el secuaz, el seguidor pasivo, el posible defensor (Olweus, 2005), y recientemente se describe al alumnado con doble rol víctima/acosador.

Existe una serie de clasificaciones que especifican los diferentes roles de alumnos que participan en episodios de bullying, y Aguilera Rubalcava et al. (2013) han desarrollado un análisis de la descripción y reportan que la que mejor se ajusta a su estudio es la propuesta por Lebakken (2008), en la que se identifican cuatro roles básicos: víctima, agresor, observador y el que desempeña doble rol víctima/acosador. Al agresor o bully lo define Lebakken (2008) como el alumno que inicia las conductas de agresión hacia otros; la víctima quien recibe la conducta de agresión; el alumno con doble rol: víctima/agresor, es acosador y receptor, con compañeros diferentes, en momentos independientes. Mendoza González (2011, 2012, 2014) además de los cuatro anteriores identifica un quinto rol también básico: el alumno no involucrado, es decir, alumnado que no participa ni como víctima, agresor o con el doble rol víctima/acosador. Es necesario destacar que no todos los roles se identifican necesariamente en las comunidades escolares; de hecho, no siempre existen episodios de bullying.

Partiendo de la premisa general que señala Santoyo (2012) de que los adolescentes son promotores activos de su propio desarrollo y que su comportamiento tiene relación dinámica con los contextos, urge la necesidad de estudiar el acoso escolar en adolescentes a partir de un estudio ecológico y social. Al existir un intercambio del comportamiento de los adolescentes con su ambiente, se plantea la necesidad de responder al cuestionamiento sobre las diferencias en ambientes educativos rurales y urbanos con respecto a los episodios de acoso escolar, lo que sin duda contribuirá a la detección de factores que sitúen en mayor riesgo de participar en episodios de

acoso escolar (desempeñado los diferentes roles), por lo que el objetivo primordial de este estudio es conocer las diferencias en ambientes educativos de secundarias públicas rurales y urbanas, con respecto a las variables de sexo, tipo de acoso escolar empleado, disponibilidad para solicitar apoyo, y los roles que exhiben al participar en episodios de acoso escolar.

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra se conformó por 363 alumnos (184 hombres y 179 mujeres). Alumnos inscritos en 10 secundarias públicas en la Ciudad de México y en Aguascalientes, 180 alumnos inscritos en escuelas rurales (90 varones y 90 mujeres) y 183 alumnos inscritos en escuelas urbanas (94 varones y 89 mujeres), con rango de edad entre 12 y 16 años de edad ($M = 13.8$ y $DE = .86$)

Contextos escolares

El contexto rural y urbano de la ubicación de las escuelas participantes se determinó con respecto a los indicadores de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2011), el mismo fue corroborado por las autoridades educativas responsables de la zona escolar de los planteles escolares participantes.

Las cinco escuelas públicas de contexto rural en Aguascalientes fueron las que estuvieran en zonas con menos de 2,500 habitantes, con tipo de uso de suelo agropecuario, agrícola, silvícola o forestal; zonas en las cuales no se contaba con el total de servicios, infraestructura o equipamiento para satisfacer necesidades sociales (luz, agua, drenaje, pavimentación); las calles no se encuentran delimitadas por calles o avenidas pavimentadas, el sector económico se encuentra representado por actividades primarias, como la agricultura.

Las cinco escuelas públicas de contexto urbano en la Ciudad de México dotadas con servicios, infraestructura y equipamiento destinado a satisfacer necesidades sociales (luz, agua, drenaje, pavimentación) en áreas geográficas ocupadas por un conjunto de hasta 50 manzanas, delimitadas por calles, avenidas, cuyo uso de suelo es habitacional, industrial, comercial, de servicios y con actividades económicas de los padres principalmente terciarias (comercio, prestadores de servicios y choferes de transporte público).

El instrumento empleado fue el CEVEO (Cuestionario de Evaluación de la Violencia entre Iguales en la Escuela y en el Ocio) de Díaz Aguado et al. (2004), adaptado por Mendoza González et al. (2015). Su objetivo es evaluar la agresión que ejercen, si son víctimas o testigos de ella, también mide la posibilidad de contar con la ayuda de distintos agentes sociales (denominada disponibilidad para solicitar apoyo al padre, madre, director, amigos). Consta de 82 reactivos, cada uno con cuatro opciones de respuesta (siempre, frecuente, poco, nada). Con estudiantes mexicanos tiene Alpha de Cronbach de .88. Sus escalas son: víctima (agresión extrema, gravedad media, exclusión), agresor (gravedad extrema, gravedad media, exclusión), observador (agresión extrema, exclusión, gravedad media), disponibilidad para solicitar ayuda (al padre, madre, director, amigos, profesor).

Factores como víctima en la escuela

- Exclusión. Por ejemplo, mis compañeros me ignoran, hablan mal de mí, me rechazan, no me dejan participar.
- Victimización de gravedad media. Por ejemplo, me roban cosas, me esconden cosas, me pegan, me rompen cosas, me dicen apodosos que me ofenden.
- Victimización de gravedad extrema. Por ejemplo, me amenazan con armas, me obligan con amenazas a situaciones de carácter sexual, me obligan a hacer cosas que no quiero con amenazas, me intimidan con frases o insultos de carácter sexual.

Factores como agresor

- Factor 1. Exclusión. Por ejemplo, los rechazo, hablo mal de él o ella, les ignoro, les impido participar.
- Factor 2. Agresión gravedad media. Les pego, los insulto, les escondo cosas.
- Factor agresión grave. Por ejemplo, les obligo a hacer cosas que no quieren con amenazas, les obligo con amenazas a situaciones o conductas de carácter sexual, les robo cosas, les amenazo con armas, les intimidado con frases o insultos de carácter sexual.

Factor situación como observador en la escuela

- Factor 1. Exclusión. Por ejemplo, observo que hablan mal de algún compañero, le ignoran, le rechazan, le impiden participar, le insultan.
- Factor 2. Agresión de gravedad media. Por ejemplo, les roban sus cosas, les esconden sus cosas, les rompen sus cosas, les pegan.

- Factor 3. Agresión de gravedad extrema. Por ejemplo, les amenazan con armas, les obligan con amenazas a situaciones de carácter sexual, les obligan a hacer cosas que no quieren con amenazas, les intimidan con frases o insultos de carácter sexual.

Factor disponibilidad para solicitar ayuda

Se pregunta a quién acude en caso de recibir algún tipo de agresión en la escuela, brindando para cada agente social (padre, madre, director, amigos, profesor) cuatro opciones de respuesta.

Para llevar a cabo la investigación se obtuvo permiso de autoridades escolares y de padres del alumnado. El instrumento de evaluación se aplicó en una sesión de 50 minutos, se informaron al alumnado los objetivos del estudio y la confidencialidad de sus respuestas. La aplicación se desarrolló en aulas con ventilación e iluminación adecuada. Las respuestas fueron codificadas e introducidas en una base de datos para su tratamiento con el paquete estadístico SPSS (versión 16.0).

RESULTADOS

Para establecer el rol que desempeñan los adolescentes en situaciones de acoso escolar en los contextos urbano y rural se usó un análisis multivariado, específicamente el procedimiento K de medias o análisis de *cluster* y para calcularlo se empleó el factor de víctima y acosador del instrumento.

En el contexto educativo rural se identifican tres grupos: agresor (1%), no involucrado (63%) y víctima (36%); las medias de los tres grupos identificados se muestran en la Figura 1.

- Grupo 1. Agresor. Compuesto por 2 alumnos, ejercen todo tipo de agresión (un varón y una mujer). Agresión extrema (romper cosas, obligar a hacer cosas que no quieren, amenazar con armas, intimidar con insultos sexuales, obligándole a conductas de carácter sexual, robar, tocar partes íntimas, enviar mensajes por internet), agresión de gravedad media (insultar, apodos, pegar, burlas, esconder sus cosas, empujar) y exclusión (rechazar, hablar mal de él o ella, ignorar; prohibir participar) hacia sus compañeros.

- Grupo 2. No involucrados. Formado por 113 adolescentes que no participan en situaciones de acoso escolar ni como víctimas ni como agresores. Son 48 varones (43%) y 65 mujeres (57%).
- Grupo 3. Víctima exclusión. Conformado por 65 alumnos victimizados en situaciones de exclusión (los ignoran, hablan mal de ellos, los rechazan, les impiden participar, les dicen apodos). De ellos 41 son varones (63%) y 24 mujeres (37%).

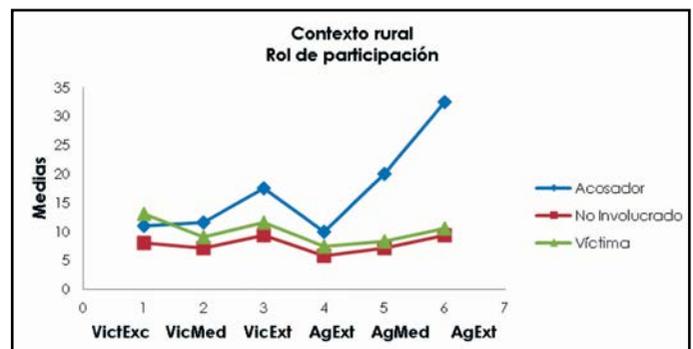


Figura 1. Se muestran tres tipos de roles: acosador, no involucrado y víctima en el contexto rural.

Con respecto al contexto educativo urbano se diferenciaron tres grupos: agresor, que representa 7% de los participantes urbanos; víctima, que representa 4% de ellos y el no involucrado, que representa 89%. Las medias de cada grupo se muestran gráficamente en la Figura 2.

- Grupo 1. Agresor. Alumnos cuya agresión es de gravedad media (insultan, dicen apodos, pegan, se burlan, esconden cosas, empujan) hacia sus compañeros de clase. El grupo está integrado por 13 alumnos; nueve varones (69%) y cuatro mujeres (31%).
- Grupo 2. Víctima. Alumnado receptor de agresión extrema (les amenazan con armas, les obligan a situaciones de carácter sexual, les obligan a hacer cosas que no quieren con amenazas, les tocan sus partes íntimas, les envían mensajes por internet, les intimidan con insultos sexuales, les amenazan, les pegan). El grupo se conforma por ocho alumnos; cinco son varones (63%) y tres mujeres (37%).
- Grupo 3. No involucrado. Alumnos que no participan en situaciones de acoso escolar ni como víctimas ni como agresores. Son 162 alumnos; 80 varones (49%) y 82 mujeres (51%).

El análisis multivariado que se realizó, específicamente el análisis de conglomerados empleado

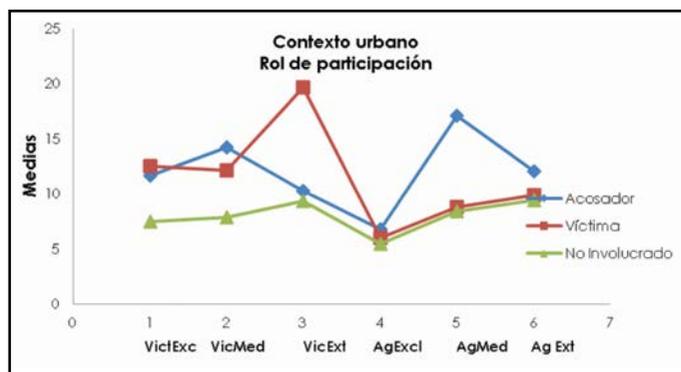


Figura 2. Se muestran tres tipos de roles: acosador, no involucrado y víctima en el contexto urbano.

para identificar el rol del alumnado que participa en episodios de acoso escolar en el contexto rural y urbano, fue empleado también para identificar el riesgo de participar como víctima, agresor o no involucrado en función del sexo de los adolescentes. Se realizó el cálculo de los residuos corregidos, así como el estadístico X^2 .

Contexto educativo rural

Se identificó que en este entorno sí existe conexión entre la variable sexo y la tipología de alumnos; los residuos tipificados corregidos y el estadístico X^2 permitieron identificar que las dos variables son dependientes $X^2(2) = 7.004^a$ con $p = .03$, con valor de coeficiente de V de Cramer de 0.197 ($p < .05$); es decir, las mujeres, en el contexto rural, se encuentran en mayor probabilidad de no involucrarse en situaciones de acoso escolar (residuo tipificado corregido 2.6, frente al de hombres -2.6), y los hombres tienen más probabilidad de participar en situaciones de acoso escolar, como víctimas en situaciones de exclusión (residuo tipificado corregido de hombres 2.6 y mujeres -2.6, respectivamente).

Contexto educativo urbano

El estadístico X^2 identificó que las variables sexo y tipología son independientes; es decir, participar en situaciones de acoso escolar con el papel de agresor, víctima o no involucrado, no se relaciona con ser hombre o mujer $X^2(2) = 2.313^a$ con $p = .315$, valor de coeficiente de V de Cramer de 0.112 ($p = .315$); es decir, en el contexto urbano hombres y mujeres se encuentran en igual riesgo de participar como víctimas o agresores.

Con el objetivo de conocer la disponibilidad del alumnado (contexto urbano y rural) se analizó

el factor disponibilidad para solicitar apoyo del instrumento empleado, identificando al agente disponible al que recurren para solicitar apoyo en caso de ser victimizados, se analizaron diferentes agentes: amigos, director, profesor, padre y madre. El estadístico t de Student (muestras independientes) demostró que el alumnado del contexto educativo urbano se encuentra con mayor disponibilidad para solicitar ayuda a sus amigos ($= 2.49$) $t(361) = 10.818$, $p < .001$, y a su madre ($= 2.5$) $t(361) = 3.717$, $p < .001$, más que el alumnado del contexto rural ($= 1.48$) y ($= 2.1$), respectivamente, no hubo diferencias estadísticamente significativas para solicitar ayuda al director (urbano = 1.63; rural = 1.58), profesorado (urbano = 2.0; rural = 1.75) y al padre de familia (urbano = 2.00; rural = 1.58).

Para conocer si existe mayor probabilidad de ser víctima, observador u acosador, en función del contexto escolar urbano o escolar rural, la prueba t de Student permitió identificar que en la participación como: observador de agresión extrema, los rurales ($X = 18.87$) reportan observarla más que los urbanos ($= 15.89$), $t(361) = -4.622$, $p < .001$; víctima en situaciones de exclusión, los rurales ($= 9.88$) la reciben más que los urbanos ($= 8.01$), $t(361) = 5.692$, $p < .001$; acosador en situaciones de exclusión, los rurales ($= 6.47$) la exhiben más que los urbanos ($= 5.56$), $t(361) = 4.67$, $p < .001$.

En lo referente a la agresión media se encontró que los estudiantes urbanos ($= 9.59$) participan más como observador que los rurales ($= 7.41$), $t(361) = -6.428$, $p < .001$, y en la participación como Acosador de gravedad media, los urbanos ($= 9.03$) reportaron exhibirla más que los rurales ($= 7.66$) $t(361) = 4.625$, $p < .001$. En las demás situaciones no se reportaron diferencias estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

Los resultados señalan que en el contexto rural las mujeres se encuentran en menor riesgo de participar en situaciones de violencia o acoso escolar y los hombres se encuentran en mayor riesgo de ser victimizados. Estos resultados son consistentes con lo reportado en otras investigaciones en las que se identifica que las mujeres se encuentran en menor riesgo de participar en situaciones de acoso escolar y los hombres se encuentran en mayor riesgo de participar como víctima o acosador (Díaz Aguado et al., 2004; Olweus, 2005; Cerezo y Ato, 2010). Sin embargo, en el contexto urbano los alumnos y las

alumnas se encuentran en igual riesgo de exhibir y recibir agresión sin distinción de sexo; es decir, los estudiantes de secundaria en el contexto urbano, tanto mujeres como varones, ejercen agresión hacia sus compañeros de tipo relacional: esparcen rumores maliciosos, hablan mal a las espaldas de los compañeros, les impiden participar en actividades lúdicas o académicas, ignoran y rechazan; comportamientos que comúnmente se atribuían únicamente a las mujeres.

Por otra parte, la agresión directa (insultos, golpes, meterse con las pertenencias de los otros) e incluso la agresión extrema (amenazar con armas, tocar genitales, obligar a un compañero a participar en situaciones de carácter sexual, intimidar, robar) son comportamientos que el alumnado de contexto escolar urbano (hombres y mujeres sin distinción) emplean para acosar a sus compañeros. Estos datos difieren de lo que generalmente se reporta en países europeos desde hace algunas décadas (Olweus, 2005; Mendoza González, 2012), normalmente son las mujeres quienes usan la agresión relacional y los varones la agresión directa; esta diferencia puede deberse al nivel de agresión en la sociedad mexicana, en la que parece normal que la conducta antisocial se exhiba cotidianamente en diferentes zonas del país. Incluso se hace normal que las mujeres estudiantes de secundaria en zonas urbanas usen las redes sociales para exhibir a través de videos en redes sociales golpes hacia otras compañeras o haciendo uso de objetos escolares como armas para lastimar a sus compañeras de clase, demostrando su poder y haciendo legítimo el uso de la agresión.

Conviene destacar que los hallazgos aquí identificados son similares a los reportados en países en vías de desarrollo como Brasil (Azevedo Da Silva et al., 2012), Colombia, en donde chicos y chicas estudiantes de secundaria usan armas para acosar sin distinción de género (Hoyos et al., 2005), o en México en estudios previos (Castillo y Pacheco, 2008). Estas diferencias pueden deberse a la desigualdad económica, social y cultural con los países europeos, pero principalmente a los niveles y tipos de violencia en las sociedades de los países en vías de desarrollo.

Con respecto al tipo de agresión empleada, los resultados señalan que en el contexto urbano el alumnado reporta participar más como acosadores, empleando la agresión de gravedad media; mientras que en el contexto rural se usa más la agresión relacional para excluir a sus compañeros

(se reporta recibirla y ejercerla como el esparcir rumores maliciosos, hablar mal a las espaldas, impedir participar en actividades, ignorar y rechazar) y en ambos contextos el alumnado refiere observar situaciones agresivas de gravedad media y extrema.

Con respecto a la disponibilidad que tienen para solicitar ayuda cuando se encuentran en situaciones de acoso escolar, el alumnado de contextos urbanos se encuentra en mayor disponibilidad para solicitar ayuda a sus amigos y a su madre, información relevante debido a que solicitar ayuda es un factor que protege al alumnado de futuras agresiones. De hecho, las redes sociales, como los amigos escolares y los padres, deberían de cumplir como apoyo para el alumno victimizado, en especial se ha identificado que la calidad del tiempo en la comunicación de la madre con sus hijos permitirá mejorar la calidad de las relaciones en la familia y serán familias menos vulnerables al conflicto (Márquez Algara, 2006). En este sentido se desarrolla la hipótesis de que el alumnado del contexto rural se encuentra en mayor riesgo por tener menos probabilidad de solicitar ayuda a personas de su red social, para futuros estudios se plantea la posibilidad de identificarlo. No se debe olvidar que estos resultados pueden explicarse también con base en lo reportado sistemáticamente: que el alumnado victimizado tiene escasas o nulas redes sociales, lo que lo sitúa en mayor estado de vulnerabilidad por ser rechazados y aislados; debido a ello son elegidos por los alumnos agresores (Olweus, 2005; Salmivalli e Isaacs, 2005; Cerezo y Ato, 2010).

Con respecto al rol que desempeñan los alumnos al participar en episodios de acoso escolar, se identificaron tres de los roles básicos definidos por Lebakken (2008) y por Mendoza González (2011, 2012): agresor, víctima y no involucrado; los resultados demuestran diferencias significativas entre el alumnado del contexto educativo urbano y rural.

En el contexto rural se identificaron tres tipos de adolescentes: acosadores (exhiben todo tipo de agresión, 1%), víctima en situaciones de exclusión (36%) y no involucrados (63%). En el contexto urbano se identifican también tres grupos: acosadores, gravedad media (7%); víctima, agresión extrema (4%); no involucrados (89%). Los resultados demuestran que en el contexto educativo urbano existen más alumnos que se involucran en episodios de acoso escolar caracterizados por agresión de gravedad media y extrema, mientras que en el contexto

educativo rural participan más en episodios de exclusión.

Los resultados de la prevalencia identificados en el contexto educativo urbano en este estudio son similares a los de otros países, en los que la prevalencia del rol de acosador es mayor al de víctima (Méndez y Cerezo 2010, Mendoza, 2011, Mendoza, 2012); sin embargo, el porcentaje de participantes como víctima y acosador es mucho menor al reportado en países de primer mundo (Kristensen y Smith, 2003), ello puede deberse a la legitimización del uso y justificación de la violencia en la sociedad mexicana, en la que es natural emplearla en lo cotidiano en todos los ambientes sociales: político, económico, cultural y por supuesto, en el ámbito educativo, en donde se identifican en nivel primaria niveles de conducta social similares a los identificados en la sociedad como pago de derecho de piso, organización de peleas cobrando la entrada por los propios estudiantes, pagar a otros alumnos para golpear a un alumnado determinado, entre otras, como una forma de instrumento para lograr metas (Figura 3).



Figura 3. La exclusión, la burla y el rechazo de los compañeros son formas de exhibir el bullying, a partir de allí se escala a niveles incluso antisociales como lastimar con armas, golpizas, entre otras. Imagen realizada por Víctor M. Santos Gally: portada del libro *Bullying los Múltiples Rostros del acoso escolar* (Mendoza González, 2014).

En lo referente al rol que desempeñan en el contexto rural, sin duda el contexto sí influye, sobre todo en el hecho de que 36% del alumnado rural participante se denomina víctima de exclusión y solo 1% se denomina como agresor; es decir, el alumnado de contexto rural, principalmente

el alumnado que participa como acosador, no identifica que su comportamiento para excluir de los grupos lúdicos o académicos a sus compañeros sea una conducta agresiva. Por esto se hace necesaria la implementación de programas educativos que faciliten a los alumnos agresores el desarrollo de comportamientos que los protejan del riesgo de participar en episodios de acoso como: desarrollo de empatía, en donde identifiquen el daño que provocan en las víctimas (cuando impiden que se integren a grupos sociales).

Los resultados en este estudio pueden deberse a la naturalización de la agresión en comunidades rurales debida a circunstancias como el uso de utensilios de trabajo como machetes, cuchillos, etc., que en el contexto urbano pueden considerar armas; sin embargo, como Hernández Girón y Domínguez Hernández (2004) mencionan, el menor avance tecnológico, educativo, social y económico que se presente en las comunidades rurales afecta sin duda el avance y desarrollo de su población. Las diferencias entre las comunidades rurales y urbanas influyen en el proceso de socialización de los alumnos, el bullying es el resultado de interacciones sociales no adecuadas entre alumnos que son aprendidas e influenciadas por la cultura, la tecnología, los modelos de comportamiento establecidos en las comunidades; por ello el gran reto del profesorado es brindar las condiciones necesarias para que el alumnado se ajuste a los hábitos, límites y cultura establecidos en un mismo recinto: la escuela. Una de las limitantes del presente estudio es el tamaño de la muestra, por lo que no se pueden generalizar los hallazgos identificados para toda la población.

CONCLUSIONES

La presente investigación permitió identificar las principales diferencias en acoso escolar entre las comunidades rural y urbana. Se concluye que:

- En el contexto urbano hombres y mujeres se encuentran en el mismo riesgo de participar en episodios de bullying (exhibe o recibe agresión extrema, media o exclusión).
- En el contexto educativo rural son las mujeres las que se encuentran en menor riesgo de participar en episodios de bullying.
- En situaciones de acoso escolar el alumnado del contexto urbano solicita más ayuda a los amigos y a la madre que los del contexto rural.

- El alumnado de contexto urbano participa más en episodios de acoso escolar de gravedad media, y el alumnado del contexto rural en situaciones de exclusión.
- En el contexto rural se identificaron tres tipos de roles: acosadores (todo tipo de agresión), víctimas (situaciones de exclusión) y no involucrados. En el contexto urbano se identifican también tres tipos de roles: acosadores (gravedad media), víctima (agresión extrema), no involucrados; en el contexto educativo urbano existen más alumnos que se involucran en episodios de acoso escolar

con agresión más grave que la ejercida en el contexto rural.

Estos resultados delimitan la necesidad de crear y fortalecer programas de prevención y atención con mayor necesidad en los contextos urbano y rural, en este último es conveniente dirigir estrategias específicas de solución y autoprotección. Se identifica la necesidad de seguir comparando los entornos educativos en muestras representativas que permitan generalizar los resultados.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA RUBALCAVA, S. J. et al. Roles desempeñados en el bullying: implicaciones prácticas. En F. J. Pedroza Cabrera y S. J. Aguilera Rubalcava (Eds.), *La construcción de identidades agresoras: el acoso escolar en México* (31-48). México: CONACULTA, 2013.
- AZEVEDO DA SILVA, R. et al. Bullying and associated factors in adolescents aged 11 to 15 years. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, 34(1): 19-24, 2012.
- CASTILLO, C. y PACHECO, M. M. Perfil del maltrato (bullying) entre estudiantes de secundaria en la ciudad de Mérida, Yucatán. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 13(38): 825-842, 2008.
- CERESO, F. y ATO, M. Social status, gender, classroom climate and bullying among adolescent pupils. *Anales de Psicología*, 26(1): 137-144, 2010.
- CERVANTES HERRERA, A. R. y PEDROZA CABRERA, F. J. El Bullying. Una aproximación a la delimitación operacional del concepto. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1(1): 451-460, 2012.
- DE MORAES BANDEIRA, C. y SIMON HUTZ, C. Bullying: prevalência, implicações e diferenças entre os gêneros. *Psicologia Escolar e Educacional*, 16(1): 35-44, 2012.
- DÍAZ AGUADO, M. J. et al. *Prevención de la violencia y lucha contra la exclusión desde la adolescencia*. Madrid, España: INJUVE, 280 pp., 2004.
- HERNÁNDEZ GIRÓN y DOMÍNGUEZ HERNÁNDEZ, M. L. Comunidades rurales y empresa frente a la globalización. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 12(31): 55-61, 2004.
- HOYOS, B. et al. Caracterización del maltrato entre iguales en una muestra de colegios de Barranquilla (Colombia). *Psicología desde el Caribe*, 16, 1-28, 2005.
- KRISTENSEN, S. M. y SMITH, P. K. The use of coping strategies by Danish children classed as bullies, victims, bully/victims, and not involved, in response to different (hypothetical) types of bullying. *Scandinavian Journal of Psychology*, 44(5): 479-488, 2003.
- LEBAKKEN, J. M. *Implementing the Wisconsin bullying prevention curriculum in a family and consumer sciences education classroom*. Tesis de maestría no publicada. University of Wisconsin-Stout, 2008.
- MÁRQUEZ ALGARA, M. G. Familia y conflicto en Aguascalientes. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 35, 61-67, 2006.
- MÉNDEZ, I. y CERESO, F. Bullying y factores de riesgo para la salud en estudiantes de secundaria. *European Journal of Education and Psychology*, 3(2): 209-218, 2010.
- MENDOZA GONZÁLEZ, B. Bullying entre pares y el escalamiento de agresión en la relación profesor-alumno. *Psicología Iberoamericana*, 19(1): 58-71, 2011.
- MENDOZA GONZÁLEZ, B. *Bullying: Los múltiples rostros del acoso escolar*. México: Pax México, 236 pp., 2014.
- MENDOZA GONZÁLEZ, B. Tipos de adolescentes respecto a la violencia escolar. En C. Santoyo (Coords.), *Aristas y perspectivas múltiples de la investigación sobre desarrollo e interacción social* (107-135). México: UNAM-CONACYT, 2012.
- MENDOZA GONZÁLEZ, B. et al. Estructura factorial y consistencia interna del "Cuestionario para medir bullying y violencia escolar". *Ciencia UA T*, 10(1): 6-16, 2015.
- OLWEUS, D. *Bullying en la escuela. IX Reunión Internacional sobre Biología y Sociología de la Violencia. Violencia y Escuela*. Valencia, España, 2005.

- PEDROZA CABRERA, F. J. et al. Estabilidad y cambio en roles de agresor y víctima de episodios de bullying. En F. J. Pedroza y S. J. Aguilera (Eds.), *La construcción de identidades agresoras: el acoso escolar en México* (49-71). México: CONACULTA, 2013.
- SALMIVALLI, C. e ISAACS, J. Prospective relations among victimization, rejection, friendlessness, and children's self and peer-perceptions. *Child Development*, 76(6): 1161-1171, 2005.
- SANTOYO, V. C. (Coord.), *Aristas y perspectivas múltiples de la investigación sobre desarrollo e interacción social*. México: UNAM, 207 pp., 2012.

- YONEYAMA, S. y RIGBY, K. Bullying/Victim students & classroom climate. *Youth Studies Australia*, 25(3): 34-41, 2006.

De páginas electrónicas

- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). *Censo de Población y Vivienda 2010*. (2011). Recuperado el 30 de marzo de 2015, de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>

Relación del consumo de alcohol y trastornos mentales en habitantes de una población rural

Relationship between alcohol consumption and mental disorders in a rural population

Valentina Rivas Acuña^{1*}, Carlos Manuel Rodríguez Hernández¹, María Roxana Arias Guzmán¹, Laura Carrillo Hernández¹, Esmeralda Zetina Contreras¹, Rafael González Jorge¹

Rivas Acuña, V., Rodríguez Hernández, C. M., Arias Guzmán, M. R., Carrillo Hernández, L., Zetina Contreras, E., González Jorge, R. Relación del consumo de alcohol y trastornos mentales en habitantes de una población rural. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 71-77, enero-abril 2016.

RESUMEN

El propósito de la investigación fue determinar la relación del consumo de alcohol y trastornos mentales en una población rural del municipio de Centro, Tabasco, México; mediante diseño correlacional-descriptivo, se aplicaron la Entrevista Neuropsiquiátrica Internacional (MINI) y el AUDIT. La muestra fue de $n=400$, con edad promedio de 34.2 años. El consumo de alcohol fue perjudicial (76%), con predominio en mujeres. Los principales trastornos identificados fueron: ansiedad generalizada, 69.5%; trastorno antisocial de la personalidad, 60%; agorafobia, 57.7%; trastorno por estrés postraumático, 54.5%; riesgo de suicidio, 53.2% y fobia social, 50.5%. El consumo de alcohol correlacionó significativamente ($p < .01$) con: edad ($r = .235$); trastorno por estrés postraumático ($r = .509$); trastorno de ansiedad ($r = -.457$); fobia social ($r = -.332$) y riesgo de suicidio ($r = -.241$). El consumo de alcohol de forma perjudicial indica posible dependencia de alcohol y desarrollo de trastornos de ansiedad, trastornos del estado de ánimo y trastorno antisocial de la personalidad, principalmente.

Palabras clave: consumo de bebidas alcohólicas, trastornos mentales, detección de abuso de sustancias, población rural, salud rural.

Keywords: alcohol drinking, mental disorders, substance abuse detection, rural population, rural health.

Recibido: 29 de agosto de 2014, aceptado: 14 de agosto de 2015

¹ División Académica de Ciencias de la Salud, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

* Autor para correspondencia: vrivasa@hotmail.com

ABSTRACT

The purpose was to determine the relationship of alcohol consumption and mental disorders in a rural population of Centro, Tabasco, Mexico; the International Neuropsychiatric Interview (MINI) and the AUDIT were applied using a correlational descriptive design. The sample consisted of $n=400$, mean age 34.2 years. Alcohol consumption was harmful (76%), predominantly among women. The main problems identified were: generalized anxiety, 69.5%; antisocial personality disorder, 60%; 57.7% agoraphobia; post-traumatic stress disorder, 54.5%; 53.2% suicide risk and social phobia, 50.5%. Alcohol consumption significantly correlated ($p < .01$) with age ($r = .235$); post-traumatic stress disorder ($r = .509$), anxiety disorder ($r = -.457$), social phobia ($r = -.332$) and suicide risk ($r = -.241$). Detrimental consumption of alcohol indicates possible alcohol dependence and development of anxiety disorders, mood disorders and antisocial personality disorder, mainly.

INTRODUCCIÓN

El consumo de bebidas alcohólicas asociado al desarrollo de trastornos mentales está considerado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un grave problema de salud pública, causa serios problemas en los individuos, altera las relaciones de equilibrio que mantiene el ser humano con su organismo y medio ambiente (Ariza y Casullo, 2002; Nebot y Beamonte, 2002).

La práctica de consumir bebidas alcohólicas es muy usual entre la población joven de nuestro país, como lo demuestran las estadísticas de investigaciones efectuadas por diferentes instituciones encargadas del cuidado de la salud y general-

mente conlleva una serie de problemas de índole personal, laboral, familiar, escolar, etc. (Nerin et al., 2009; SSA, 2009).

La *Encuesta Nacional de Adicciones de 2011* (Medina Mora et al., 2012) señala que en la población de 12 a 65 años de edad, 71.3% han probado el alcohol alguna vez en su vida, 80.6% son hombres y 62.6% mujeres. Cuando se compara por grupo de edad, 42.9% de los adolescentes y 77.1% de los adultos respondieron haber probado el alcohol alguna vez en su vida. Los resultados de esta encuesta, consistentes con los estudios que se hacen en poblaciones especiales, indican que el consumo de bebidas alcohólicas en la población rural y urbana de entre 12 y 65 años de edad ha aumentado de 64.9%, observado en 2002, a 71.3% en este periodo (Villatoro et al., 2009, 2011).

En México, particularmente en el estado de Tabasco, el consumo de bebidas alcohólicas es un problema que va en aumento. Situación que se sustenta con la presencia de diversos factores como la ignorancia, los miedos injustificados, los prejuicios sociales y la falta de participación de la población en las acciones de los profesionales de la salud (Martínez y Guinsberg, 2009; Rojas Guiot et al., 2009).

Los estudios en población rural son muy escasos en nuestro país; sin embargo, permiten tener una idea sobre la dimensión del problema dentro de estas comunidades. De acuerdo con un estudio en México, de 38,610 entrevistados 4.8% presentó un trastorno depresivo en los 12 meses previos a la encuesta y 0.4% esquizofrenia. Al analizar estos trastornos por zona, la prevalencia de depresión para población urbana fue de 5.3% y para la rural de 3.3%; la esquizofrenia se presentó de manera similar en ambas regiones (0.4%) (López et al., 2010; Medina Mora et al., 2013).

Otros datos sobre las condiciones de salud rural se reportaron a partir de una investigación realizada con 300 mujeres de 30 a 49 años en seis comunidades de Chiapas, los investigadores encontraron que 6 de cada 10 entrevistadas fueron clasificadas con sintomatología compatible con depresión clínica y una de cada cinco manifestó deseos de quitarse la vida. Los trabajos realizados con población rural en Jalisco documentan una prevalencia de 6.2% de depresión, alguna vez en la vida, reportada con mayor frecuencia entre las mujeres (9.1%) que entre los hombres (2.9%). La prevalencia de "nervios" alcanzó el 15.4% (20.8%

en mujeres y 9.5% en hombres) (Levav et al., 1989; Miranda et al., 2005).

En un estudio realizado en los municipios de Cárdenas, Comalcalco y Centro del estado de Tabasco, se determinaron las posibles causas psicológicas y sociales que incidieron en el individuo suicida y sus principales características fueron: hombre, 32.5 años, nace en área rural, casado, católico, estudió primaria, con intentos previos de suicidio y manifestaciones previas de alteraciones en el estado de ánimo como tristeza, irritabilidad, tensión, desinterés o apatía. Los resultados obtenidos sugieren que los individuos aquí estudiados presentaron conductas de alarma previas al suicidio y que fueron manifiestas en la familia, mas no fueron detectadas como importantes o significativas por los miembros de la familia como para ser consideradas de riesgo suicida (Ortiz Maldonado et al., 2002).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la relación del consumo de alcohol y la presencia de trastornos mentales en una población rural del municipio de Centro del estado de Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño del estudio fue no experimental de tipo descriptivo-correlacional. La población estuvo constituida por 2,000 personas de la comunidad rural Acachapan y Colmena 1a sección, del municipio de Centro, Tabasco. El muestreo fue probabilístico aleatorio simple. El tamaño de la muestra fue de 400 habitantes obtenido con 95% de confianza y 5% de margen de error. La muestra fue seleccionada mediante un sorteo, se eligió aleatoriamente a los participantes. Se utilizaron dos instrumentos y una cédula de datos personales compuesta por 10 preguntas sobre información sociodemográfica (edad, sexo, estado civil, ocupación, lugar de trabajo, escolaridad, religión, actividad religiosa); la Mini Entrevista Neuropsiquiátrica Internacional (MINI, por sus siglas en Inglés) desarrollada por Shehan et al. (1997) es una herramienta útil en atención primaria; sirve para diagnosticar depresión, fobias, riesgo de suicidio, trastornos de ansiedad generalizada, agorafobia, abuso o dependencia de sustancias tóxicas. Está compuesta por 124 ítems distribuidos en 10 dimensiones, el tipo de respuesta es dicotómica (sí/no), las dimensiones son: 1) Episodio depresivo mayor (25 ítems); 2) Trastorno distímico (11 ítems); 3) Riesgo de suicidio (13 ítems); 4) Trastorno de angustia

(19 ítems); 5) Agorafobia (5 ítems); 6) Fobia social (4 ítems); 7) Trastorno obsesivo compulsivo (7 ítems); 8) Trastorno de estrés postraumático (16 ítems); 9) Trastorno de ansiedad generalizada (10 ítems) y 10) Trastorno antisocial de la personalidad (14 ítems). Cada dimensión tiene una o más preguntas que permiten establecer el diagnóstico del trastorno mental correspondiente y el investigador debe responder la última pregunta para obtener el diagnóstico del mismo.

El consumo de bebidas alcohólicas se determinó con el Test de Identificación de los Trastornos Debidos al Consumo de Alcohol (AUDIT, por sus siglas en Inglés) y tiene una escala de puntuación de 0 a 4 puntos. De acuerdo a las secciones del mismo, una puntuación > 1 en la pregunta 2 o 3 indica un consumo en un nivel de riesgo. Una puntuación > 0 en las preguntas 4-6 implica la presencia o inicio de una dependencia de alcohol. Los puntos de las preguntas 7-10 indican daños relacionados con el alcohol (9). En cuanto a la clasificación de los tipos de consumo se sumaron el total de los reactivos y los puntos de corte del AUDIT, son los siguientes: de 0 a 3 se considera consumo de riesgo, entre 4 y 6 puntos obtenidos se considera que el tipo de consumo es dependiente, de 7 o más puntos el tipo de consumo se clasifica como perjudicial. En general, puntuaciones iguales o mayores a 8 son indicadores de consumo de riesgo y consumo perjudicial, así como una posible dependencia de alcohol (Babor et al., 2001).

Para la recolección de los datos se realizaron las siguientes actividades: se informó al centro de salud y al delegado de la comunidad sobre la realización de la investigación, se solicitó autorización para hacer uso de las tarjetas del Censo Nacional y extraer datos de la familia y de la vivienda. Se revisaron minuciosamente las tarjetas, con el dato del número de integrantes por familia y viviendas, mediante sorteo se determinó aleatoriamente a los participantes. La participación fue libre y voluntaria mediante el consentimiento informado y se garantizó a las personas la confidencialidad y el anonimato. Se excluyeron personas con evidentes problemas cognitivos o sensitivos que les imposibilitaran responder la entrevista (sujetos alcoholizados o bajo los efectos de alguna droga o medicamento); los instrumentos fueron administrados en forma de entrevista en los hogares de las personas (padre, madre de familia o un familiar mayor de 18 años), en un tiempo de 30 minutos. La investigación se apejó a las disposiciones

establecidas en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (21). Los datos fueron procesados con el paquete estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versión 18.0.

RESULTADOS

Análisis de frecuencias simples

Se entrevistó a 400 personas; 171 hombres (42.8%) y 229 (57.3%) mujeres de la comunidad rural Acachapan y Colmena 1° sección del municipio de Centro, las edades fluctuaron desde 18 hasta 69 años, con un promedio de 34.2 años de edad ($DE= 11.8$; 18-69), 40.8% fueron solteros (Tabla 1).

Tabla 1. Características sociodemográficas de los participantes

Variable	f	%	
Sexo	Masculino	171	42.7
	Femenino	229	57.3
Edad	18-34	234	58.5
	35-51	133	33.3
	52-69	33	8.2
Estado civil	Casado	130	32.5
	Viudo	47	11.7
	Divorciado	60	15.0
	Soltero	163	40.8
Escolaridad	Primaria	26	6.5
	Secundaria	61	15.2
	Bachillerato	124	31.0
	Universidad	189	47.3
Ocupación	Estudia solamente	106	26.5
	Estudia y trabaja	83	20.8
	Trabaja	150	37.5
	No trabaja	61	15.3
Religión	Católico	131	32.7
	Testigo de Jehová	47	11.7
	Adventista	60	15.0
	Mormón	57	14.3
	Otra	48	12.0
	Ninguna	57	14.3
Escolaridad	Estudia solamente	106	26.5
	Estudia y trabaja	83	20.8
	Trabaja	150	37.5
	No trabaja	61	15.3

Fuente: Cédula de Datos Personales (CDP) $n = 400$.

En el análisis realizado por dominios del AUDIT (Tabla 2) sobresalen consumo perjudicial de alcohol y consumo de riesgo de alcohol, 72.9% de los hombres revelaron consumo de riesgo de alcohol y 66.8% de las mujeres presentaron consumo perjudicial de alcohol. Los trastornos mentales con

mayor prevalencia fueron: en los hombres, trastornos de ansiedad generalizada (69.5%) y agorafobia (51.5%) y en las mujeres trastorno antisocial de la personalidad (58.8%) y riesgo de suicidio (57.3%).

Tabla 2. Tipo de consumo de alcohol y trastornos mentales por sexo

Variable	Masculino n= 171		Femenino n= 229	
	f	%	f	%
Consumo de riesgo de alcohol	70	72.9	26	27.1
Consumo perjudicial de alcohol	101	33.2	203	66.8
Riesgo de suicidio	91	42.7	122	57.3
Agorafobia	119	51.5	112	48.5
Fobia social	95	47.0	107	53.0
Estado por estrés postraumático	103	47.2	115	52.8
Trastorno de ansiedad generalizada	171	61.5	107	38.5
Trastorno antisocial de la personalidad	99	41.2	141	58.8

Fuente: AUDIT, MINI Entrevista Neuropsiquiátrica Internacional.

La Tabla 3 muestra la distribución del consumo de alcohol de riesgo y perjudicial por sexo y los trastornos mentales; llama la atención que del

sexo masculino en el grupo de los que tienen un consumo perjudicial los principales trastornos fueron: ansiedad generalizada (59.1%) y trastorno de estrés postraumático 46.8%; en el grupo calificado como consumo de riesgo, destacan el trastorno de ansiedad generalizada y riesgo de suicidio (40.9%). Un hallazgo de esta investigación fue que el tipo de consumo de alcohol en las mujeres fue perjudicial y los trastornos que sobresalen son la ansiedad generalizada (61.6%) y riesgo de suicidio (53.3%).

Con la finalidad de identificar las relaciones entre las variables principales del estudio se realizó un análisis de correlación de Spearman, se observa que la edad presentó una correlación con el trastorno antisocial de la personalidad ($r = .134$; $p = .01$) y el consumo de alcohol ($r = .235$; $p = .01$), lo que indica que a mayor edad, mayor riesgo de desarrollar problemas antisociales de la personalidad y mayor riesgo de presentar consumo perjudicial de alcohol (Tabla 4). También se encontró una relación negativa y significativa $p < .01$ entre la edad y el riesgo de suicidio ($r = -.632$), agorafobia ($r = -.349$), fobia social ($r = -.169$), lo que indica que a menor edad, mayor riesgo de desencadenar problemas de suicidio y miedos sociales. El consumo de alcohol se relacionó de manera inversa con el trastorno de estado por estrés postraumático ($r = -.509$), trastorno de ansiedad ($r = -.457$) y fobia social ($r = -.332$); es decir, a mayor

Tabla 3. Consumo de alcohol y trastornos mentales de mayor prevalencia por sexo

Sexo/Trastorno	Consumo			
	Riesgo		Perjudicial	
	f	%	f	%
Masculino				
Riesgo de suicidio	70	40.9	21	12.3
Agorafobia	-	-	75	43.9
Trastorno de estrés postraumático	23	13.5	80	46.8
Ansiedad generalizada	70	40.9	101	59.1
Trastorno de ansiedad personalizada	49	26.7	50	29.2
Fobia social	44	25.7	51	29.8
Femenino				
Riesgo de suicidio	-	-	122	53.3
Agorafobia	-	-	86	37.6
Trastorno de estrés postraumático	-	-	115	50.2
Ansiedad generalizada	26	11.4	81	35.4
Trastorno de ansiedad personalizada	-	-	141	61.6
Fobia social	26	11.4	81	35.4

Fuente: AUDIT, MINI Entrevista Neuropsiquiátrica Internacional. n= 400.

Tabla 4. Matriz de Correlación de Spearman de Variables Principales

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Edad	1							
2. Riesgo de suicidio	-.632**	1						
3. Agorafobia	-.349**	.040	1					
4. Fobia social	-.169**	-.116*	.601**	1				
5. TEPT	.114*	-.333**	-.253**	-.332**	1			
6. Trast. de ansiedad	.046	-.283**	.434**	.332**	-.267**	1		
7. TAP	.134**	-.192**	-.430**	-.492**	.586**	-.197**	1	
8. Consumo de alcohol	.235**	-.241**	-.065	-.332**	-.509**	-.457**	.123*	1

Nota: * $p < .05$; ** $p < .01$; TEPT= Trastorno de estrés postraumático; TAP= Trastorno antisocial de la personalidad.

consumo de alcohol, mayor riesgo de desarrollar trastornos por estrés y problemas de ansiedad y fobia.

DISCUSIÓN

El consumo perjudicial de alcohol existe cuando la persona sobrepasa los límites establecidos para un consumo sin riesgo, este hábito en el consumo se hace de forma progresiva y produce trastornos mentales y somáticos o conflictos en las relaciones personales, sociales o laborales (Seva Fernández y García Lacoma, 2010). En este sentido, el consumo perjudicial de alcohol fue la forma de consumo que más presencia tuvo dentro de la muestra estudiada, probablemente porque las personas de esta población rural tienen fácil acceso al consumo de bebidas alcohólicas. Esto sucede particularmente los fines de semana, cuando el consumo se intensifica de una manera más notoria, pues existen expendios y lugares clandestinos que comercian con estas sustancias e inclusive buscan alternativas y estrategias de venta que incitan a las personas a realizar un consumo más elevado.

De acuerdo al consumo de alcohol por sexo se registró que las mujeres presentaron un consumo perjudicial de alcohol muy alto. Este hallazgo es sorprendente por el hecho de suponer que las mujeres de esta población buscan en el alcohol una salida fácil a las preocupaciones, problemas y enfermedades de la vida cotidiana y esto lejos de llevarlas a un estado de relajación eleva aún más la carga de problemas en la parte física, psicológica, emocional, espiritual y social; pero además por las graves consecuencias para su salud, pues por su fisiología, es más vulnerable a sufrir complicaciones hepáticas y generar más rápidamente la adicción

al alcohol debido al menor peso, menor proporción de agua en el organismo, mayor porcentaje de ácidos grasos y a la tendencia a metabolizar el alcohol más lentamente que los hombres, debido a los niveles bajos de alcohol deshidrogenasa en la mucosa del estómago (APA, 2004; Seva Fernández y García Lacoma, 2010).

Por otro lado, los trastornos mentales pueden constituir un factor de riesgo para el desarrollo del abuso en el consumo de alcohol y modificar consecuentemente el curso del trastorno adictivo; existe evidencia en el sentido de que el trastorno de personalidad antisocial aumenta la probabilidad de una ingesta excesiva, que la depresión complica el tratamiento del consumo perjudicial de alcohol y algunos síntomas psiquiátricos aparecen en el curso de una intoxicación crónica por alcohol. Por otro lado, el consumo perjudicial de alcohol puede llevar a depresión y a ansiedad (APA, 2004; Sadock y Sadock, 2005; Seva Fernández y García Lacoma, 2010).

En este estudio, los trastornos mentales observados con mayor prevalencia entre los sujetos que presentaron consumo perjudicial de alcohol fueron ansiedad, trastorno antisocial de la personalidad, agorafobia y riesgo de suicidio. Estos resultados coinciden con el estudio de Casas y Guardia (2002), quienes señalan que las personas con algún trastorno mental en concurrencia con el consumo perjudicial de alcohol tienen mayor riesgo de suicidio y de tener otros problemas legales o médicos, y que también las personas con problemas de dependencia a sustancias como el alcohol son más vulnerables a desarrollar trastornos mentales. Por otro lado, el tipo de comunidad en la que habitan los

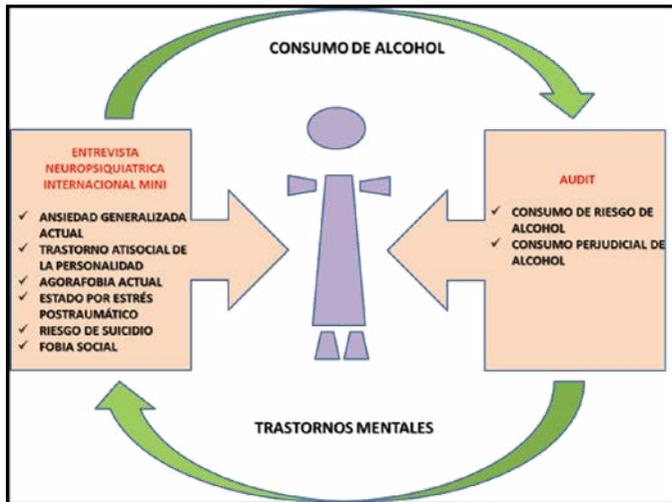


Figura 1. El consumo perjudicial de alcohol puede conducir al desarrollo de trastornos mentales. Elaboración propia.

participantes es una zona rural, marginada, con falta de apoyo para la atención de la identificación de trastornos mentales y del consumo de alcohol como problemas de salud en particular y a oportunidades de crecimiento personal. Llama la atención en esta muestra la proporción de personas con desempleo, probablemente por la incapacidad producida por el consumo perjudicial de bebidas alcohólicas y/o los trastornos mentales comórbidos presentes, que en conjunto alteran los procesos cognitivos y afectivos del desenvolvimiento individual considerado como normal manifestados en trastornos del razonamiento, del comportamiento, de la facultad de reconocer la realidad y de adaptarse a las condiciones de la vida. El desempleo resultó estar significativamente asociado a la presencia de trastornos depresivos (Belló et al., 2005).

Las personas más vulnerables a presentar algún trastorno mental fueron las personas adultas jóvenes de 18 a 34 años y estado civil solteras. La literatura indica que el inicio temprano de los trastornos mentales se ha asociado con mayor riesgo de dependencia a drogas; se ha demostrado que cuando anteceden trastornos como ansiedad y depresión el riesgo de desarrollar dependencia en el consumo de sustancias se incrementa de 3 a 10 veces (Medina Mora et al., 2013).

Los resultados de este estudio señalan que el riesgo de suicidio se correlacionó de forma negativa y significativa con el trastorno de estrés postraumático, la ansiedad y el consumo de alcohol; lo que indica que a mayor presencia de riesgo de suicidio mayor disposición para presentar trastorno de estrés postraumático, ansiedad y consumo perjudicial de alcohol. Las mujeres presentaron un alto porcentaje de riesgo de suicidio y trastorno antisocial de la personalidad, mientras que los hombres registraron con mayor frecuencia los trastornos de ansiedad generalizada y agorafobia.

CONCLUSIONES

El consumo perjudicial de alcohol es un indicador de la dependencia del consumo de bebidas alcohólicas que produce sintomatología compatible con diversos trastornos, entre los que se destacan trastornos de ansiedad (agorafobia, fobia social, ansiedad generalizada y trastorno de estrés postraumático), trastornos del estado de ánimo (riesgo de suicidio), y trastorno antisocial de la personalidad. El consumo perjudicial de alcohol se incrementa entre quienes reportaron mayor prevalencia de trastornos mentales, esto permite demostrar que entre mayor es el nivel de consumo de alcohol mayor serán los problemas de salud mental asociados al consumo. Además, en este estudio, las mujeres más que los hombres presentaron mayor consumo perjudicial de alcohol.

En este sentido, vale la pena continuar con estudios que valoren los factores ambientales e interpersonales sobre las actitudes hacia la bebida, los efectos sobre el estado de ánimo y el comportamiento y las experiencias adquiridas por el consumo de alcohol tanto en hombres como en mujeres; sin olvidar los factores genéticos para reconocer a aquellas personas con mayor vulnerabilidad de desarrollar riesgo elevado en el consumo de bebidas alcohólicas, con ello evitar desenlaces fatales y generar acciones tendientes a incidir sobre la problemática encontrada, así como propiciar un desenvolvimiento más sano y armónico de la población tabasqueña.

LITERATURA CITADA

- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales Texto revisado. DSM IV-TR*. 3 ed. Barcelona, España: Elsevier, 2004.
- ARIZA, M. y CASULLO, M. M. Factores socioculturales y presencia de psicopatologías en poblaciones de distintas localidades argentinas. *Acta Psiquiátrica y Psicológica de América Latina*, 30(10): 11–20, 2002.
- BABOR, F. T. et al. *AUDIT. Cuestionario de Identificación de los Trastornos debidos al Consumo de Alcohol. Pautas para su utilización en atención primaria* (Martínez Raga, J. et al., Trads.). Ginebra, Suiza: OMS, 2001.
- BELLÓ, M. et al. Prevalence and diagnosis of depression in Mexico. *Salud Pública de México*, 47(1): S4-S11, 2005.
- CASAS, M. y GUARDIA, J. Patología psiquiátrica asociada al alcoholismo. *Adicciones*, 14(1): 195-219, 2002.
- GUTIÉRREZ, R. et al. El consumo de drogas en una muestra de pacientes ambulatorios y la presencia de enfermedades psiquiátricas. *Revista de Psiquiatría y Salud Mental*, 40(1): 5-19, 2011.
- INSP (INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA)-INPRFM (INSTITUTO NACIONAL DE PSIQUIATRÍA RAMÓN DE LA FUENTE MUÑIZ)-SSA (SECRETARÍA DE SALUD). *Encuesta Nacional de Adicciones 2008*. México: Autor, 2009.
- LEVAV, I. et al. Salud mental para todos en América Latina y el Caribe. Bases epidemiológicas para la acción. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 107(3): 196-219, 1989.
- LÓPEZ, M. J. et al. Salud Mental: imágenes y realidades. *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 13(1): 5-17, 2010.
- MARTÍNEZ G., A. B. y GUINSBERG B., E. Investigación cualitativa al estudio del intento de suicidio en jóvenes de Tabasco. *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*, 27(1): 32-38, 2009.
- MARTÍNEZ, M. S. *Alcoholismo*. 2 ed. D. F., México: McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- MEDINA MORA, M. E. et al. *Encuesta Nacional de Adicciones 2011: Reporte de Alcohol*. D.F., México: INPRFM-INSP-SSA, 2012.
- MEDINA MORA, M. E. et al. Las drogas y la salud pública: ¿hacia dónde vamos? *Salud Pública de México*, 55(1): 67-73, 2013.
- MIRANDA, L. et al. Características de la violencia doméstica y las respuestas de las mujeres en una comunidad rural del municipio de las Margaritas, Chiapas. *Salud Mental*, 21(6): 19-26, 2005.
- MORA, I. M. E. et al. Prevalencia de trastornos mentales y uso de servicios: Resultados de la Encuesta Nacional de Epidemiología Psiquiátrica en México. *Salud Mental*, 26(4): 1-15, 2003.
- NEBOT, F. E. J. y BEAMONTE, S. A. A. Consumo de drogas en estudiantes de la salud de una Universidad Privada de Lima, Perú. *Revista Latino Americana de Enfermagem*, 51(6): 496-504, 2002.
- NERÍN, I. et al. Predicción del abuso en el consumo en jóvenes. *Revista de Psiquiatría y Salud Mental*, 28(2): 82- 90, 2009.
- ORTIZ MALDONADO, E. et al. Factores de riesgo suicida en los municipios de Cárdenas, Comalcalco y Centro del estado de Tabasco. *Salud en Tabasco*, 8(3): 107-114, 2002.
- ROJAS GUIOT, E. et al. Tendencias del consumo de drogas de 1998 a 2005 en tres ciudades de la zona norte de México: Ciudad Juárez, Monterrey y Tijuana. *Salud Mental*, 32(1): 13-19, 2009.
- SADOCK, B. J. y SADOCK, V. A. *Kaplan & Sadock's pocket handbook of clinical psychiatry*. 4 ed., Philadelphia, PA, US: Wolters Kluwer-Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
- SSA (SECRETARÍA DE SALUD). *Reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud*. México, D. F., México: Autor, 2009.
- SEVA FERNÁNDEZ, A. y GARCÍA LACOMA, M. Alcoholismo. En F. Ortuño, *Lecciones de Psiquiatría*. Madrid, España: Panamericana, 2010.
- TAYLOR, B. et al. *Alcohol, género, cultura y daños en las Américas: reporte final del estudio multicéntrico*. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 2007.

De páginas electrónicas

- SSA (SECRETARÍA DE SALUD). Modificación de la Norma Oficial Mexicana para la prevención, tratamiento y control de las Adicciones (NOM-028-SSA2-2009). *Diario Oficial de la Federación*, 23 de junio de 2009. Recuperado de <http://www.conadic.salud.gob.mx/pdfs/publicaciones/nom028.pdf>

Problemas y soluciones en el diseño de reactores enzimáticos

Problems and solutions in the design of enzymatic reactors

Luis Eduardo Ceballos Camargo^{1*}, Lorena Farías Cepeda¹, Lucero Rosales
Marines¹

Ceballos Camargo, L. E., Farías Cepeda, L., Rosales Marines, L. Problemas y soluciones en el diseño de reactores enzimáticos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 78-85, enero-abril 2016.

RESUMEN

Los reactores enzimáticos utilizan como catalizador una enzima durante el proceso de reacción. Han recibido atención tanto en el ámbito de investigación como industrial ya que son amigables con el medio ambiente y tienen aplicaciones tanto en la industria química como alimentaria, farmacéutica, biotecnológica, entre otras. En la presente revisión se analizan los problemas más comunes en el diseño de reactores enzimáticos, así como las soluciones reportadas y el tipo de operación.

ABSTRACT

Enzymatic reactors are a class of reactors that use an enzyme as catalyst during the reaction process. They have received attention because they are environmentally friendly and they have applications in chemical, food, pharmaceutical, biotechnological and other industries. The present review analyzes the most common problems related to the design of those, as well as the solutions to overcome them and the operation type.

Palabras clave: reactores enzimáticos, diseño de reactores, reactores de membrana, biotecnología, transferencia de masa.

Keywords: enzymatic reactors, reactors design, membrane reactors, biotechnology, mass transfer.

Recibido: 30 de octubre de 2014, aceptado: 9 de octubre de 2015

¹ Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila.

* Autor para correspondencia: luis_ceballos@uadec.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La ingeniería de bioprocesos tiene que ver con el desarrollo de técnicas para la fabricación de productos en los que se involucra un sistema biológico como parte del procedimiento. También estudia el diseño de biorreactores y su modo de operación e involucra el uso de principios de ingeniería mediante elementos biológicos tales como seres vivos, células, organelos celulares, enzimas; entre otros.

La ingeniería de bioprocesos cubre diversas áreas, desde el desarrollo de biocatalizadores hasta las aplicaciones de enzimas en el contexto industrial. Las enzimas pueden forzar reacciones para que procedan en la dirección deseada, incrementar su selectividad; pero para esto es necesario estabilizar las condiciones de reacción requeridas en las cuales las enzimas puedan ser utilizadas para síntesis a gran escala (Cherry y Fidantsef, 2003).

En el presente trabajo se revisaron investigaciones acerca de los reactores enzimáticos para conocer los problemas más comunes en su diseño, así como el tipo de operación y las variables que hay que considerar en el diseño de estos.

Aplicaciones

Las ventajas de los sistemas biológicos incluyen selectividad del sustrato, regioselectividad, quimioselectividad, enantioselectividad y catálisis a temperatura y presión ambiente (Thomas et al., 2002).

Los procesos de resolución enzimática se utilizan para separar enantiómeros en una mezcla racémica y para producir compuestos enantioméricamente puros. La aplicación más importante es

la síntesis de fármacos, pero también se utiliza en la producción de algunos agroquímicos, saborizantes y fragancias (Panke y Wubbolts, 2002).

Los reactores enzimáticos tienen muchas aplicaciones, especialmente en el ramo de la industria alimentaria. Se pueden utilizar enzimas presentes en microorganismos para producir yogur, cerveza y vino. También se pueden utilizar las enzimas de manera aislada sin incluir a los organismos que la producen (Carrasco, 2015). Una de las aplicaciones más recientes es la obtención de pigmentos compatibles con los alimentos por medio de fermentadores que obtienen el pigmento deseado a bajo costo utilizando desechos orgánicos (Bühler et al., 2013).

Otra consideración para tomar en cuenta es que la explotación de recursos fósiles y los problemas de contaminación asociados han elevado considerablemente las preocupaciones ambientales. Es por ello que existe la necesidad de utilizar materias primas renovables para la producción de químicos, materiales, combustibles y energía (Jaramillo et al., 2013). El concepto de biorrefinería pretende desarrollar las instalaciones actuales basadas en cultivos alimenticios para la producción de biocombustibles a partir de aceites vegetales, azúcares, granos y hacer instalaciones nuevas donde se pueda fraccionar toda la biomasa en materias primas adecuadas para transformalas en materiales, polímeros, productos químicos, combustibles y energías (Sastre, 2015).

Impacto ambiental

La mayoría de las enzimas se utilizan, en especial para la degradación de varias sustancias naturales, debido a su acción hidrolítica. Las enzimas se pueden utilizar en la industria de detergente, almidón, alimentos, textil, papel, grasas y aceites, síntesis orgánica, cuidado de la piel y personal (Beilen, 2002; Kirk et al., 2002).

La sustentabilidad de un proceso se relaciona con el uso de energía y materias primas, producción de residuos, seguridad del proceso y calidad del producto. Estos factores se traducen en costos de producción y contribuyen para mejorar la competitividad, especialmente en países altamente regulados. Gracias a los procesos enzimáticos se pueden reducir considerablemente las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y agua residual (Schmid et al., 2002).

A lo largo del siglo pasado se ha ejercido presión sobre el gobierno, la industria y ha incrementado la conciencia de los efectos de la contaminación. La polución ambiental no es evitable, por eso existe una creciente demanda para reemplazar los procesos tradicionales por otros menos contaminantes o no contaminantes. El uso de enzimas en procesos industriales está relacionado a una baja en el consumo de energía y sustancias químicas, por lo que se beneficia el medio ambiente. Las enzimas catalizan las reacciones bajo condiciones moderadas (temperatura, pH, solvente y fuerza iónica), por lo que las enzimas representan una alternativa para la remoción de contaminantes de corrientes de desperdicio. La especificidad de las enzimas da la ventaja de que evita reacciones paralelas no deseadas que incrementarían el consumo del reactivo y del tratamiento (Demarche et al., 2012).

Los reactores de membrana enzimática son una nueva clase de biorreactores que permiten prolongar la vida de la enzima como catalizador y reducir el costo de operación. Otra ventaja de este tipo de reactores es su capacidad de separación de productos (Staniszewski, 2010b).

Configuración y tipo de operación del reactor

Los reactores de tanque agitado son los más utilizados en los procesos industriales. Se utilizan debido a que cuentan con el mejor mezclado de las especies reactivas (Aghbolaghy y Karimi, 2014). Los reactores de tanque agitado, tanto por lotes como continuos, se utilizan en los procesos enzimáticos; pero para actividades de investigación y prueba se prefieren los reactores por lotes porque son más flexibles y fáciles de controlar. Comúnmente están hechos de acero inoxidable montados sobre un soporte adecuado y carecen de deflectores; consisten en un tanque cilíndrico con fondo cónico, se calientan mediante un serpentín eléctrico. Se prefieren los reactores por lotes sobre los continuos cuando la velocidad de reacción es muy lenta (Anyanwu et al., 2012).

Ghorbanpour Khamseh y Miccio (2012) hicieron un comparativo de los tipos de operación de un reactor de tanque, ya sea por lotes, continuo o semilotes. La reacción que estudiaron fue la obtención de bioetanol a partir de residuos de cáscara de naranja, asumiendo que la enzima se encuentra libre y que el mezclado es ideal. La enzima que utilizaron fue Pectinex Ultra SP-L de *Aspergillus aculeatus*.

Los experimentos se llevaron a cabo a 50 °C, los principales componentes de los residuos de la cáscara de naranja son celulosa y pectina. Encontraron que la conversión es menor cuando la operación es en continuo a comparación de la operación por lotes, lo anterior sugiere que se debe a la naturaleza del proceso continuo con respecto a las restricciones del balance de masa. La ventaja de trabajar en continuo es la salida constante de producto, lo cual se vuelve más atractivo cuando se adopta un sistema de inmovilización de enzimas. Cuando se opera el reactor en semilotes con alimentación se observa que la conversión disminuye, lo cual es atribuido a que el fluido fresco que entra no tiene el tiempo de residencia necesario para reaccionar. También operaron el reactor en semilotes con salida y obtuvieron la misma conversión de salida que en la operación por lotes, lo anterior tiene sentido puesto que el flujo de salida corresponde a un cambio en el volumen. Gracias a esto es posible conocer que la mejor forma de operar el reactor es en continuo.

Por otro lado, Abbott et al. (2014) hicieron una comparación entre los reactores de tanque agitado y los de deflector oscilatorio para la sacarificación de celulosa. Los reactores de deflector oscilatorio poseen una configuración que proporciona ventajas como mezclado uniforme con bajo cizallamiento, mejor transferencia de masa, escalabilidad usando relaciones lineales y la posibilidad de desarrollar procesos bajo condiciones de flujo pistón. Estos reactores consisten en un tubo, generalmente de 10 a 150 mm de diámetro interno y contienen platos de deflector horadados equiespaciados. Un pistón localizado en uno de los lados del tubo columpia de ida y vuelta, lo que genera un flujo oscilatorio requerido para el mezclado y la formación de vórtice. Los autores demostraron que la potencia requerida para la reacción es mucho menor para el reactor de deflector oscilatorio (2.36 W/m^3) que para el de tanque agitado (37.2 W/m^3) para lograr conversiones similares, además de que el escalamiento se puede hacer con relaciones lineales. Este equipo se muestra en la Figura 1.

Sistemas multifásicos

Las enzimas generalmente se usan en medios acuosos, puesto que cuando son utilizadas en líquidos orgánicos reducen considerablemente su actividad catalítica. Sin embargo, hay otras que son liposolubles, y dentro de esta clase hay algunas que producen agua como subproducto de reacción. Por

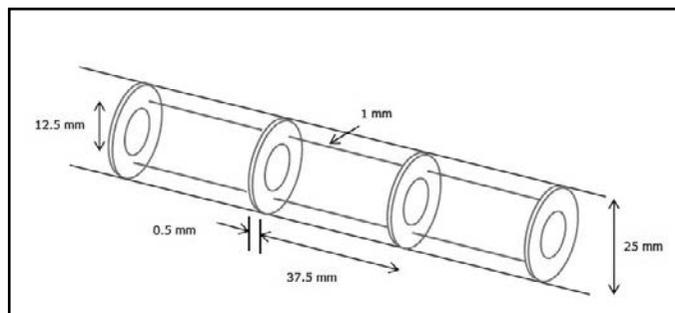


Figura 1. Reactor de deflector oscilatorio (Abbott et al., 2014).

esta razón es importante el control de agua cuando se llevan a cabo reacciones enzimáticas en solventes orgánicos, sobre todo cuando se produce durante la reacción. Un sistema ideal sería que se removiera el agua de la mezcla de reacción para evitar problemas ocasionados por la presencia de una segunda fase.

El uso de reactores de flujo es limitado cuando se utilizan enzimas. Los principales problemas son los largos tiempos de residencia y que también son sistemas heterogéneos. Se usan reactores con sistemas de mezclado estático, con flujo turbulento, se utilizan deflectores y altas velocidades a través del canal para tener una buena agitación. Esto implica tener tubos largos y angostos.

Hama et al. (2013) desarrollaron un reactor de lecho empacado (PBR, por sus siglas en Inglés) para la obtención de biodiesel a partir de aceite residual de cocina. El reactor consiste en un tubo de acero inoxidable empacado con lipasa inmovilizada, en el cual se introduce la mezcla de reacción usando una bomba de diafragma; además cuenta en su parte inferior con un sistema de separación por decantación. Esto se puede ver en la Figura 2.

En algunas reacciones se requiere oxígeno como cosustrato y se agrega al reactor por medio de rociado. Inicialmente, las reacciones se llevan a cabo con oxígeno limitado debido a las restricciones de transferencia de masa gas-líquido. Esto implica tener presente una fase gaseosa además de la líquida, que es en la cual sucede la reacción. Entonces es posible tener dos, tres o hasta cuatro fases dependiendo del sistema de reacción.

Gasparini et al. (2012) llevaron a cabo un proceso en el cual se tenían diversas fases, gas (oxígeno), líquido (solución de alanina) y sólido (la enzima inmovilizada). Se utilizó un Coflore ATR®, reactor

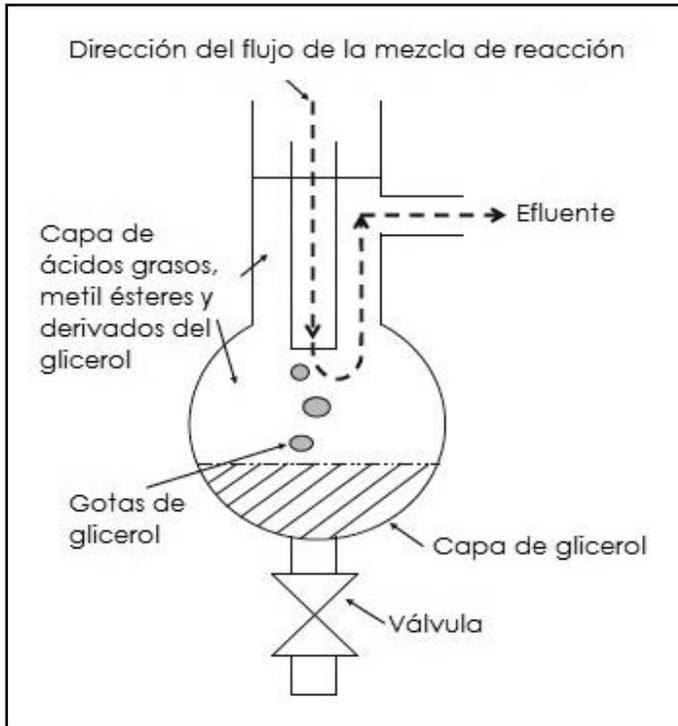


Figura 2. Sistema de separación de fases, modificado de Hama et al. (2013).

tubular con agitadores libres. Esos agitadores generan mezclado radial y los tubos de reacción están sujetos a oscilaciones laterales. Esto hace que se mantenga el flujo y un buen mezclado. Ellos trabajaron por lotes y en continuo. Descubrieron, al trabajar por lotes, que el mayor obstáculo es la introducción de oxígeno, entonces es necesario que haya exceso de oxígeno y un buen mezclado para obtener tiempos de reacción cortos. También encontraron que al incrementar la agitación aumenta la velocidad de reacción, el problema que tuvieron al escalar su sistema es que mientras se incrementa el tamaño físico del reactor

no se mantiene uniforme la dispersión del gas y para lograr la eficiencia de mezclado se requiere de mayor energía. Como resultado, el equipo necesario será de gran tamaño para mantener el rendimiento de la reacción. Mediante un reactor continuo se eliminan algunas de las restricciones de escalado. Por ejemplo, el reactor Coflore tiene un sistema de movimiento lateral que ayuda a la agitación, lo que elimina el problema de separación de fases causado por fuerzas centrífugas. Al hacer el escalado se mantiene la velocidad de reacción sin cambiar, además utiliza menor excedente de oxígeno. Al escalar un reactor por lotes hay que cambiar diámetros, alturas y velocidad de agitación. En cambio, al utilizar un reactor continuo tubular puede solo incrementarse la longitud del tubo y mantener la distribución líquido-gas constante. Otra ventaja que se tiene con este dispositivo es que la caída de presión a lo largo del reactor es menor. Esto tiene impacto en la selección y costo de bombas en comparación con un reactor por lotes.

A pesar de que las enzimas pueden ser más costosas que un químico quiral auxiliar, solo son necesarias en cantidades catalíticas. El medio más común para las reacciones enzimáticas es el agua; sin embargo, también pueden ser utilizadas en solventes orgánicos, líquidos iónicos y fluidos supercríticos.

Székely et al. (2013) utilizaron la enzima Lipasa B obtenida de *Candida antarctica* para la obtención de trans-1-acetoxi-2-ciclohexanol y trans-1,2-diacetoxiciclohexano a partir de trans-1,2-ciclohexandiol y acetato de vinilo. Llevaron a cabo la reacción en CO₂ supercrítico con el propósito de favorecer la transferencia de masa y mantener la velocidad de reacción con la ventaja de que el CO₂

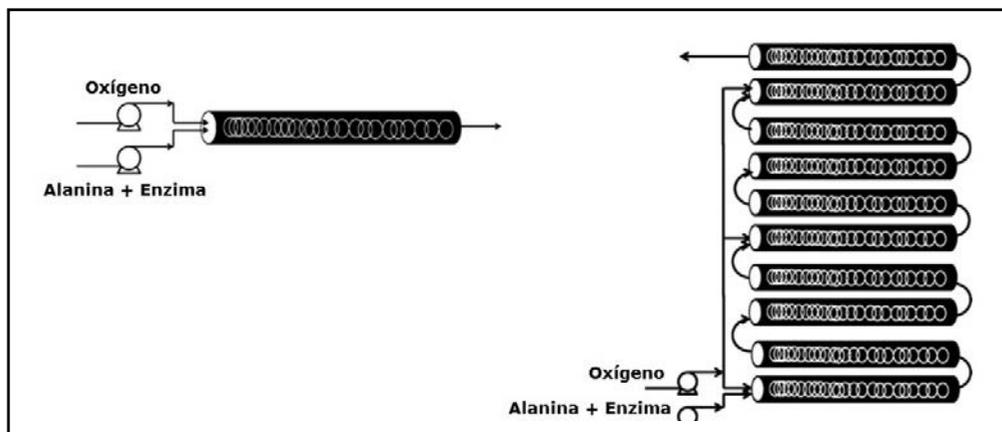


Figura 3. Escalamiento de reactores tubulares. Imagen modificada de Gasparini et al. (2012).

no es tóxico, no es inflamable y no es costoso. Se demostró que los tiempos de residencia altos dan altas conversiones con buenos excesos enantioméricos, que los tiempos de residencia bajos no llevan a cabo completamente la reacción y que hay un tiempo de residencia en el cual la productividad es máxima. También quedó demostrado que si se trabaja por lotes se necesitan grandes tiempos de operación y que si se utiliza un reactor continuo se pueden tener tiempos de residencia cortos y con un rendimiento mayor que en operación por lotes.

Reactores con enzimas inmovilizadas

Las enzimas tienen la cualidad de poderse inmovilizar sobre diferentes matrices para obtener un reactor enzimático reutilizable. Para lograr la inmovilización se pueden atrapar, entrecruzar, unir covalentemente o ser físicamente adsorbidas sobre las matrices; las cuales pueden ser membranas, la pared interior de un microcanal y materiales monolíticos. Los materiales monolíticos más utilizados son los polímeros orgánicos y los basados en sílice, también existen los monolitos híbridos, que tienen mejores características como estabilidad al pH y menor encogimiento.

Zhang et al. (2014) prepararon un soporte monolítico híbrido a base de silicatos y silicatos con radicales orgánicos, además incorporaron nanopartículas SBA-15 modificadas con grupos aminos y utilizaron glutaraldehído para lograr inmovilizar covalentemente la enzima, que para este caso fue tripsina. Con la ayuda de las nanopartículas incrementaron el área superficial específica, con lo cual se logró cargar mayor cantidad de enzima a la matriz monolítica del reactor; lo que resulta en una mayor eficiencia. Ellos utilizaron este reactor para posteriormente identificar proteínas que son el sustrato de la tripsina.

Reactor de membrana enzimática. El objetivo de inmovilizar una enzima es asegurar la localización del catalizador biológico en un espacio definido, preservar su actividad catalítica y garantizar su reuso. Los problemas más comunes al inmovilizar una enzima son el impedimento estérico por la desubicación del sitio activo durante el proceso de inmovilización y los fenómenos de limitación interfacial debidos a la difusión lenta de los sustratos o productos hacia la superficie donde la enzima está inmovilizada. La tecnología más utilizada para la inmovilización de enzimas es el reactor de membrana enzimática, cuyo objetivo es asegurar el aislamiento de la enzima para

mantener la actividad enzimática constante dentro del volumen reactivo.

Las principales ventajas del reactor de membrana enzimática son que trabaja en modo continuo, la enzima se encuentra libre en la membrana, se retiene y reutiliza el catalizador, reduce la inhibición de la enzima, se evita el proceso de separación enzima-producto, se controlan la especificidad y la selectividad. Las desventajas son la pérdida de actividad enzimática a lo largo del tiempo, la reacción se lleva a cabo en medios heterogéneos entre el centro de la solución y la superficie de la membrana, que se forma una capa polarizada y que se ensucia la membrana (Ríos et al., 2004). Se espera que el uso de reactores de membrana enzimática mejore la eficiencia de los procesos y reduzca los costos (Zaks, 2001).

El rendimiento de este tipo de reactores se ve afectado por el pH, la temperatura y la presencia de activadores e inhibidores. La purificación de la enzima modifica su actividad catalítica en comparación a cuando se extrae en crudo, esto depende del método con el que se purifica. La modificación química también es un factor importante que altera las propiedades catalíticas de una enzima que incluye su sensibilidad al pH. Algunas enzimas se caracterizan por un perfil de actividad catalítica complicada que muestra más de un máximo (Staniszewski, 2010a).

Zainal Alam et al. (2011) desarrollaron un microrreactor enzimático de membrana para evaluar las opciones de operación a larga escala de la degradación enzimática de pectina. Utilizaron un microrreactor, ya que el consumo de enzima y sustrato es pequeño. Los materiales con los que fue construido fueron polimetilmetacrilato y polidimetilsiloxano, los cuales se eligieron porque son transparentes y permiten verificar si existe formación de burbujas. Para lograr el mezclado en el reactor se utilizaron un agitador magnético y una bomba de recirculación. Para iniciar el uso del reactor se llena este con la solución de la enzima; mientras se llenan la cámara de reacción, los microcanales y el aire atrapado previamente de paraformaldehído. Durante el curso de la reacción, la enzima y el sustrato se retienen en el sistema de reacción gracias a la membrana, la cual permite pasar productos de bajo peso molecular y además son continuamente separados. La enzima utilizada se obtuvo de *Aspergillus aculeatus*, que produce una enzima con actividad para la pectina obtenida de

cítricos. Para lograr que el sistema pueda trabajar de manera continua, el flujo de alimentación debe ser equivalente al flujo de permeación a través de la membrana para mantener el volumen constante.

Los reactores de membrana enzimática separan la mezcla de reacción en dos fases líquidas: una acuosa y una orgánica. La membrana está en contacto con la fase orgánica en un lado y con la fase acuosa en el otro (Sing Long et al., 2005).

Lau et al. (2011) desarrollaron un reactor de membrana enzimática para la producción de (S)-Ibuprofeno. La enzima que utilizaron fue una lipasa, la cual fue inmovilizada sobre la membrana como un biocatalizador. La pared de la membrana es porosa y sirve como barrera, crea dos compartimientos dentro del reactor. En el lado exterior de la membrana se encuentra la fase orgánica en donde el sustrato estaba disuelto en un solvente orgánico, en el otro lado de la membrana está la fase acuosa en la que el producto fue recolectado.

CONCLUSIONES

En la Tabla 1 se muestra el análisis de las diversas fuentes si se toma en cuenta el tipo de reactor que se usó, modo de operación, problema a analizar, solución propuesta y ventaja del dispositivo elegido. Y a partir de esta se hizo la Figura 4, que muestra las variables más importantes en el diseño de reactores enzimáticos.

Se han considerado las variables de la Figura 4 por las razones expuestas a continuación. La primera se refiere a que la transferencia de masa implica el buen mezclado, ya que en ocasiones se tienen sistemas multifásicos o la inclusión de un sistema de agitación que no desnaturalice a las enzimas. Después, el tipo de reactor puede ser de tanque o tubular; el primero es más sencillo de utilizar pero el segundo es más recomendable para el escalamiento. Dependiendo de las necesidades el tipo de operación puede ser continua o por

Tabla 1. Análisis de las variables estudiadas

Referencia	Tipo de reactor	Modo de operación	Problema	Particularidad	Ventajas
Hama et al. (2013)	Lecho empacado	Continuo	Dos fases líquidas	Sistema de separación de fases al final	Producción constante y catalizador heterogéneo
Gasparini et al. (2012)	Tubular Coflore ATR®	Lotes y continuo	Tres fases (sólida, líquida y gas) y mezclado	Agitadores libres	Fácil escalamiento
Székely et al. (2013)	Tubular	Lotes y continuo	Mezclado	CO ₂ supercrítico	Mejor transferencia de masa
Ghorbanpour Khamseh y Miccio (2012)	Tanque	Lotes, continuo y semilotes	Tipo de operación	Enzima libre	En lotes mayor conversión y en continuo flujo constante
Abbott et al. (2014)	Tubular	Lotes y continuo	La velocidad de reacción disminuye	Deflectores oscilatorios	Mejor mezclado, poco cizallamiento, fácil escalamiento
Zhang et al. (2014)	Tubular	Lotes	Reuso de la enzima	Enzima en soporte monolítico (nanopartículas)	Mayor área superficial, mayor carga de enzima
Zainal Alam et al. (2011)	Membrana enzimática	Lotes	Mezclado	Microrreactor	Poco consumo de enzima y fácil de instrumentar
Lau et al. (2011)	Membrana enzimática	Lotes y continuo	Dos fases líquidas	Tubular	Separa productos y reactivos en la misma membrana

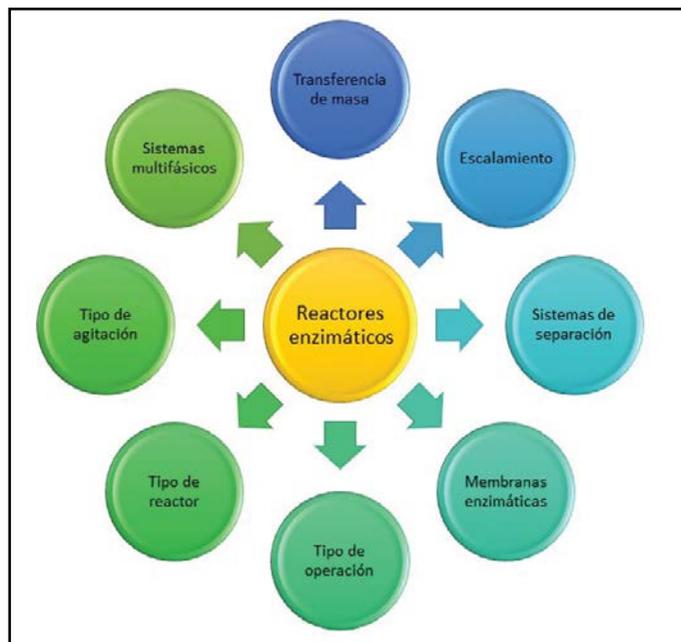


Figura 4. Variables más importantes en el diseño de reactores enzimáticos. Imagen elaborada por Luis Eduardo Ceballos Camargo.

lotes; se ha utilizado más la primera, pero también es posible la segunda. Las membranas enzimáticas permiten utilizar enzimas por periodos prolongados de tiempo. También deben incluirse sistemas de separación, ya que de lo contrario se puede inhibir el elemento biológico utilizado o se puede contaminar el producto. Finalmente el escalamiento, ya que dependiendo de todo lo anterior, puede hacer que

el sistema se pueda escalar fácilmente, o utilizar múltiples veces el mismo sistema en pequeño.

Los reactores enzimáticos permiten llevar a cabo reacciones bajo condiciones ambientales y obtener productos selectivamente. El mayor problema es la transferencia de masa y agitación, especialmente cuando hay fases múltiples. Existe una gran variedad de tipos de reactores para los diversos procesos existentes y estos se pueden operar de diversas formas y bajo diferentes condiciones.

Se puede poner en perspectiva que la tecnología de los biorreactores tiene la capacidad de realizar procesos a gran escala y ya sean estos continuos o en lotes. Además pueden desplazar a las tecnologías existentes, ya que permiten obtener los mismos productos a un menor costo y son amigables con el medio ambiente. Se pueden combinar con diferentes tecnologías, como sistemas mecánicos de separación o agitación y fluidos supercríticos para obtener mejores rendimientos.

Lo más recomendable son los microrreactores tubulares, ya que estos se pueden escalar matemáticamente con relaciones lineales en lugar de mantener proporciones entre los parámetros de diseño. También se puede ver que la inclusión de membranas enzimáticas prolonga la vida útil de una enzima en lugar del uso de la enzima libre.

LITERATURA CITADA

- ABBOTT, M. S. R. et al. Reduced power consumption compared to a traditional stirred tank reactor (STR) for enzymatic saccharification of alpha-cellulose using oscillatory baffled reactor (OBR) technology. *Chemical Engineering Research and Design*, 92(10): 1969-1975, 2014.
- AGHBOLAGHY, M. y KARIMI, A. Simulation and optimization of enzymatic hydrogen peroxide production in a continuous stirred tank reactor using CFD-RSM combined method. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45(1): 101-107, 2014.
- ANYANWU, C. N. et al. A design algorithm for batch stirred tank transesterification reactors. *Energy Conversion and Management*, 62, 40-46, 2012.
- BÜHLER, R. M. M. et al. Monascus pigment production in biorreactor using a co-product of biodiesel as substrate. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 33(1): 9-13, 2013.
- CARRASCO, A. K. *Inmovilización de renina sobre la membrana de cáscara de huevo: Potencial uso como biorreactor*. Tesis. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 2015.
- CHERRY, J. R. y FIDANTSEF, A. L. Directed evolution of industrial enzymes: an update. *Current Opinion in Biotechnology*, 14(4): 438-443, 2003.
- DEMARCHE, P. et al. Harnessing the power of enzymes for environmental stewardship. *Biotechnology Advances*, 30(5): 933-953, 2012.

- GASPARINI, G. et al. Scaling Up Biocatalysis Reactions in Flow Reactors. *Organic Process Research & Development*, 16(5): 1013-1016, 2012.
- GHORBANPOUR KHAMSEH, A. A. y MICCIO, M. Comparison of batch, fed-batch and continuous well-mixed reactors for enzymatic hydrolysis of orange peel wastes. *Process Biochemistry*, 47(11): 1588-1594, 2012.
- HAMA, S. et al. Enzymatic production of biodiesel from waste cooking oil in a packed-bed reactor: An engineering approach to separation of hydrophilic impurities. *Bioresource Technology*, 135(0): 417-421, 2013.
- JARAMILLO, R. et al. Efecto de diferentes concentraciones de fructosa sobre la producción de celulosa bacteriana en cultivo estático. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 5(1): 116-130, 2013.
- KIRK, O. et al. Industrial enzyme applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(4): 345-351, 2002.
- LAU, S. Y. et al. Conceptual design and simulation of a plant for the production of high purity (S)-ibuprofen acid using innovative enzymatic membrane technology. *Chemical Engineering Journal*, 166(2): 726-737, 2011.
- PANKE, S. y WUBBOLTS, M. G. Enzyme technology and bioprocess engineering. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(2): 111-116, 2002.
- RIOS, G. M. et al. Progress in enzymatic membrane reactors—a review. *Journal of Membrane Science*, 242(1-2): 189-196, 2004.
- SASTRE, E. *Diseño de un biorreactor para la obtención de ácido glicérico por fermentación bacteriana de glicerol*. Tesis. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Indústria de Barcelona—Enginyeria Química. 2015.
- SCHMID, A. et al. The use of enzymes in the chemical industry in Europe. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(4): 359-366, 2002.
- SING LONG, W. et al. Enzyme kinetics of kinetic resolution of racemic ibuprofen ester using enzymatic membrane reactor. *Chemical Engineering Science*, 60(18): 4957-4970, 2005.
- STANISZEWSKI, M. Influence of transport properties of membrane for yield of a reaction producing weak acid in an enzymatic membrane reactor. *Desalination*, 262(1-3): 260-266, 2010a.
- STANISZEWSKI, M. Steady states of an enzymatic membrane reactor with product retention for a system of non-cooperating enzymes—model predictions. *Desalination*, 261(1-2): 80-88, 2010b.
- SZÉKELY, E. et al. Kinetic enzymatic resolution in scCO₂-Design of continuous reactor based on batch experiments. *The Journal of Supercritical Fluids*, 79(0): 127-132, 2013.
- THOMAS, S. M. et al. Biocatalysis: applications and potentials for the chemical industry. *Trends in Biotechnology*, 20(6): 238-242, 2002.
- VAN BEILEN, J. B. y LI, Z. Enzyme technology: an overview. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(4): 338-344, 2002.
- ZAINAL ALAM, M. N. H. et al. A Miniature Membrane Reactor for Evaluation of Process Design Options on the Enzymatic Degradation of Pectin. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(19): 11252-11258, 2011.
- ZAKS, A. Industrial biocatalysis. *Current Opinion in Chemical Biology*, 5(2): 130-136, 2001.
- ZHANG, Z. et al. Hybrid organic-inorganic monolithic enzymatic reactor with SBA-15 nanoparticles incorporated. *Talanta*, 119(0): 485-491, 2014.

Respuestas metabólicas al estrés de levaduras de importancia industrial

Metabolic responses to stress by yeasts of industrial importance

Patricia Vital López^{1*}, Claudia Patricia Larralde Corona¹

Vital López, P., Larralde Corona, C. P. Respuestas metabólicas al estrés de levaduras de importancia industrial. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 86-91, enero-abril 2016.

RESUMEN

La producción de metabolitos y biomasa de levaduras a nivel industrial está generalmente sujeta a condiciones estresantes de cultivo, principalmente en cuanto a la concentración de oxígeno disuelto, presión osmótica, temperatura, pH y compuestos tóxicos como el etanol. Al ser las levaduras organismos unicelulares, los mecanismos para enfrentar estas situaciones de estrés se basan en cambios fisiológicos y de composición, así como toda una gama de respuestas de su metabolismo. En este trabajo se hace una revisión de las respuestas metabólicas en levaduras durante la producción a escala industrial de bebidas como el vino, así como las investigaciones básicas realizadas para elucidar las respuestas fisiológicas comunes usadas por estos microorganismos, con especial énfasis en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que es por mucho la más importante a nivel industrial.

ABSTRACT

The production of metabolites and biomass on yeasts is performed usually under stressing conditions, mainly the ones concerning dissolved oxygen, osmotic pressure, temperature, pH and toxic compounds, amongst others. Due to their unicellular nature,

Palabras clave: levadura, estrés, presión osmótica, temperatura, estrés oxidativo.

Keyword: yeast, stress, osmotic pressure, temperature, oxidative stress.

Recibido: 22 de diciembre de 2014, aceptado: 10 de noviembre de 2015

¹ Laboratorio de Biotecnología Industrial, Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional.

* Autor para correspondencia: pvital1400@alumno.ipn.mx

yeasts usually rely on changes in their physiology and composition to deal with environmental stresses. In this review we analyzed the metabolic responses used by yeasts during industrial processes such as wine production, as well as research performed to elucidate their common physiological responses, and stressing the findings on *Saccharomyces cerevisiae*, which is by far the most important yeast from the industrial point of view.

INTRODUCCIÓN

En definición, según Walker (2000), las levaduras son hongos unicelulares, ascomicetos o basidiomicetos, que se reproducen vegetativamente por gemación o fisión, y tienen estadios sexuales que no forman cuerpos fructíferos. Las levaduras están presentes en nuestro ambiente natural y las plantas son nichos comúnmente para las levaduras, se localizan principalmente en la interfase entre los nutrientes solubles como los azúcares; varias levaduras se asocian al tracto digestivo y piel de animales con especies tales como *Candida pintolopesii* y *Pityrosporum* spp., respectivamente. El suelo es también un hábitat a largo plazo para su supervivencia y lo pueden aprovechar como lugar de libre crecimiento. Las levaduras son descritas como organismos domésticos ya que se han utilizado para la producción de bebidas alcohólicas y de pan por milenios, y son explotadas para producir agentes biofarmacéuticos y otras biomoléculas. La tolerancia a los diferentes tipos de estrés durante los procesos biológicos varía de cepa a cepa y depende del tipo de estrés y la duración de la exposición a los mismos. Un esquema general de las condiciones estresantes durante un proceso fermentativo se muestra a continuación en la Figura 1.

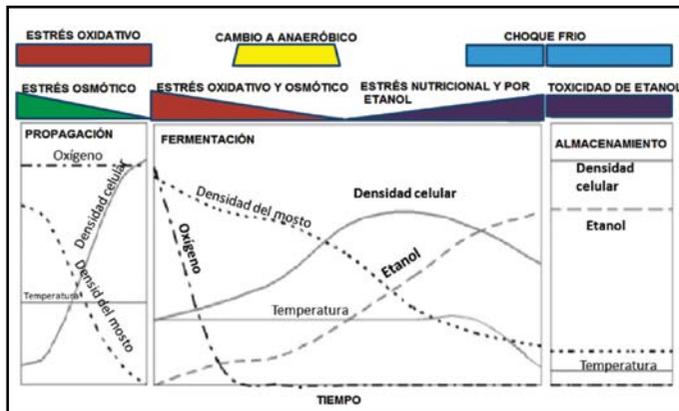


Figura 1. Representación esquemática de la naturaleza temporal y secuencial de posibles tipos de estrés encontrados por las levaduras durante la propagación, fermentación y almacenamiento. Figura adaptada de Gibson et al. (2007).

La respuesta general del metabolismo de las levaduras más abundantemente estudiadas se revisa a continuación por tipo de estrés; en la Tabla 1 se resumen los rangos que han establecido algunos investigadores para aplicar los factores de estrés y su respuesta a los mismos.

Tolerancia al estrés por temperatura

El estrés a altas temperaturas influye adversamente en la fisiología celular de la levadura y la viabilidad celular, afecta la morfología general de la célula al producir una gemación atípica y el crecimiento de la pared celular es irregular, lo que ocasiona también el aumento de tamaño de la célula, ello afecta la división y crecimiento celular. La temperatura influye en la estructura de la membrana plasmática en su función, por ejemplo, en la disminución de ácidos grasos insaturados de la membrana, además de disminuir el pH intracelular; también la represión de síntesis de muchas proteínas mitocondriales y el incremento en la frecuencia de mutaciones y daños por calor al DNA.

Algunas células de *Saccharomyces cerevisiae* pueden crecer rápidamente en temperaturas entre 25 °C y 37 °C que son aún toleradas, pero a una temperatura de 41 °C el crecimiento disminuye hasta dejar de crecer por completo a 46 °C, en esta temperatura puede observarse el incremento de las proteínas HSP104 (HSP, proteína de choque de calor), evidenciadas por un análisis tipo Western blot (Holubářová et al., 2000).

Con el objetivo de proteger a las células e inhibir los efectos de la temperatura, Sun et al. (2007) estudiaron el efecto de utilizar microcápsulas (con núcleo líquido y sólido) en la cepa silvestre *S. cerevisiae*, con lo que se obtuvo una mayor tolerancia al estrés por temperatura y la acumulación de metabolitos importantes como glicerol y trehalosa como protección, así como la aparición de la actividad de SOD (superóxido dismutasa).

Carrasco et al. (2001) observaron también la expresión de los genes HSP12 y HSP104, mientras que Garay Arroyo et al. (2004) y Gibson et al. (2007) observaron la producción de las proteínas HSP104, HSP26 y una sobrevivencia de entre 20% y 40% cuando se sometía a las levaduras a un choque térmico de 51 °C.

Tolerancia al estrés osmótico

El estrés osmótico que las levaduras pueden presentar puede deberse a la presencia de sales en el medio, en las cuales las mismas realizan su metabolismo.

En un estudio realizado con la cepa *Candida tropicalis* aislada de suelos salinos de Pakistán y una cepa de laboratorio de *S. cerevisiae* se logró comparar la capacidad de síntesis de osmolitos como la trehalosa y el transporte de cationes bajo el estrés salino en donde se mostró diferente capacidad para acumular glicerol y trehalosa. Con ello se corroboró que la trehalosa actúa como protectora de membrana (García et al., 1997). Asimismo, Hounsa et al. (1998) utilizó la cepa silvestre de *S. cerevisiae* y comparó la maquinaria transcripcional con cepas modificadas para concluir con el rol de la trehalosa como metabolito osmoprotector.

De la misma forma, en un estudio comparativo de especies de levaduras de basidiomicetos se ha observado la aparición de polioles como el arabitol y el manitol a manera de osmolitos que desempeñan un papel importante en la regulación de la presión osmótica (Tekolo et al., 2010). Se sugiere que con la adición de diferentes compuestos (catequina, inositol, SO₂) tolerados por las levaduras en los medios de fermentación hay un cambio en los niveles de acumulación y rendimiento de metabolitos importantes con variación en cuanto a su presencia, mejorándolos o disminuyéndolos (Caridi, 2003).

Tabla 1. Rango de condiciones estresantes para diferentes cepas de *S. cerevisiae* y sus respuestas metabólicas

Tipo de estrés	Rangos de las condiciones estresantes (en el medio de crecimiento sólido/líquido)	Respuestas metabólicas	Referencia
Tolerancia al estrés por temperatura	Choque térmico a 41 °C	Sobreexpresión de HSP104	Holubárová et al. (2000)
	Choque térmico a 37 °C	Expresión de HSP12 y HSP104	Carrasco et al. (2001)
	Choques térmicos a 51 °C	Incremento de proteínas HSP104 y HSP26	Garay Arroyo et al. (2004) Gibson et al. (2007)
Tolerancia al estrés osmótico	NaCl y KCl (1 M), LiCl (0.2 M) y sorbitol (1.5 M)	Menor síntesis de glicerol y acumulación de trehalosa	García et al. (1997)
	Actividad de agua (a_w) de 0.98 y 0.97 con NaCl (0.61 y 0.91 Molal)	Acumulación de trehalosa	Hounsa et al. (1998)
	Se ajustó la a_w a 0.975, 0.95, 0.925, 0.90 y 0.875 con NaCl y sorbitol	Activación del transporte de membrana, acumulación de polioles como el glicerol	Tekolo et al. (2010)
	Glucosa al 2% y 20% (p/v)	Glicerol 3-fosfato deshidrogenasa (GPD2)	Jiménez Martí et al. (2011)
	Sorbitol 1M	Glicerol 3- fosfato deshidrogenasa (GDP1 y GDP2)	Kaino y Takagi (2008)
	KCl 0.7 M y 1 M	Viabilidad desde 10% hasta 40%	Zuzuarregui y del Olmo (2004)
	NaCl a 40 g/l	Disminución de la conversión de glucosa en etanol hasta 80-90%	Modig et al. (2007)
Tolerancia al estrés por etanol	Etanol de 0 a 8.73% v/v y evaluaciones por calorimetría	Cálculo del límite de resistencia de hasta 18% de etanol en algunas cepas	Antoce et al. (2011)
	Etanol en valores de 46.6, 34.4 y 24.1 g/l	Rendimientos de 0.47, 0.38 y 0.41 g de etanol/g consumido de glucosa	Benjaphokee et al. (2012)
	Adición de CaCl ₂ (0-3 mM), MgCl ₂ (0-2 mM) y etanol a 10%	Mayor tasa de crecimiento hasta de 0.44 con CaCl ₂	Ciesarova et al. (1996)
Tolerancia al estrés oxidativo	Peróxido de hidrógeno 10 mM	Expresión de los genes CTT1 y SOD1	Garay Arroyo et al. (2004)
	Peróxido de hidrógeno a 2.0 y 6.0 mM durante 2 h a 28 °C	Expresión de los genes CTT1 y SOD1	Zhao et al. (2014)

Investigaciones como la de Jiménez et al. (2011), con enfoques de transcriptómica y determinaciones de glicerol intracelular en cepas de *S. cerevisiae* utilizadas para la producción de vino, han dado pistas sobre la adaptación de cepas de levadura con este propósito en alto estrés osmótico, basado en la adaptación a los medios de crecimiento. En otros trabajos que involucran pruebas de tolerancia a dicho tipo de estrés, se observó una alta capacidad (50 y 80% de viabilidad) en dos cepas industriales de *S. cerevisiae* dentro de un grupo de cepas de laboratorio e industriales, en el cual se relaciona esta viabilidad a la síntesis de glicerol (análisis por Northern blot) (Garay Arroyo et al., 2004); se mostraron resultados similares en la producción de glicerol bajo el estrés osmótico con sorbitol en

la cepa de laboratorio *S. cerevisiae*, también se observó la síntesis de trehalosa a menor producción (Kaino y Takagi, 2008).

El estrés hiperosmótico relacionado con la presencia de sales presentes en el medio fue estudiado por Modig et al. (2007) mediante cepas de *S. cerevisiae* industriales y de laboratorio, se observó que el tiempo en la conversión la glucosa disminuye entre 80 y 90% en presencia de la condición estresante; además, aumentó el rendimiento de glicerol pero una productividad reducida en la biomasa en todas las cepas utilizadas. En contraste, cepas de Garay Arroyo et al. (2004) no mostraron diferencia en el comportamiento a este tipo de estrés.

Tolerancia al estrés por etanol

El alcohol etílico es el principal producto metabólico de las levaduras en la fermentación y es cuantitativamente el principal producto biotecnológico a escala global. Un dilema a confrontar en la tecnología de las levaduras es la acumulación del etanol durante la fermentación que actúa como estrés químico potente hacia las células de levaduras. Los principales efectos del etanol afectan la viabilidad de la célula y su crecimiento, en la biosíntesis de macromolécula y en la estructura de la membrana y su función. La identificación y caracterización de cepas de levaduras ha causado gran interés para ser utilizadas en la producción de vinos de calidad. En el trabajo de Antoce et al. (2011) se probaron 10 diferentes cepas de *Saccharomyces* seleccionadas de viñedos rumanos, en las cuales se observó mediante calorimetría y cálculo de concentración mínima inhibitoria del etanol un rango variable de resistencia, aun dentro de la colección utilizada industrialmente para la producción de vino.

Otras cepas de *S. cerevisiae* han sido modificadas genéticamente para tolerar etanol en medio ácido a temperaturas elevadas (39 y 41 °C), lo cual sugiere su potencial uso en la producción de bioetanol, debido a la fermentación a altas temperaturas (Benjaphokee et al., 2012). Ya que las levaduras difieren en la capacidad de tolerar etanol, como algunas mencionadas anteriormente, se ha observado que algunas cepas se benefician con la

presencia de sales para tener un rendimiento alto de etanol; por ejemplo, en el trabajo de Ciesarova et al. (1996) se compararon tres cepas de *S. cerevisiae*, donde se añadieron cantidades de CaCl_2 y MgCl_2 , los cuales permitían una mejor eficiencia en la producción de etanol en la adición de ambas sales, cuantificado por la producción de CO_2 .

Tolerancia al estrés oxidativo

Uno de los principales tipos de estrés químico a los que se enfrentan las levaduras, particularmente durante el crecimiento aeróbico, es debido a las especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en Inglés), como los aniones de superóxido (O_2^-), el peróxido de hidrogeno y el radical hidroxilo (OH^\bullet) con su estructura celular, ya que estos compuestos se pueden generar por la respiración mitocondrial, por incremento de la tensión del oxígeno disuelto del medio de crecimiento o por exposición de radiación iónica. Aunado a esto, la apoptosis celular también genera estos ROS (Perrone et al., 2008). Estos causan el daño oxidativo a proteínas, lípidos y al DNA (Moradas Ferreira et al., 1996).

Las levaduras poseen varios compuestos antioxidantes como el ácido D-eritroascórbico, la flavohemoglobina, el glutatión, las metalotioneínas, poliaminas, el ubiquinol, la trehalosa y ergosterol, además de algunos metabolitos carotenoides; además las levaduras poseen enzimas que detoxifican el oxígeno activo, tales como la Cu/Zn superóxido dismutasa, Mn superóxido dismutasa, catalasa A, catalasa T, citocromo C, peroxidasa, glutatión reductasa, tioredoxina, tioredoxina peroxidasa y tioredoxina reductasa (Jamieson, 1998; Gibson et al., 2007; Herrero et al., 2008; Kaino y Takagi, 2008).

En el trabajo de Garay Arroyo et al. (2004) se observó la expresión de los genes CTT1 y SOD1, inducidos precisamente por el estrés osmótico, y Zhao et al. (2014) obtuvieron resultados similares. En otras levaduras, como las estudiadas por Arellano Plaza et al. (2013), se observó que *Kluyveromyces marxianus* mantuvo una capacidad para resistir al estrés oxidativo causado por el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en valores de 10, 50 y hasta 100 mM, mayores a los observados generalmente para *S. cerevisiae*.

Otros factores de estrés: compuestos azufrados y fenólicos

Además de la tolerancia a los diferentes tipos de estrés ya mencionados, cabe señalar a compuestos de

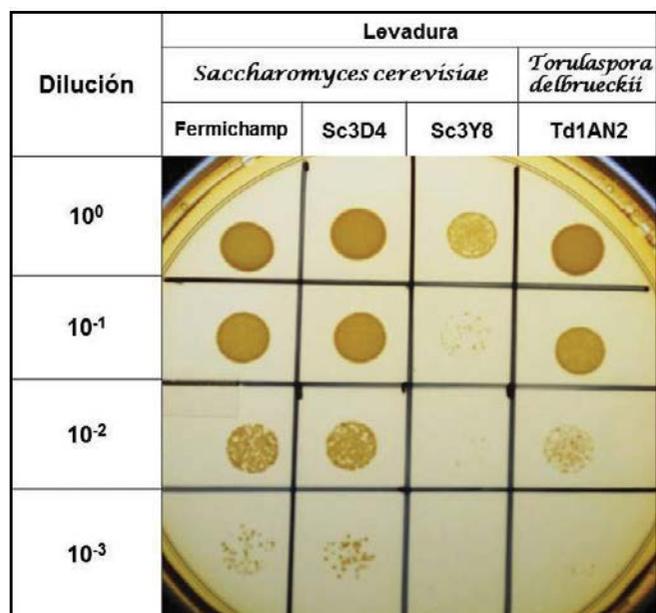


Figura 2. Efecto del peróxido de hidrógeno (15 mM) en la viabilidad de levaduras nativas del mezcal (tesis en proceso P. Vital López).

tipo azufrados y fenólicos, ya que durante la producción de bebidas como el vino, las levaduras pasan por factores estresantes con la adición de SO_2 ; además, durante el proceso de fermentación en otros tipos de bebidas, los compuestos fenólicos son primordiales para la eficiencia de este proceso. Cabe señalar que la formación de H_2S en los procesos de fermentación se debe a la degradación de cisteína presente en el medio por una enzima que tiene una actividad de la cisteína desulfhidrasa (Winter et al., 2011).

S. cerevisiae es la responsable de la producción de varios compuestos volátiles en la que durante la fermentación del vino, la reducción asimilativa de sulfato por la levadura (para biosintetizar cisteína y metionina) produce un exceso de iones HS^- , lo que genera la formación de H_2S en el vino (un problema común en bodegas), ya que si no se trata el vino resultante estará contaminado, perderá calidad y abre la posibilidad de que sea rechazado por los consumidores (Swigers y Pretorius, 2007). Otros estudios demuestran la adición de SO_2 en los vinos, que se añade como antioxidante a partir de la fermentación para la lograr el control microbiológico y del mosto mediante la limitación y/o propagación de levaduras y bacterias indeseables (Fiore et al., 2005; Vilela et al., 2013).

Por otro lado, la hidrólisis de materiales lignocelulósicos presentes también en plantas de *Agave* spp. generan una amplia variedad de compuestos inhibidores de microorganismos. Estos compuestos pueden dividirse en tres grupos: ácidos débiles, derivados del furano y compuestos fenólicos; compuestos que limitan la utilización eficiente de los hidrolizados para producción de etanol durante la fermentación (Palmqvist y Hahn Hägerdal, 2000). También se ha observado que varias levaduras pueden me-

tabilizar fenoles, cresoles, alquilfenoles y monoclorofenol, específicamente géneros como *Candida* spp. y *Trichosporon cutaneum* (Walker, 2000).

CONCLUSIONES

Las levaduras utilizadas tanto para la elaboración de bebidas alcohólicas como para la transformación de residuos lignocelulósicos están sujetas a complejos ambientes de crecimiento y expuestas a cambios temporales de la disponibilidad de oxígeno, concentraciones de solutos, pH, fuentes de carbono, temperatura, y concentraciones de etanol; por lo que el estudio puntual de la tolerancia a los diferentes tipos de estrés para cada cepa a utilizar es una necesidad insalvable para poder realizar desarrollos tecnológicos con las mismas.

En los últimos años, además de las técnicas bioquímicas clásicas e insustituibles, las creadas de la genómica y la proteómica han aportado resultados importantes para la explicación de fenómenos de expresión de genes durante los procesos de fermentación, y su aplicación a cada paso hace que aumente el conocimiento de las respuestas tan complejas en las levaduras y sus aplicaciones industriales, lo que abre la posibilidad de mejoras puntuales sobre los genomas de aquellas levaduras con gran potencial industrial, para aumentar sus rendimientos y ampliar sus capacidades metabólicas.

Agradecimientos

Las autoras desean agradecer el apoyo de los proyectos SIP2015-1149 del Instituto Politécnico Nacional y el apoyo económico asociado BEIFI-IPN para P. Vital y al proyecto CONACyT Básica 2013-221289.

LITERATURA CITADA

- ANTOCE, A. et al. Comparative study regarding the ethanol resistance of some yeast strains isolated from Romanian vineyards. *Romanian Biotechnological Letters*, 16(2): 5981-5988, 2011.
- ARELLANO PLAZA, M. et al. Respiratory capacity of the *Kluyveromyces marxianus* yeast isolated from the mezcäl process during oxidative stress. *World Journal Microbiology Biotechnology*, 29(7): 1279-1287, 2013.
- BENJAPHOKEE, S. et al. Highly efficient bioethanol production by a *Saccharomyces cerevisiae* strain with multiple stress tolerance to high temperature, acid and ethanol. *New Biotechnology*, 29(3): 379-386, 2012.
- CARIDI, A. Effect of protectants on the fermentation performance of wine yeasts subjected to osmotic stress. *Food Technology and Biotechnology*, 41(2): 145-148, 2003.
- CARRASCO, P. et al. Analysis of the stress resistance of commercial wine yeast strains. *Archives of Microbiology*, 175(6): 450-457, 2001.

- CIESAROVA, Z. et al. Enhancement of yeast ethanol tolerance by calcium and magnesium. *Folia Microbiologica*, 41(6): 485-488, 1996.
 - FIORE, C. et al. Comparison between yeasts from grape and agave musts for traits of technological interest. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21(6): 1141-1147, 2005.
 - GARAY ARROYO, A. et al. Response to different environmental stress conditions of industrial and laboratory *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 63, 734-741, 2004.
 - GARCÍA, M. et al. Comparative physiology of salt tolerance in *Candida tropicalis* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiology*, 143(4): 1125-1131, 1997.
 - GIBSON, B. R. et al. Yeast responses to stresses associated with industrial brewery handling. *FEMS Microbiology Reviews*, 31(5): 535-569, 2007.
 - HERRERO, E. et al. Redox control and oxidative stress in yeast cells. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1780(11): 1217-1235, 2008.
 - HOLUBÁŘOVÁ, A. et al. A response of yeast cells to heat stress: cell viability and the stability of cytoskeletal structures. *SCRIPTA MEDICA (BRNO)*, 73(6): 381-392, 2000.
 - HOUNSA, C. et al. Role of trehalose in survival of *Saccharomyces cerevisiae* under osmotic stress. *Microbiology*, 144(3): 671-680, 1998.
 - JAMIESON, D. J. Oxidative stress responses of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast*, 14(16): 1511-1527, 1998.
 - JIMÉNEZ MARTÍ, E. et al. Towards an understanding of the adaptation of wine yeasts to must : relevance of the osmotic stress response. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 89(5): 1551-1561, 2011.
 - KAINO, T. y TAKAGI, H. Gene expression profiles and intracellular contents of stress protectants in *Saccharomyces cerevisiae* under ethanol and sorbitol stresses. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 79(2): 273-283, 2008.
 - MODIG, T. et al. Anaerobic glycerol production by *Saccharomyces cerevisiae* strains under hyperosmotic stress. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 75(2): 289-296, 2007.
 - MORADAS FERREIRA, P. et al. The molecular defences against reactive oxygen species in yeast. *Molecular Microbiology*, 19(4): 651-658, 1996.
 - PALMQVIST, E. y HAHN HÄGERDAL, B. Fermentation of lignocellulosic hydrolysates II: inhibitors and mechanisms of inhibition. *Bioresource Technology*, 74(1): 25-33, 2000.
 - PERRONE, G. et al. Reactive oxygen species and yeast apoptosis. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, 1783(7): 1354-1368, 2008.
 - SUN, Z. et al. Differential role of microenvironment in microencapsulation for improved cell tolerance to stress. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 75(6): 1419-1427, 2007.
 - SWIGERS, J. H. y PRETORIUS, I. S. Modulation of volatile sulfur compounds by wine yeast. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74(5): 954-960, 2007.
 - TEKOLO, O. et al. The osmotic stress tolerance of basidiomycetous yeasts. *FEMS Yeast Res.*, 10(4): 482-491, 2010.
 - VILELA, A. et al. Reduction of volatile acidity of acidic wines by immobilized *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(11): 4991-5000, 2013.
 - WALKER, G. M. *Yeast Physiology and Biotechnology*. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd., 2000.
 - ZHAO, H. et al. Improvement of oxidative stress tolerance in *Saccharomyces cerevisiae* through global transcription machinery engineering. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 41(5): 869-878, 2014.
 - ZUZUARREGUI, A. y DEL OLMO, M. Analyses of stress resistance under laboratory conditions constitute a suitable criterion for wine yeast selection. *Antonie van Leeuwenhoek*, 85(4): 271-280, 2004.
- De páginas electrónicas**
- WINTER, G. et al. Effects of rehydration nutrients on H₂S metabolism and formation of volatile sulfur compounds by the wine yeast VL3. *AMB Express*, 2011. doi: 10.1186/2191-0855-1-36.

Francisco Suárez Vidal. *In memoriam*

Luis Alberto Delgado Argote^{1*}

Delgado Argote, L. A. Francisco Suárez Vidal. *In memoriam*. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 92-93, enero-abril 2016.

La primera semana de noviembre de 2015, al comenzar las actividades de la reunión anual de la Unión Geofísica Mexicana (UGM) –el principal evento sobre geociencias en el país– nos llegó la noticia de la muerte de nuestro colega y amigo Francisco Suárez Vidal. Francisco, o Pancho como lo conocimos todos, fue colega de un amplio grupo de especialistas en las áreas de las geociencias pues se movía en el ambiente de la oceanología, que era su carrera; de la geología, el tema de su posgrado; así como de la geofísica y la sismología, principalmente con sus compañeros de la División de Ciencias de la Tierra del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

La vida académica de Francisco corría casi paralela a la vida del CICESE, ya que ingresó a la institución cuando ésta, en 1977, tenía sólo cuatro años. Desde el CICESE, la relación con su *alma mater*, la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, no se interrumpió pues fue maestro de muchas generaciones y participó activamente en varios proyectos; entre otros, el de la fundación de la Asociación de Oceanólogos de México.

Con su carácter amable y colaborador ayudó a fortalecer la UGM, así como a dirigir el Departamento de Geofísica Aplicada al interior del CICESE, que después se convirtió en la División de Ciencias de la Tierra y tuvo el difícil cargo de ser director administrativo de la institución entre 1990 y 1997. Sus anécdotas sobre la administración en tiempos de crisis oscilan entre lo admirable y lo divertido. Esa disposición de Francisco por ver el lado amable y divertido del trabajo académico creó un



Francisco Suárez Vidal. Imagen tomada de <http://todos.cicese.mx/sitio/noticia.php?n=719>

ambiente de trabajo muy sano y respetuoso que invitaba a la convivencia que, además, favoreció el acercamiento de colegas de otras instituciones y de otros países.

Con el amplio espectro de colegas, la trayectoria académica de Francisco combinó temas de estratigrafía, geología estructural y tectónica, geodesia, riesgos naturales, así como de geotermia y geología del petróleo. Esas disciplinas están plasmadas en más de 60 trabajos de investigación en forma de artículos e informes, además de la experiencia transmitida a un gran número de estudiantes a quienes apoyó para obtener sus licenciaturas y posgrados. En particular, debe destacarse su conocimiento en las regiones tectónicamente activas de Mexicali y de la costa noroeste de Baja Califor-

¹ Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

* Autor para correspondencia: ldelgado@cicese.mx

nia. Francisco formó parte del equipo responsable de la evaluación del potencial petrolero en el norte del Golfo de California y en la margen del Pacífico de Baja California bajo el patrocinio de PEMEX, así como del grupo de trabajo encargado del estudio geológico para definir la línea de hundimiento cero y el monitoreo de la subsidencia en el Valle de Mexicali, relacionada con el sistema tectónicamente activo San Andrés-Golfo de California.

Son muchas las anécdotas que hemos intercambiado sus familiares, amigos y colegas sobre la vida que Francisco compartió en casa y en nuestras instituciones que ahora, después de noviembre de 2015, debemos agradecerle también la oportunidad de platicar sobre nuestra historia.

Diagnóstico del Posgrado en México. Región Centro-Occidente

Morfín López, C. y Ruiz Cuéllar, G. (Coords.). *Diagnóstico del Posgrado en México. Región Centro-Occidente*. Guadalajara: COMEPO, 2015, 147 pp., ISBN 978-607-9361-88-4.

Adrián Frausto Marín del Campo^{1*}

Frausto Marín del Campo, A. Diagnóstico del Posgrado en México. Región Centro-Occidente. *Reseña*. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 94-95, enero-abril 2016.

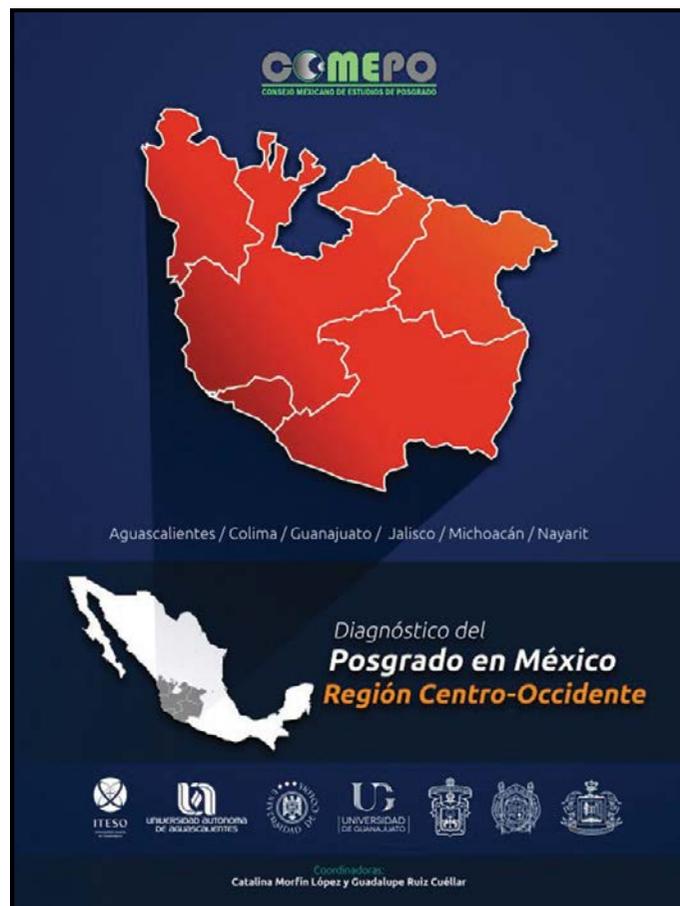
“En la búsqueda de la construcción del posgrado que el país necesita” (Morfín López y Ruiz Cuéllar: 31). ¿Cuáles deberían ser los cimientos de los posgrados para que estuvieran acordes a las necesidades de una región de nuestro país, y qué características deberían de tener? ¿Cómo está compuesto el terreno sobre el cual se debe edificar un programa de posgrado? ¿Quiénes y cómo son los constructores de tal edificación?

Siete universidades de la región centro-occidente del país, coordinadas por Catalina Morfín López y Guadalupe Ruiz Cuéllar, se plantearon estas y otras interrogantes, para revisar la situación actual de su oferta de posgrados. Como resultado de este proceso, se produjo el *Diagnóstico del Posgrado en México. Región Centro-Occidente*, investigación impulsada y publicada por el Consejo Mexicano de Estudios de Posgrado, A. C. (COMEPO) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Esta obra de 147 páginas fue publicada en Guadalajara, Jalisco, México, en 2015.

En el proyecto participaron investigadores de seis universidades estatales y una particular: Universidad Autónoma de Aguascalientes, Universidad de Colima, Universidad de Guanajuato, Universidad de Guadalajara, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Autónoma de Nayarit y el ITESO de Guadalajara. Además, el Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT) asesoró y diseñó las herramientas de análisis de datos que se utilizaron en el estudio.

El diagnóstico está integrado por nueve partes: el proyecto y sus características; las instituciones de educación superior que imparten posgrado

en la región centro-occidente; los programas de posgrado; los actores del posgrado; las relaciones de los posgrados con el entorno; problemas y perspectivas a futuro del posgrado; análisis cualitativo de problemáticas y buenas prácticas del posgrado; los indicadores del posgrado en la región centro-occidente; y las conclusiones.



Portada del libro *Diagnóstico del Posgrado en México. Región Centro-Occidente*.

¹ Centro de Estudios Educativos, A. C.

* Autor para correspondencia: adrian.frausto@cee.edu.mx

El horizonte último planteado en la investigación no es el diagnóstico en sí mismo, sino la creación o reformulación del posgrado vinculado esencialmente a su realidad contextual. Para lograr esto último, se necesita conocer el terreno sobre el cual se pretende edificar una propuesta académica, y no solo cuantificar el tipo de recursos humanos y materiales, sino bosquejar y delimitar sus características. Esto último es la misión del diagnóstico.

Los programas de posgrado de la región son muy diversos en su organización y en la composición de las comunidades académicas que los sustentan. Ante esta situación, el estudio optó por conocer las características y las apreciaciones de los miembros de dichas comunidades, para comprender de manera más compleja el desarrollo de la oferta regional de posgrado en dos dimensiones: la primera con el o la interesada que desea ingresar para dedicarse a la investigación o a profesionalizar su práctica, y la segunda con la realidad en la que se propone intervenir desde el quehacer profesional de los egresados.

Por lo anterior, el libro dedica varios apartados a la caracterización de los actores individuales y colectivos que configuran las instituciones de educación superior con oferta de posgrados. Analizar los elementos estructurales que sustentan determinados programas de posgrado posibilita la comprensión de las necesidades sociales a las que estos pretenden responder; así como la construcción de un mapa de sus respuestas académicas, su distribución, el área de conocimiento a la que pertenecen y el tipo de institución que los ofrece (Ruiz Cuéllar: 32-47; Urrutia De la Torre: 84-103).

En el mapeo de características de las instituciones ofertantes de posgrado, el diagnóstico se vale de indicadores financieros, administrativos y educativos sobre el conjunto de universidades de la región centro-occidente. Las dimensiones y distribuciones de los diferentes recursos que emplean las universidades se muestran en comparación entre los estados, entre el tipo de sostenimiento, y/o contra el promedio regional (Hernández Castro y Villalobos Ramírez: 48-83; Reynaga Obregón et al.: 104-117).

Para el equipo que participó en la elaboración del estudio es imperativo atender las necesidades del entorno para impulsar la formación en el posgrado, e incluso es conveniente anticiparse a ellas. La

vinculación con los diferentes sectores sociales es necesaria para nutrir los contenidos de los programas orientados al desarrollo social, político y tecnológico de la región.

El estudio indaga sobre las problemáticas que se oponen a la formación y desarrollo de los posgrados en el ámbito público y privado, de manera que las tensiones producidas se enfocan en cuatro rubros: lo académico, lo institucional, administrativo, y la visión social en torno al posgrado. Asimismo, se presenta un análisis cualitativo de problemáticas y buenas prácticas en voz de los coordinadores de los posgrados de la región centro-occidente (Alcaraz Anguiano: 126-133; Suazo Ortuño: 118-125).

Se observa que las inquietudes de los coordinadores de posgrados están centradas en aspectos académicos y administrativos relacionados con los estudiantes, además del financiamiento de los programas y su vinculación social.

Aunque el enfoque cuantitativo da solidez argumentativa a una investigación de esta índole, el diagnóstico deja ver la posibilidad de enriquecer futuros trabajos con una mayor proporción de análisis cualitativo, de manera que se pueda profundizar en las características y áreas de oportunidad que identifican los actores que intervienen en los posgrados. Aun así, los frutos del diagnóstico son relevantes y se sintetizan en cinco recomendaciones que se fundamentan a partir del análisis de la información obtenida: reconfigurar la estrategia nacional de impulso al posgrado, mejorar la normatividad y el fomento del CONACYT y la SEP, fortalecer el financiamiento a los posgrados, impulsar la movilidad y la internacionalización, y propiciar el desarrollo curricular, la gestión, el fortalecimiento académico y la evaluación de los posgrados (Urrutia De la Torre et al.: 140-147).

En conclusión, *Diagnóstico del Posgrado en México. Región Centro-Occidente* es un referente indispensable para conocer las características del campo académico del posgrado en una región que requiere una vinculación real y específica entre los centros de formación y los sectores económicos, sociales y políticos. Conocer la estructura de las instituciones que ofertan los posgrados y el entorno al que van dirigidos los programas académicos posibilita enumerar problemáticas, fortalezas y recomendaciones de mejora para la construcción del posgrado que el país necesita.

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, DOAJ, 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, éstas 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/