

INVESTIGACIÓN y CIENCIA

DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

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



Expresión de una α -expansina implicada en la maduración del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.)

La evolución de la mediación en sede judicial hacia otras sedes como alternativa para la resolución de conflictos en Aguascalientes

Propagación *in vitro* de nolináceas mexicanas

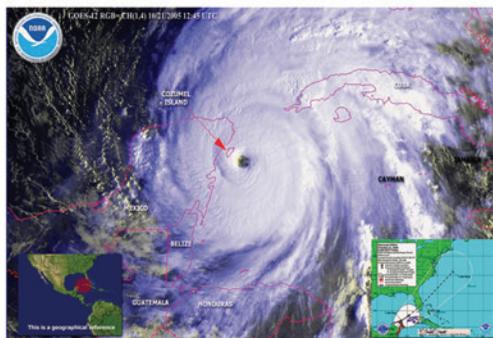
Estudio de caso: análisis narrativo con base en el relato autobiográfico de un paciente con distrofia muscular

Proteínas antigénicas de *Acanthamoeba castellanii* implicadas en la adhesión

La adherencia en el concreto reforzado: breve revisión histórica de la investigación del fenómeno

Características clínicas y epidemiológicas de pacientes con pie diabético del municipio San Carlos, Cojedes, Venezuela

Cambio climático y desarrollo turístico. Efectos de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit



EDICIÓN CUATRIMESTRAL AÑO 21 MAYO-AGOSTO DE 2013
58
ISSN: 1665-4412



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Departamento de Apoyo
a la Investigación

INVESTIGACIÓN y CIENCIA

DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES, año 21, núm. 58, mayo-agosto 2013, es una publicación periódica, cuatrimestral, multidisciplinaria, editada y distribuida por el Departamento de Apoyo a la Investigación de 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: Rosa del Carmen Zapata. 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 agosto de 2013 con un tiraje de 1,000 ejemplares. Precio por ejemplar \$60.00 (pesos). Costo de la suscripción anual \$160.00 (pesos).

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 del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

La revista **Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes** está citada en los siguientes 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>.
- **IRESE** (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>.
- **DOAJ** (Directory of Open Access Journals), <http://www.doaj.org>.
- **HELA** (Catálogo de Hemeroteca Latinoamericana), <http://www.dgb.unam.mx/hela.html>.
- **ULRICH'S** Periodicals Directory, <http://ulrichsweb.serialssolutions.com>



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

FOTOGRAFÍAS DE PORTADA:

- Aspecto general de algunas de las nolináceas generadas *in vitro* creciendo en invernadero • Brotes de *Dasyliiron longissimum* generados en medio basal con diferentes citocininas: 3 mg L⁻¹ de MT (H). • Huracán Wilma.

DIRECTORIO

M. en Admón. Mario Andrade Cervantes
Rector

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González
Secretario General

Dr. en C. Fernando Jaramillo Juárez
Director 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. Ma. del Carmen Martínez Serna
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 C. Jorge Heliodoro García Navarro
Decano del Centro de las Artes y la Cultura

CONSEJO EDITORIAL

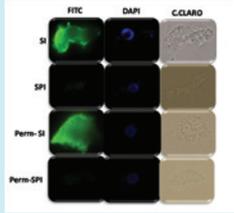
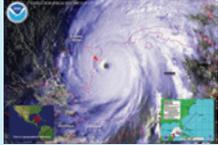
- Dr. Francisco Cervantes Pérez
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
- Dr. Alfredo Feria Velasco
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
- Dr. Luis Miguel García Segura
INSTITUTO CAJAL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES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

COMITÉ EDITORIAL

- Dr. Jaime Raúl Bonilla Barbosa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
- Dr. Juan Carlos A. Jáuregui Correa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
- Dra. Edith R. Jiménez Huerta
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS ECONÓMICO
ADMINISTRATIVAS
- 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

Mtra. Rosa del Carmen Zapata
DEPARTAMENTO DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN
• Editor
Lic. Sandra Margarita Ruiz Guerra
• Asistente

CONTENIDO

INVESTIGACIÓN	Pág.	
CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS		
<ul style="list-style-type: none"> Expresión de una α-expansina implicada en la maduración del fruto de guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) José Francisco Morales Domínguez Ruth Elena Soria Guerra Ángel Gabriel Alpuche Solís Cristina Garcidueñas Piña 	5-11	
<ul style="list-style-type: none"> Propagación <i>in vitro</i> de nolináceas mexicanas Alberto Isaac Reyes Silva Carlos Francisco Morales Muñoz Martha Evelia Pérez Reyes Eugenio Pérez Molphe Balch 	12-20	
<ul style="list-style-type: none"> Proteínas antigénicas de <i>Acanthamoeba castellanii</i> implicadas en la adhesión José Alberto Juárez Rodríguez Gloria Barbosa Sabanero José de Jesús Serrano Luna Lérica Liss Flores Villavicencio Mineko Shibayama Salas Myrna Sabanero López 	21-25	
CIENCIAS DE LA SALUD		
<ul style="list-style-type: none"> Características clínicas y epidemiológicas de pacientes con pie diabético del municipio San Carlos, Cojedes, Venezuela Rosangel Andreina Caiafa León Lariana Isabel Carlés Blanco Luisiana Glaycar González Rubio Carmen Cecilia León Castillo Gilberto Bastidas Pacheco 	26-35	
CIENCIAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y HUMANIDADES		
<ul style="list-style-type: none"> Cambio climático y desarrollo turístico. Efectos de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit Alejandro Palafox Muñoz Alejandra Gutiérrez Torres 	36-46	
<ul style="list-style-type: none"> La evolución de la mediación en sede judicial hacia otras sedes como alternativa para la resolución de conflictos en Aguascalientes María Guadalupe Márquez Algara José Carlos De Villa Cortés 	47-54	
<ul style="list-style-type: none"> Estudio de caso: análisis narrativo con base en el relato autobiográfico de un paciente con distrofia muscular Gladis Fernanda Castillo Pedroza 	55-60	
ARTÍCULO DE REVISIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> La adherencia en el concreto reforzado: breve revisión histórica de la investigación del fenómeno Norberto Domínguez Ramírez 	61-72	

Expresión de una α -expansina implicada en la maduración del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.)

Expression of an α -expansin involved in guava (*Psidium guajava* L.) fruit ripening

José Francisco Morales Domínguez^{1*}, Ruth Elena Soria Guerra²,
Ángel Gabriel Alpuche Solís³, Cristina Garcidueñas Piña¹

Morales Domínguez, J. F.; Soria Guerra, R. E.; Alpuche Solís, A. G.; Garcidueñas Piña, C., Expresión de una α -expansina implicada en la maduración del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 58, 5-11, 2013.

RESUMEN

El segmento parcial de un cDNA designado como *PgEXP1*, codificante para un homólogo de expansinas, fue aislado y caracterizado de fruto maduro de guayaba (*Psidium guajava* L.). El análisis bioinformático reveló que *PgEXP1* contiene parte de los dos dominios característicos de las α -expansinas. Asimismo, el árbol filogenético mostró gran relación con la α -expansina de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) que es específica de la maduración de este fruto. Los estudios de expresión mediante RT-PCR, realizados en diferentes tejidos de la planta y en el estado ocho de maduración del fruto, demostraron que la expresión sólo es en fruto maduro. Mediante Northern blot se analizó la expresión en ocho estados diferentes de maduración del fruto, que se encontró principalmente en los últimos tres estados. Esta investigación demuestra que *PgEXP1* es específico de la maduración del fruto de guayaba.

Palabras clave: *Psidium guajava* L., *Solanum lycopersicum* L., α -expansinas, maduración, homólogo, expresión.

Keywords: *Psidium guajava* L., *Solanum lycopersicum* L., α -expansins, ripening, homologous, expression.

Recibido: 21 de Noviembre de 2012, aceptado: 1 de Febrero de 2013

¹ Departamento de Química, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

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

³ Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

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

ABSTRACT

The partial segment of a cDNA, designated *PgEXP1*, coding for a homologue of expansins, was isolated and characterized from ripe guava fruit (*Psidium guajava* L.). The bioinformatics analysis revealed that *PgEXP1* contains part of two domains characteristic of the α -expansins. Also, the phylogenetic tree shows a great relationship with the α -expansin of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) which is specific for fruit ripening. Expression studies by RT-PCR performed in different tissues of the plant and fruit ripening of eight states, showed that the expression is only in ripe fruit. Expression in eight different states of ripeness was analyzed by Northern blot and found mainly in the last three states. The analysis of these results shows that the *PgEXP1* is specific for guava fruit ripening.

INTRODUCCIÓN

Durante la maduración de frutos ocurren cambios fisiológicos, bioquímicos y estructurales. Entre estos destacan la producción de azúcares solubles, síntesis de pigmentos y compuestos volátiles, e hidrólisis de polisacáridos de almacenamiento (Bennet, 2002); en consecuencia, el fruto sufre un ablandamiento que determina la calidad y vida después de la cosecha (Nishiyama *et al.*, 2007). El ablandamiento se debe en gran medida al desembalaje de los componentes de la pared celular primaria, y provoca principalmente la despolimerización y solubilización de polisacáridos como pectinas y hemicelulosas. Así, durante el proceso de maduración hay una alta expresión

de genes específicos, proteínas y actividades enzimáticas asociadas con la hidrólisis de la pared celular (Giovannoni, 2004).

Existen proteínas y enzimas relacionadas en la modificación de la pared celular, como las poligalacturonasas (PGs) que contribuyen a la modificación de la pectina y el desembalaje, y las endoglucanasas (EGs) relacionadas con el inicio de la maduración y ablandamiento de muchos frutos (Libertini *et al.*, 2004). Sin embargo, en plantas transgénicas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), donde se expresan los genes alterados de PG y EG, los frutos muestran un ablandamiento normal, lo que sugiere que la expresión de un sólo gen relacionado con la pared celular es insuficiente para ocasionar los efectos del ablandamiento (Hiwasa *et al.*, 2003).

La maduración del fruto requiere múltiples enzimas que actúen sinérgicamente al modificar la pared celular; una clase de proteínas, llamadas expansinas, actúa primero sobre la pared celular, promueve el ablandamiento y la extensión de la pared, y permite que enzimas específicas ejerzan su actividad (Cosgrove *et al.*, 2002). En estudios con células *in vitro*, las expansinas inducen la modificación de la pared celular de manera dependiente de pH, pero no hay actividad de hidrolasas o transglicolasas. Estas proteínas están conformadas por una gran familia de genes y están divididas en varias subfamilias: α -expansinas (EXPA), β -expansinas (EXPB), γ -expansinas, δ -expansinas y las parecidas a las α (EXPLA) y las parecidas a β (EXPLAB).

Las expansinas son importantes en el alargamiento celular, abscisión, germinación, respuesta a estrés, parasitismo, mediadores de acción hormonal y en el ablandamiento del tejido del fruto (Choi *et al.*, 2006). En este último proceso, las expansinas son diferencialmente reguladas y la expresión de algunos genes está correlacionada con el aumento en el tamaño del fruto, mientras que otros genes se incrementan en el proceso de maduración, como en tomate, fresa (*Fragaria x ananassa* L.) y pera (*Pyrus communis* L.) (Civello *et al.*, 1999; Harrison *et al.*, 2001; Dotto *et al.*, 2006). Estas investigaciones muestran que varios genes de expansinas se expresan en diferentes estados de maduración y otros actúan en órganos específicos; por ejemplo, una expansina (*LeEXP1*) específica de la maduración del fruto del jitomate exhibe muchos RNA mensajeros

(Rose *et al.*, 1997); además, se han identificado muchos cDNAs relacionados con *LeEXP1* durante la maduración; por ejemplo, en melón (*Cucumis melo* L.) y fresa, que muestran la característica de un rápido ablandamiento durante el proceso de maduración (Dotto *et al.*, 2006).

El fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) es climatérico con sobremaduración en poscosecha, lo que repercute en grandes pérdidas económicas para los productores. Los estudios bioquímicos de la maduración en este fruto muestran, pérdida de firmeza y ablandamiento en corto tiempo, coincidente con la despolimerización de la pared celular ocasionada por enzimas como poligalacturonasa, celulasa y pectina metil esterase (Jain *et al.*, 2001a; Jain *et al.*, 2003b). Sin embargo, hay pocos estudios moleculares sobre la actividad de estas enzimas y en especial de expansinas que podrían estar implicadas durante la maduración del fruto de guayaba. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue aislar y caracterizar un gen de una α -expansina y analizar su expresión en diferentes órganos de la planta y en ocho diferentes estados de maduración del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos de guayaba var. Media China de la selección 126, así como hojas, tallos y raíces fueron colectados de un único árbol, del banco de germoplasma Campo experimental Los cañones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que se localiza a 21° 45' N; 102° 58' W y 1500 msnm en el estado de Zacatecas, México. Las muestras de fruto fueron clasificadas con base en la caracterización visual de firmeza y pigmentación, en ocho estados de maduración. Las muestras de hojas, tallos y raíces fueron recolectadas del mismo árbol e inmediatamente congeladas en nitrógeno líquido y almacenadas a -80 °C hasta su uso.

Extracción de ARN y amplificación mediante RT-PCR

La extracción de RNA total de las muestras se realizó siguiendo el protocolo del fabricante RNA reagent (Invitrogen™). El RNA total de muestras de fruto y de tejido vegetativo de raíz, tallo y hoja se usó para sintetizar la primera cadena de ADNc con la enzima AMV reverse transcriptase first-strand cDNA synthesis kit (Invitrogen™), y subsecuente fueron utilizadas como molde para la amplificación por PCR. Los oligonucleótidos utilizados

fueron: 5'gcatgctacatftttacggg y 3'aattgggga-caaaattggcaa; para la amplificación se utilizó el propuesto por Rose *et al.* (1997). Se utilizaron 0.5 µg de ADNc por 40 ciclos (94 °C por 1 min, 50 °C por 1 min, y 72 °C por 3 min) en el termociclador Corbett research. El fragmento amplificado fue purificado mediante el kit Zymoclean™ Gel DNA Recovery Kit (ZIMO), y posteriormente clonado en el vector pGEM-easy (Promega). El fragmento fue enviado al Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGE BIO) para su secuenciación.

Análisis bioinformático de la secuencia del cDNA

La secuencia de nucleótidos (PgEXPA1) fue traducida a aminoácidos mediante el servidor <http://expasy.org/proteomics>; posteriormente se realizó una búsqueda de similitud mediante BLAST, herramienta de búsqueda básica mediante alineamiento global (Altschul *et al.*, 1990), en el sitio web de la NCBI. El árbol filogenético fue generado a partir de la secuencia deducida de aminoácidos de PgEXPA1 y 30 expansinas homólogas de otras plantas con el programa de alineamiento múltiple ClustalW2 del website del Instituto Europeo de Bioinformática (EBI), por medio del método de UPGMA basado en el porcentaje de identidad de las secuencias, con la indicación en cada rama del árbol de la distancia media (Larkin *et al.*, 2007). El número de acceso de las secuencias que se analizaron registradas en el GenBank son: durazno (*Prunus persica* L.), PpEXPA1 (BAC66787.1); arroz (*Oryza sativa* L.), EXPA3_ORYSJ (Q40637.2), EXB15_ORYSJ (Q7XT40.2), EXLA2_ORYSJ (Q7XCLO), EXLB1_ORYSJ (Q850K7.2) y EXPB2_ORYSJ (O24230); tomate, LeEXP1 (AAC63088); *Arabidopsis thaliana*, expansinA6 (NP_180461.1A6), EXPB2_ARATH (Q9SHY6.2), EXLA1_ARATH (Q9LZT4.1) y EXLB1_ARATH (O23547.2); maíz (*Zea mays* L.), beta-expansin 1 (ZmEXPB; AAK56124.1); pepino (*Cucumis sativus* L.), expansin S1 precursor (EXPS1pre_CS; AAB37746.1), expansin S2 precursor (EXPS2pre_CS; AAB37749.1) y *Dictyostelium discoideum*: Dicdi (XP_647352.1). La identificación de los dominios conservados de la secuencia putativa de aminoácidos se realizó en el servidor de PROSITE (De Castro *et al.*, 2006).

Análisis tipo Northern blot

Se extrajo RNA total de los ocho estados de maduración de fruto de acuerdo al protocolo del fabricante RNA Reagent (Invitrogen). Se analizaron muestras de 30 µg de RNA por electroforesis en geles de agarosa al 1.2% (w/w) y en geles desnaturalizantes de formaldehído al 1%. Dichos geles se transfirieron a membranas Hybond-N (Amersham-Pharmacia Biotech). El marcaje de PgEXPA1 y la

hibridación de la membrana fueron acordes al protocolo de Alkaphos (GE, Healthcare). La membrana fue expuesta 2 h a película de rayos X (X-OMATAR, Kodak™) a temperatura ambiente. La película fue revelada con los reactivos de revelado y fijador de Kodak™.

RESULTADOS

Los resultados de este estudio revelaron la presencia de un fragmento de aproximadamente 885 pb sólo en fruto; para tallo, raíz y hoja no se detectó señal (Figura 1A). Como testigo de este análisis se llevó a la par un RT-PCR con oligonucleótidos dirigidos para genes de actina. Se detectó la banda correspondiente en todos los tejidos analizados (Figura 1B).

Análisis bioinformático

La secuenciación parcial del cDNA de fruto maduro reveló una longitud de 885 pb. El análisis de nucleótidos en la base de datos del GenBak mostró que el fragmento aislado tiene alto grado de homología con otros genes de expansinas de plantas. La secuencia parcial del cDNA fue designada como PgEXPA1 y con número de acceso a la base de datos de FJ744120.

La proteína deducida de PgEXPA1 presenta parte de los dos dominios conservados de las expansinas; un dominio parecido al de la familia de las 45 endoglucanasas (Expansin_EG45) porque muestra cuatro residuos de cisteínas (C) y el mo-

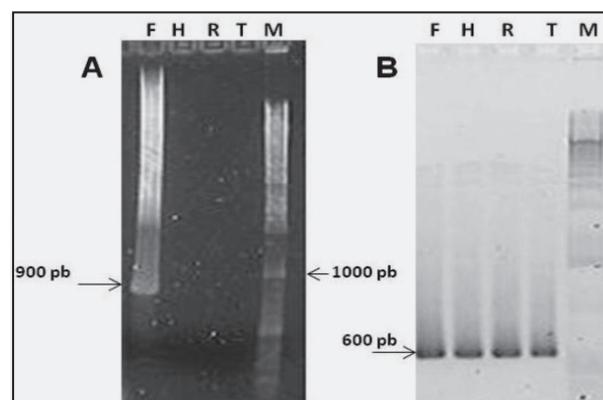


Figura 1. Análisis de la expresión de PgEXPA1 mediante RT-PCR en diferentes tejidos de guayaba. **A.** F) fruto maduro estado 8, H) hoja, R) raíz, T) tallo y M) marcador peso molecular 1 Kb. **B.** Expresión para genes de actina en diferentes tejidos de guayaba. F) Fruto maduro estado 8, H) hoja, R) raíz, T) tallo y M) marcador peso molecular 1 Kb.

tivo HFD, y el otro dominio hacia el extremo del carboxilo terminal (Expansin_CBD), donde están presentes residuos de triptófano (W) (Figura 2).

El alineamiento múltiple de la secuencia deducida de aminoácidos de PgEXPA1 con diferentes secuencias de aminoácidos de expansinas mostró un rango de homología desde 65% hasta 90%, mostrando la mayor homología con la LeEXP1. A partir de este alineamiento, se generó un árbol filogenético que muestra cuatro grupos diferentes de las expansinas; indicó que la PgEXP1 está clasificada dentro del grupo de las α -expansinas, quedó fuera del grupo la secuencia de *Dictyostelium discoideum* (Dicdi) clasificada como una proteína que contiene un dominio parecido a las expansinas pero no tiene función biológica de expansina (Figura 3).



Figura 2. Dominios conservados de las expansinas. A. Secuencia parcial deducida de la PgEXPA1, donde se marca el motivo conservado HFD, B. Dominio parecido a la EG45; en verde se presentan dos de los residuos de Cisteína, C. Esquema de los dos dominios de PgEXPA1, D. Secuencia parcial del dominio de unión a polisacáridos (PROSITE).

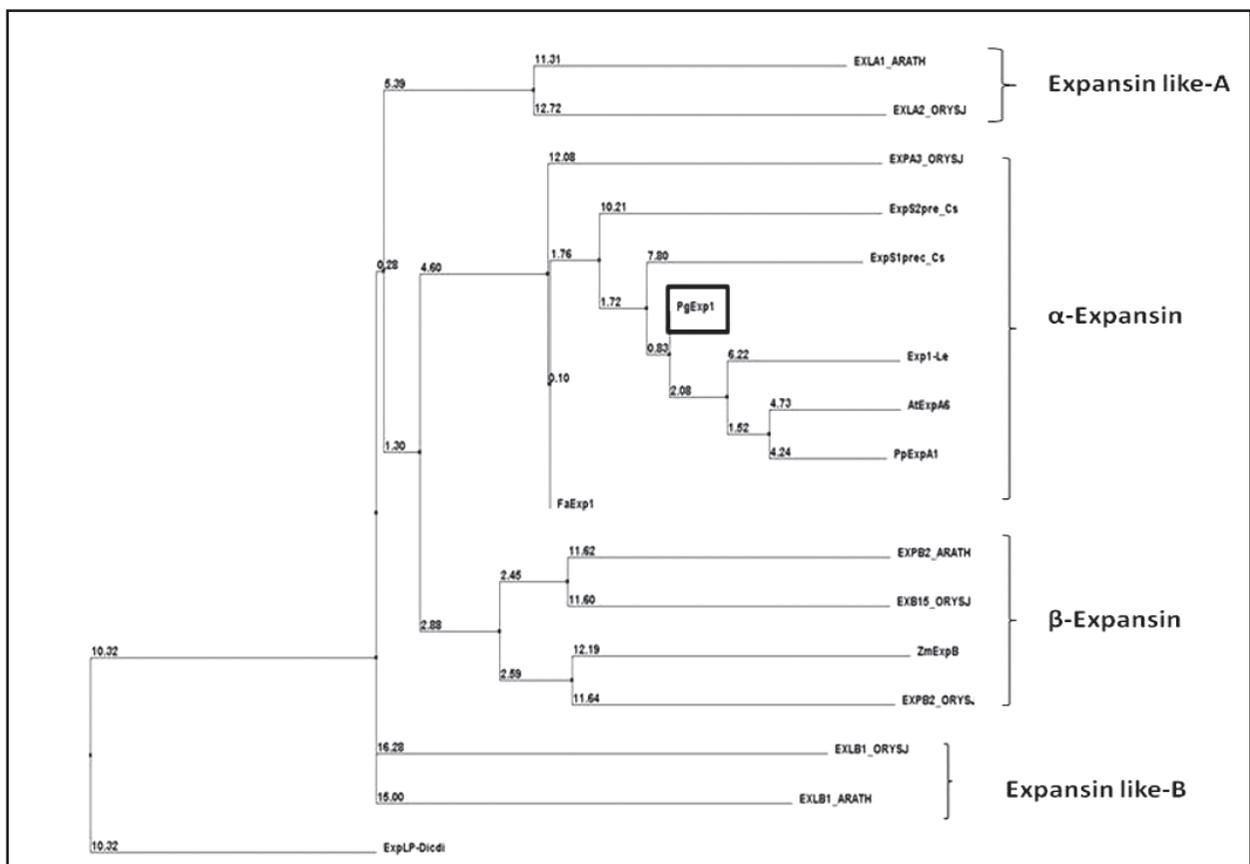


Figura 3. Árbol filogenético con 14 secuencias correspondiente a la secuencia de aminoácidos de expansinas y la secuencia deducida de PgEXP1. Como control externo se incluyó la expansina (Dicdi). El árbol filogenético se generó mediante el programa de Clustal W2 (Larkin et al., 2007) y las secuencias de aminoácidos se describen en la sección de metodología. Las diferentes secuencias pertenecen a la superfamilia de expansinas que fueron agrupadas en cuatro diferentes familias; " α -expansinas, β -expansinas, expansinas parecidas a α y β -expansinas" (Sampedro y Cosgrove, 2005), donde PgEXP1 fue incluido en la familia de α -expansinas. Cada rama indica la distancia media basada en el porcentaje de identidad de secuencia.

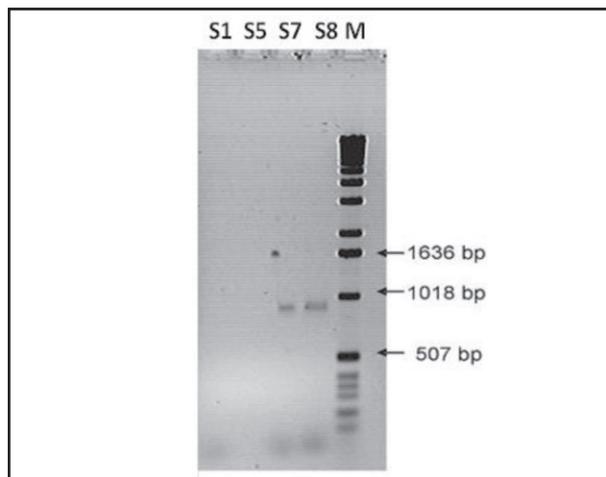


Figura 4. Análisis de la expresión mediante RT-PCR de *PgEXPA1* en cuatro diferentes estados de desarrollo del fruto de guayaba. S1 y S5 son los estados verdes de maduración, S7 y S8 son los estados de fruto maduro.

Análisis de la expresión

Para verificar que la expresión de *PgEXPA1* es en fruto maduro, se realizó un RT-PCR, tomando los estados verdes del fruto (S1 y S5) y los dos últimos (S7 y S8); este análisis indicó la expresión en los estados S7 y S8 (Figura 4). Tomando en cuenta lo anterior, se realizó un análisis tipo Northern blot en los ocho estados de maduración del fruto y se mostró que *PgEXPA1* tiene una expresión en los últimos tres estados: premaduro (S6), maduro (S7) y sobremaduro (S8) (Figura 5).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son muy similares a los de Rose *et al.* (1997), quienes reportaron la identificación de una expansina específica de la maduración del fruto de tomate (*LeEXP1*), que exhibe altos niveles de ARNm en este estado. Los oligonucleótidos utilizados en este estudio se diseñaron con base en los propuestos por Rose *et al.* (1997), pero la secuencia de nucleótidos fue de acuerdo a la serie reportada del gen *LeEXP1*, por lo cual se deduce la identificación de una expansina específica de maduración en guayaba.

Según estudios bioinformáticos, las expansinas son codificadas por miembros de una familia multigénica, que constan de tres dominios conservados: un péptido señal en el extremo amino terminal, un dominio que se postula de unión a polisacáridos (CBD; por las siglas en inglés) hacia el carboxilo terminal, y un dominio central pare-

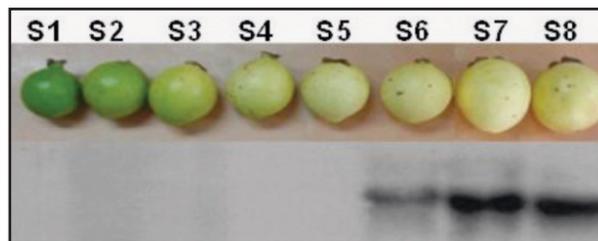


Figura 5. Análisis por Northern blot de *PgEXPA1* en diferentes estados de maduración del fruto de guayaba. En los últimos tres estados de maduración, se observa una fuerte expresión del gen.

cido al de la familia de las 45 endoglucanasas (EG45) que contiene un motivo histidina-fenilalanina-aspartato (HFD) y varios residuos de cisteínas (C) que se cree funcionan en la actividad catalítica (Cosgrove *et al.*, 2002).

PgEXPA1 sólo muestra dos de estos dominios, ya que la región de amplificación no abarcó el extremo del amino terminal completo, donde está presente el péptido señal; sin embargo, tiene parte de los dos dominios característicos presentes en muchas α -expansinas. Choi *et al.* (2006) indican que la mayoría de las α -expansinas contienen ocho residuos de C en el extremo amino terminal, cuatro residuos de triptófano (W) hacia el carboxilo terminal y el motivo HDF en la región central.

Una de las características principales de la *LeEXP1* es que exhibe alta acumulación de ARNm durante el estado climatérico del fruto del tomate y lo hace específico de este estado; en lo que respecta a *PgEXPA1*, también fue identificado en el estado maduro de guayaba, lo que demuestra que es específica de esta etapa (Figura 5). En diferentes estudios de la expresión mediante Northern blot y de hibridación *in situ*, diversos genes de expansinas son expresados en diferentes órganos, tejidos y tipos de célula y responden distinto a tratamientos hormonales de luz y polinización, así como la programación endógena de desarrollo, mostrando que las expansinas están implicadas en una gran variedad de respuestas al desarrollo y crecimiento, desde germinación y maduración de frutos hasta polinización (Cosgrove *et al.*, 2002).

Para confirmar la expresión específica de las expansinas en la maduración de frutos, Brummell *et al.* (1999) obtuvieron transformantes de tomate

con *LeEXP1*, en las que observaron sobreexpresión y aumento del ablandamiento del fruto y rompimiento de la pared celular. En otros estudios con fresa, pera y durazno, se ha visto la existencia de una familia multigénica de expansinas que se expresan en diferentes órganos de la planta y en las etapas de desarrollo y maduración del fruto (Dotto *et al.*, 2006; Hiwasa *et al.*, 2003). En las fresas y otros frutos, las expansinas muestran diferentes perfiles de expresión durante la maduración del fruto y algunos se presentan en otros tejidos como hoja, raíz, tallo y estolón (Civello *et al.*, 1999; Harrison *et al.*, 2001). Con base en lo anterior, se han postulado tres perfiles de expresión para las expansinas: 1) durante la maduración (*up-down-up*); 2) sin cambios significativos durante la maduración (*down-up-down*), y 3) indetectables durante la maduración (Harrison *et al.*, 2001). Sobre estos datos y con los resultados de expresión mediante Northern blot, se considera que el gen de guayaba pertenece al perfil de expresión 1, al igual que *LeEXPA1*. Estos resultados de expresión de genes específicos también se han observado en otros frutos climatéricos y no climatéricos, como en fresa para los genes *FaEXP2* y *FaEXP 5*, y para pera con *pcEXP1*, que pertenecen al perfil

1 (Dotto *et al.*, 2006; Hiwasa *et al.*, 2003). Por otra parte, Jain *et al.* (2003b), realizaron estudios bioquímicos sobre la presencia y actividad de varias enzimas hidrolíticas de la pared celular en cuatro estados diferentes de maduración del fruto de la guayaba, y coincidieron en que la maduración está acompañada principalmente por el ablandamiento y despolimerización de varios polisacáridos de la pared celular, donde actúan varias enzimas específicas.

CONCLUSIONES

Se identificó y caracterizó una secuencia parcial de ADNc codificante para un homólogo de las α -expansinas. La secuencia de aminoácidos encontrada contiene parte de los dos dominios conservados de las familias de las α -expansinas. La expresión sugiere que es específico de la maduración del fruto, ya que no se expresa en otros órganos de la planta ni en estados iniciales de maduración del fruto, pero sí en las últimas etapas.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes por el apoyo en esta investigación.

LITERATURA CITADA

- ALTSCHUL, S. F., GISH, W., MILLER, W., MYERS, E. W., LIPMAN, D. J., Basic Local Alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*, 215, 403-410, 1990.
- BENNETT, A., Biochemical and genetic determinants of cell wall disassembly in ripening fruit: A general model. *Hort Science*, 37, 447-450, 2002.
- BRUMMELL, D. A., HARPSTER, M. H., DUNSMUIR, P., Differential expression of expansin gene family members during growth and ripening of tomato fruit. *Plant Molecular Biology*, 39, 161-169, 1999.
- CHOI, D., CHO, H. T., LEE, Y., Expansins: expanding importance in plant growth and development. *Physiologia Plantarum*, 126, 511-518, 2006.
- CIVELLO, P. M., POWELL, A. L., SABEHAT, A., BENNETT, A. D., An expansin gene expressed in ripening strawberry fruit. *Plant Physiology*, 121, 1273-1279, 1999.
- COSGROVE, D. J., CHAO LI, L., HYUNG-TAEG, C., HOFFMANN-BENNING, S., MOORE, R. C., BLECKER, D., The growing world of expansins. *Plant and Cell Physiology*, 43, 1436-1444, 2002.
- DE CASTRO, E., SIGRIST, C. J. A., GATTIKER, A., BULLIARD, V., LANGENDIJK-GENEVAUX, P. S., GASTEIGER, E., BAIROCH, A., HULO, N., ScanProsite: detection of PROSITE signature matches and ProRule-associated functional and structural residues in proteins. *Nucleic Acids Research*, W362-W365, 2006.
- DOTTO, M. C., MARTÍNEZ, G. A., CIVELLO, P. M., Expression of expansin genes in strawberry varieties with contrasting fruit firmness. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44, 301-307, 2006.
- GIOVANNONI, J. J., Genetic Regulation of Fruit Development and Ripening. *The Plant Cell*, 16, S170-S180, 2004.
- HARRISON, E. P., MCQUEEN-MASON, S. J., MANNING, K., Expression of six expansins genes in relation to extension activity in developing strawberry fruit. *Journal of Experimental Botany*, 52, 1437-1446, 2001.

- HIWASA, K., ROSE, J. K. C., NAKANO, R., INABA, A., KUBO, Y., Differential expression of seven α -expansin genes during growth and ripening of pear fruit. *Physiologia Plantarum*, 117, 564-572, 2003.
- JAIN, N., DHAWAN, K., MALHOTRA, S. P., SIDDIQUI, S., SINGH, R., Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava* L.) fruits during ripening. *Acta Physiologiae Plantarum*, 23, 357-362, 2001a.
- JAIN, N., DHAWAN, K., MALHOTRA, S. P., SINGH, R., Biochemistry of Fruit Ripening of Guava (*Psidium guajava* L.): Compositional and Enzymatic Changes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58, 309-315, 2003b.
- LARKIN, M., BLACKSHIELDS, A. G., BROWN, N. P., CHENNA, R., MCGETTIGAN, P. A., MCWILLIAM, H., VALENTIN, F., WALLACE, I. M., WILM, A., LOPEZ, R., THOMPSON, J. D., GIBSON, T. J., HIGGINS, D. J., ClustalW and ClustalX version 2. *Bioinformatics*, 23, 2947-2948, 2007.
- LIBERTINI, E., LI, Y., MCQUEEN-MASON, S. J., Phylogenetic Analysis of the Plant Endo- β -1, 4-Glucanase Gene Family. *Journal Molecular Evolution*, 58, 506-515, 2004.
- NISHIYAMA, K., GUI, M., ROSE, J. K. C., KUBO, Y., BENNETT, K. A., WANGJIN, L., KATO, K., USHIJIMA, K., NAKANO, R., INABA, A., BOUZAYEN, M., LATSCH, A., PECH J. C., BENNETT, A. B., Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melon. *Journal of Experimental Botany*, 58, 1281-1290, 2007.
- ROSE, J. N. C., LEE, H. H., BENNETT, A. B., Expression of a divergent expansin gene is fruit-specific and ripening-regulated. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94, 5955-5960, 1997.

Diccionario

- EXPASY BIOINFORMATICS RESOURCE PORTAL. De: <http://expasy.org/proteomics>
- NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION (NCBI). De: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- PROSITE. De: <http://www.expasy.ch/prosite/>
- THE EUROPEAN BIOINFORMATICS INSTITUTE (EBI) De: <http://www.ebi.ac.uk/>

Propagación *in vitro* de nolináceas mexicanas

In vitro propagation of mexican nolinaceae

Alberto Isaac Reyes Silva¹, Carlos Francisco Morales Muñoz¹,
Martha Evelia Pérez Reyes¹, Eugenio Pérez Molphe Balch^{1*}

Reyes Silva, A. I.; Morales Muñoz, C. F.; Pérez Reyes, M. E.; Pérez Molphe Balch, E., Propagación *in vitro* de nolináceas mexicanas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 58, 12-20, 2013.

RESUMEN

La familia Nolinaceae incluye más de 50 especies adaptadas a las zonas áridas y semiáridas de México. Sus poblaciones naturales han disminuido de manera preocupante debido a la sobreexplotación y destrucción de su hábitat, por lo que el desarrollo de sistemas rápidos y eficientes para la propagación masiva de estas especies es una herramienta importante para su conservación y explotación racional. En este estudio se reportan protocolos para la propagación masiva *in vitro* de las especies *Beaucarnea goldmanii*, *B. gracilis*, *B. recurvata*, *Dasyllirion leiophyllum*, *D. longissimum*, *D. lucidum*, *D. serratifolium*, *Nolina durangensis*, *N. longifolia* y *N. parviflora*. Esto mediante la brotación axilar en explantes basales cultivados en medio adicionado con diversas citocininas. La eficiencia observada fue desde 3.9 hasta 10.3 nuevos brotes por explante, dependiendo de la especie. Los brotes se enraizaron en medio basal con o sin carbón activado. Las plantas generadas a través de estos protocolos mostraron una supervivencia *ex vitro* de 44 a 100 %. Estos resultados muestran que la propagación masiva *in vitro* es una opción

Palabras clave: *Beaucarnea*, citocininas, *Dasyllirion*, micropropagación, *Nolina*.

Keywords: *Beaucarnea*, cytokinins, *Dasyllirion*, micropropagation, *Nolina*.

Recibido: 27 de Febrero de 2013, aceptado: 5 de Junio de 2013

¹ Unidad de Biotecnología Vegetal, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

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

eficiente que podría contribuir a la conservación de este recurso natural.

ABSTRACT

Nolinaceae family includes over 50 species adapted to arid and semiarid regions of Mexico. Natural populations have declined alarmingly due to overexploitation and habitat destruction, so the development of fast and efficient systems for mass propagation of these species is an important tool for its conservation and rational exploitation. In this study, protocols are reported for *in vitro* mass propagation of the species *Beaucarnea goldmanii*, *B. gracilis*, *B. recurvata*, *Dasyllirion leiophyllum*, *D. longissimum*, *D. lucidum*, *D. serratifolium*, *Nolina durangensis*, *N. longifolia* and *N. parviflora*. This is done by axillary sprouting in basal explants cultured in media supplemented with various cytokinins. The observed efficiency was 3.9 to 10.3 new shoots per explant, depending on the species. Shoots were rooted in basal media with or without activated charcoal. Plants produced through these protocols showed an *ex vitro* survival of 44 to 100%. These results show that *in vitro* mass propagation is an efficient option that could contribute to the conservation of this natural resource.

INTRODUCCIÓN

La familia Nolinaceae está integrada por los géneros *Beaucarnea*, *Calibanus*, *Dasyllirion* y *Nolina*, e incluye aproximadamente 55 especies herbáceas, arbustivas o arborescentes. Estas plantas habitan desde el sur de E.U.A. hasta

Centroamérica; México tiene la mayor riqueza de especies. La familia Nolinaceae se propuso en 1936 y se aceptó en 1985; anteriormente estas plantas eran incluidas dentro de las familias Agavaceae o Liliaceae (Irish e Irish, 2000). Hay reportes de que plantas de los géneros *Dasyllirion* y *Nolina* eran parte de la dieta de los nativos americanos hace más de 2000 años (Poinar *et al.*, 2001).

Actualmente, las hojas de algunas especies de esta familia se utilizan para la elaboración de canastas, mientras que la base de las mismas (llamada flor de sotol) se usa como elemento decorativo. Especies del género *Nolina* se explotan para obtener fibras para cordelería, y algunas del género *Dasyllirion* se usan en el norte de México para elaborar una bebida alcohólica denominada "sotol". El uso actual más extendido de estas plantas es el ornamental. Todas las especies del género *Beaucarnea* (soyates o patas de elefante), así como muchas de los géneros *Dasyllirion* (sotoles) y *Nolina*, se comercializan masivamente con este fin. Esto se debe a su belleza y a su muy bajo consumo de agua. Desafortunadamente, las poblaciones silvestres de casi todas las especies de nolináceas se han reducido de manera importante en años recientes. Por este motivo, la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 incluye a 16 especies de esta familia en la lista de plantas en peligro, amenazadas o sujetas a protección especial. Entre estas se encuentran *Beaucarnea goldmanii*, *B. gracilis*, *B. recurvata* y *Dasyllirion longissimum*, consideradas como amenazadas.

Entre los factores que afectan la conservación de las nolináceas destacan: 1) la destrucción y la modificación de los hábitats causadas por la expansión agrícola y la explotación forestal; 2) la ganadería, en especial el pastoreo de cabras, que puede devastar poblaciones completas; 3) la sobreexplotación como materia prima de algunas especies, y 4) el saqueo de ejemplares silvestres para su venta en el mercado de ornamentales, situación especialmente grave en el género *Beaucarnea* (Cardel *et al.*, 1997; Golubov *et al.*, 2007).

La propagación masiva *in vitro* es una alternativa viable para especies vegetales amenazadas cuya multiplicación por métodos convencionales, ya sea por semillas o por métodos asexuales, es poco eficiente (Pence, 2011). Este es el caso de las nolináceas, que no se propagan

vegetativamente y la producción de semillas es errática. Hay pocos estudios acerca del cultivo y la propagación *in vitro* de este grupo de plantas. Samyn (1993, 1997) reporta la propagación *in vitro* de *Beaucarnea recurvata* en un medio con benciladenina (BA) y ácido giberélico, obteniendo un poco más de tres nuevas plantas por explante. Osorio-Rosales y Mata-Rosas (2005) propagaron *Beaucarnea gracilis* y *B. recurvata* a través de la generación de brotes en explantes tomados de plántulas obtenidas *in vitro*, usando sólo la citocinina BA. Por su parte, Flores-García *et al.* (2009) reportan la propagación de la especie *Nolina parviflora* a través de organogénesis, a partir de explantes tomados de plántulas obtenidas *in vitro*, en medios de cultivo con combinaciones de citocininas con auxinas. El objetivo de este estudio, fue el desarrollo de protocolos para la propagación masiva *in vitro* de 10 especies mexicanas de nolináceas pertenecientes a los géneros *Beaucarnea*, *Dasyllirion* y *Nolina*. Para siete de estas especies no existían reportes previos acerca de su cultivo y propagación *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento de los cultivos *in vitro*

Se utilizaron semillas de *Beaucarnea goldmanii* Rose, *Beaucarnea gracilis* Lem., *Beaucarnea recurvata* Lem., *Dasyllirion leiophyllum* Engelm. ex Trel., *Dasyllirion longissimum* Lem., *Dasyllirion lucidum* Rose, *Dasyllirion serratifolium* (Karw. ex Schult. f.) Zucc., *Nolina durangensis* Trel., *Nolina longifolia* (Schult.) Hemsl. y *Nolina parviflora* (Kunth) Hemsl. Debido a la dificultad para obtenerlas, se contó con un máximo de 150 semillas por especie. Estas se desinfectaron lavándolas tres veces por 10 min con detergente líquido (Dermoclean) al 1% en agua corriente; luego, se lavaron durante 1 min con etanol al 70% y se trataron por 20 min con una solución de blanqueador comercial (Cloralex) al 10%. Las semillas se enjuagaron cuatro veces con agua destilada estéril bajo condiciones de asepsia y se incubaron 30 min en 50 mL de una solución de 20 mL L⁻¹ de PPM (Plant Preservative Mixture, Plant Cell Technology). Después se colocaron, sin enjuagar, en el medio de cultivo para su germinación.

El medio basal utilizado fue el MS (Murashige y Skoog, 1962), a pH 5.7 y con 8 g L⁻¹ de agar (Sigma-Aldrich) como gelificante. Los cultivos se mantuvieron a 25±2°C bajo luz continua (54 µmol m⁻² s⁻¹) por 30-60 d, hasta tener plántulas de 3-5

cm de altura. En los experimentos posteriores se utilizó este medio basal y las mismas condiciones de incubación. A partir de las plántulas obtenidas se tomaron los explantes a ser utilizados en los experimentos de multiplicación *in vitro*.

Multiplicación *in vitro*

Se eliminaron las hojas y las raíces de las plántulas obtenidas; la porción basal restante de 10 a 15 mm de longitud, conteniendo los tejidos meristemáticos, se inoculó en posición vertical en medio basal adicionado con citocininas, y se mantuvo la misma polaridad que en la plántula original. Esto con el fin de estimular la generación de brotes axilares múltiples en los explantes. En una primera serie de experimentos se probaron cuatro concentraciones de benciladenina (BA): 1, 2, 3 y 4 mg L⁻¹. En una segunda serie de experimentos se probaron, además, tratamientos con 3 mg L⁻¹ de las citocininas 6- γ , γ -dimetilalilaminopurina (2iP), tidiazurón (TDZ) y [N6-(meta-hidroxibencil) adenina] o metatopolina (MT). En todos los casos se utilizaron 15 explantes, también de 10 a 15 mm de longitud de cada especie por tratamiento y los experimentos se realizaron por triplicado. Adicionalmente, se colocaron 10 explantes de cada especie en medio basal carente de citocininas como testigo.

Debido a la poca disponibilidad de material vegetal, los brotes generados en los primeros experimentos de multiplicación se utilizaron como fuente de explantes para los subsecuentes. La incubación de los cultivos se realizó a 25 \pm 2 °C bajo luz continua (54 μ mol m⁻² s⁻¹) por 56-60 d, después de los cuales se registraron los resultados. Estos consistieron en el porcentaje de explantes que respondieron generando brotes y el número de brotes producidos por explante. Estos últimos datos se analizaron mediante ANDEVA y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Enraizamiento

Se colectaron brotes de más de 3 cm de longitud generados en los experimentos de multiplicación y se inocularon en medio basal al 50% a pH 5.7 y con 8 g L⁻¹ de agar, o en medio basal a pH 5.7, con 8 g L⁻¹ de agar y 2 g L⁻¹ de carbón activado. Se utilizaron al menos 75 brotes de cada especie por cada tratamiento. Los cultivos se incubaron a 25 \pm 2 °C bajo luz continua por 45-50 d, después de los cuales se registró el porcentaje de brotes que generaron raíces.

Transferencia a suelo

Se eliminaron los sellos y se aflojaron las tapas de los recipientes de cultivo con brotes enraizados. Esto con el fin de promover la adaptación paulatina de los brotes a las condiciones de humedad del medio externo. Después de siete días en estas condiciones, los brotes se retiraron del medio de cultivo y su parte basal y raíces se lavaron con agua corriente para eliminar los restos del mismo. Posteriormente, se sembraron en macetas con una mezcla de suelo comercial y arena 1:1 y se cubrieron con una bolsa de plástico transparente para retener la humedad. Las macetas se mantuvieron por cinco días en una cámara bioclimática a 24 \pm 2 °C y con un fotoperíodo de 16 h de luz por 8 h de oscuridad; posteriormente se transfirieron a invernadero. Después de una semana se hicieron orificios a la cubierta plástica y a la tercera semana la misma se eliminó por completo. La supervivencia de las plantas generadas *in vitro* se determinó a la sexta semana. Se consideró que la adaptación al suelo fue exitosa cuando la planta dio señales de reiniciar su crecimiento ya en condiciones *ex vitro*.

RESULTADOS

La germinación *in vitro* de las semillas comenzó a observarse a los ocho días, y el proceso terminó a los 28. Las mayores tasas de germinación se observaron en *Beaucarnea gracilis* y *Dasyllirion leiophyllum*, de 96% y 95%, respectivamente. *Dasyllirion serratifolium* mostró la menor tasa (22%). El resto de las especies tuvieron tasas dentro de este rango. Osorio-Rosales y Mata-Rosas (2005) reportan tasas de germinación *in vitro* de 89.8 y 95.3% para *Beaucarnea gracilis* y *B. recurvata*. En este trabajo se observaron tasas similares en la primera especie, pero menores en la segunda.

En cuanto al protocolo usado para la desinfección de las semillas, resultó eficiente, ya que no se tuvieron pérdidas por contaminación. Esto pudo deberse al uso de PPM como parte del mismo, ya que en experimentos previos en donde no fue incluido se obtuvo material contaminado por hongos en 35% de las semillas evaluadas.

En este estudio se utilizaron sólo citocininas para inducir la producción de brotes en explantes basales. Todos los tratamientos fueron capaces de inducir la generación de brotes múltiples

en las especies trabajadas. Sin embargo, hubo diferencias en cuanto a la eficiencia de cada tratamiento y al grado de diferenciación de los brotes producidos (Tabla 1). La mayor respuesta se observó en *Dasyliion leiophyllum*, donde se produjeron en promedio más de 10 brotes por explante en el mejor tratamiento. La menor respuesta se observó en *Beaucarnea goldmanii*, que en su mejor tratamiento generó casi cuatro brotes por explante. En todas las especies, los explantes colocados en medio testigo sin citocininas no generaron nuevos brotes. En muchos casos se observó la generación de una sola planta debido a la rebrotación del meristemo principal del explante original.

Osorio-Rosales y Mata-Rosas (2005) probaron el efecto de varias concentraciones de BA en la generación de brotes en explantes basales de *Beaucarnea gracilis* y *B. recurvata*. Para la primera, el mejor tratamiento fue con 5 mg L⁻¹ de BA con una producción de 5.4 brotes por explante, mientras que para la segunda fue

3 mg L⁻¹ de BA con 1.9 brotes por explante. Sin embargo, cuando estos autores utilizaron cortes longitudinales de los segmentos basales como explante, la producción de brotes por explante en las mismas especies se incrementó a 8.2 y 11.1, aunque en el caso de *B. gracilis*, esto incrementó notablemente la mortalidad de los tejidos por oxidación. Sistemas de propagación similares se han desarrollado también para el género *Agave*, con resultados comparables a los observados en nolináceas (Domínguez-Rosales *et al.*, 2008). Sin embargo, en agaves también se ha reportado el uso de auxinas como el 2,4-D y el AIB en tratamientos de pulso para inducir la brotación (Ramírez-Malagón *et al.*, 2008). Por otro lado, en otra especie relacionada, *Yucca valida*, se recomienda el uso de citocininas combinadas con auxinas para generar brotes *in vitro*. En este caso, la mayor eficiencia es de 5.2 brotes por explante basal en un tratamiento con 4.5 mg L⁻¹ de BA y 0.87 mg L⁻¹ de ácido indolacético (AIA) (Arce-Montoya *et al.*, 2006).

Tabla 1. Efecto de la concentración y tipo de citocinina en medio basal empleada en la generación de brotes en explantes basales en 10 especies de nolináceas

Especie	Citocinina (mg L ⁻¹)				Explantes con brotes (%)	Brotes por explante [†]
	BA	2iP	TDZ	MT		
<i>Beaucarnea goldmanii</i>	1	---	---	---	100	2.3 b
	2	---	---	---	100	3.1 a
	3	---	---	---	100	3.9 a
	4	---	---	---	94	2.8 ab
	---	3	---	---	86	2.2 b
	---	---	3	---	54	1.4 c
	---	---	---	3	90	2.4 b
<i>Beaucarnea gracilis</i>	1	---	---	---	100	3.2 c
	2	---	---	---	100	7.2 b
	3	---	---	---	100	8.6 ab
	4	---	---	---	100	9.4 a
	---	3	---	---	90	6.8 b
	---	---	3	---	76	3.6 c
	---	---	---	3	100	7.4 b

Continuación de la tabla 1.

<i>Beaucarnea recurvata</i>	1	---	---	---	100	4.8 c
	2	---	---	---	93	6.5 b
	3	---	---	---	100	9.4 a
	4	---	---	---	98	9.2 a
	---	3	---	---	100	8.3 a
	---	---	3	---	68	4.2 c
	---	---	---	3	96	7.6 b
<i>Dasyllirion leiophyllum</i>	1	---	---	---	92	6.7 b
	2	---	---	---	100	8.8 ab
	3	---	---	---	100	10.3 a
	4	---	---	---	98	9.1 a
	---	3	---	---	59	2.8 c
	---	---	3	---	42	1.6 c
	---	---	---	3	50	3.8 c
<i>Dasyllirion longissimum</i>	1	---	---	---	90	6.2 b
	2	---	---	---	90	2.5 c
	3	---	---	---	100	5.3 b
	4	---	---	---	80	2.2 c
	---	3	---	---	100	9.6 a
	---	---	3	---	20	2.2 c
	---	---	---	3	80	6.2 b
<i>Dasyllirion lucidum</i>	1	---	---	---	94	2.7 bc
	2	---	---	---	100	3.2 b
	3	---	---	---	100	3.5 b
	4	---	---	---	100	6.8 a
	---	3	---	---	90	3.2 b
	---	---	3	---	64	2.0 c
	---	---	---	3	100	6.3 a
<i>Dasyllirion serratifolium</i>	1	---	---	---	86	2.3 c
	2	---	---	---	100	4.0 b
	3	---	---	---	100	5.3 b
	4	---	---	---	100	6.9 a
	---	3	---	---	92	4.3 b
	---	---	3	---	78	2.1 c
	---	---	---	3	100	7.2 a
<i>Nolina durangensis</i>	1	---	---	---	100	3.5 c
	2	---	---	---	100	5.3 b
	3	---	---	---	100	8.7 a
	4	---	---	---	100	7.8 a
	---	3	---	---	98	4.9 b
	---	---	3	---	78	2.8 c
	---	---	---	3	100	5.1 b

Continuación de la tabla 1.

<i>Nolina longifolia</i>	1	---	---	---	83	2.9 c
	2	---	---	---	92	4.2 c
	3	---	---	---	92	5.7 c
	4	---	---	---	100	7.7 b
	---	3	---	---	75	3.3 c
	---	---	3	---	50	1.0 d
	---	---	---	3	92	9.8 a
<i>Nolina parviflora</i>	1	---	---	---	50	1.7 c
	2	---	---	---	50	2.2 c
	3	---	---	---	80	2.5 c
	4	---	---	---	90	2.9 c
	---	3	---	---	100	9.2 a
	---	---	3	---	40	1.7 c
	---	---	---	3	100	7.6 b

¶ Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En cuanto al tipo de citocinina, en las especies del género *Beaucarnea*, las mejores respuestas se observaron siempre en los tratamientos con BA. Sin embargo, en *Dasyllirion* y *Nolina*, algunos tratamientos con 2iP y MT mostraron una eficiencia similar a la BA (Tabla 1). Cabe recalcar que estas citocininas no habían sido reportadas en especies de la familia Nolinaceae. Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, estas pueden considerarse como una alternativa viable al uso de la BA.

Además del aspecto cuantitativo que representa el número de brotes generados por explante, es importante considerar aspectos cualitativos como el grado de diferenciación y la morfología de los mismos. En este sentido, se observaron diferencias cualitativas entre las citocininas empleadas y con las concentraciones probadas en el trabajo. BA (Figura 1A, E, I y M) genera en la mayoría de las especies un número más alto de brotes, pero las hojas de éstos muestran una talla menor. Por el contrario, 2iP (Figura 1B, F, J y N) genera un menor número de brotes, pero estos alcanzan tallas mayores debido al desarrollo de las hojas. MT (Figura 1D, H, L y P) muestra en este sentido un efecto intermedio entre la BA y la 2iP. Por su parte, TDZ (Figura 1C, G, K y O), que es una citocinina sintética de alta actividad, usada sobre todo en especies leñosas (Huetteman y Preece, 1993), genera brotes con hojas curvas y deformes, y en menor cantidad con respecto a las tres primeras. Esto quiere decir que

este compuesto tiene efectos no deseables en las especies de nolináceas y en la concentración probada.

Por el contrario, en algunas especies de *Agave* se ha visto que el TDZ resulta más eficiente para la generación de brotes respecto a otras citocininas (Dominguez-Rosales *et al.*, 2008). Estos efectos diferentes de las citocininas probadas pueden estar relacionados con el hecho de que si bien a todos estos compuestos se les clasifica dentro de este grupo por su actividad fisiológica; su naturaleza química y origen es diferente. BA y MT son citocininas aromáticas, la primera sintética y la segunda natural. 2iP es una citocinina natural de origen isoprenoide y TDZ es una citocinina sintética cuya naturaleza química es una fenilurea que fue descrita inicialmente como un herbicida defoliante (Lu, 1993; Strnad, 1997).

DISCUSIÓN

El enraizamiento de los brotes generados *in vitro* ocurrió tanto en medio basal como en medio adicionado con carbón activado (Tabla 2, Figura 2A). En el género *Beaucarnea* la eficiencia de enraizamiento fue notablemente mayor en el medio con carbón activado, y alcanzó valores entre 63 y 75%. Osorio-Rosales y Mata-Rosas (2005) ya habían reportado el uso de medio basal con carbón activado para el enraizamiento de brotes en dos especies del género *Beaucarnea*, con eficiencias de entre 80% y 100%. En los

géneros *Dasyllirion* y *Nolina*, las eficiencias de enraizamiento observadas en este trabajo fueron más altas, entre 83% y 100%, respecto al género *Beaucarnea*, y no se observó una diferencia tan clara entre el medio sin carbón activado y el que lo contenía.

La supervivencia de las plantas generadas ya en condiciones *ex vitro* osciló de manera general entre el 75 y el 100% (Tabla 2, Figura 2B-E). Sólo la especie *Nolina durangensis* mostró valores inferiores al 50%. En todos los casos se utilizó el mismo protocolo de adaptación y el

mismo sustrato, por lo que es probable que los requerimientos de esta especie en cuanto a este último punto sean diferentes. Otros autores (Osorio-Rosales y Mata-Rosas, 2005) reportan supervivencia de entre 80% y 100% para plantas del género *Beaucarnea* generadas *in vitro*. Se ha visto que el desarrollo *ex vitro* de las plantas generadas en el marco de este trabajo es aparentemente normal (Figura 2). En el caso de las especies de *Beaucarnea*, el engrosamiento del tallo característico de este género comienza a ser evidente a partir de los cuatro meses de desarrollo en invernadero (Figura 2C).

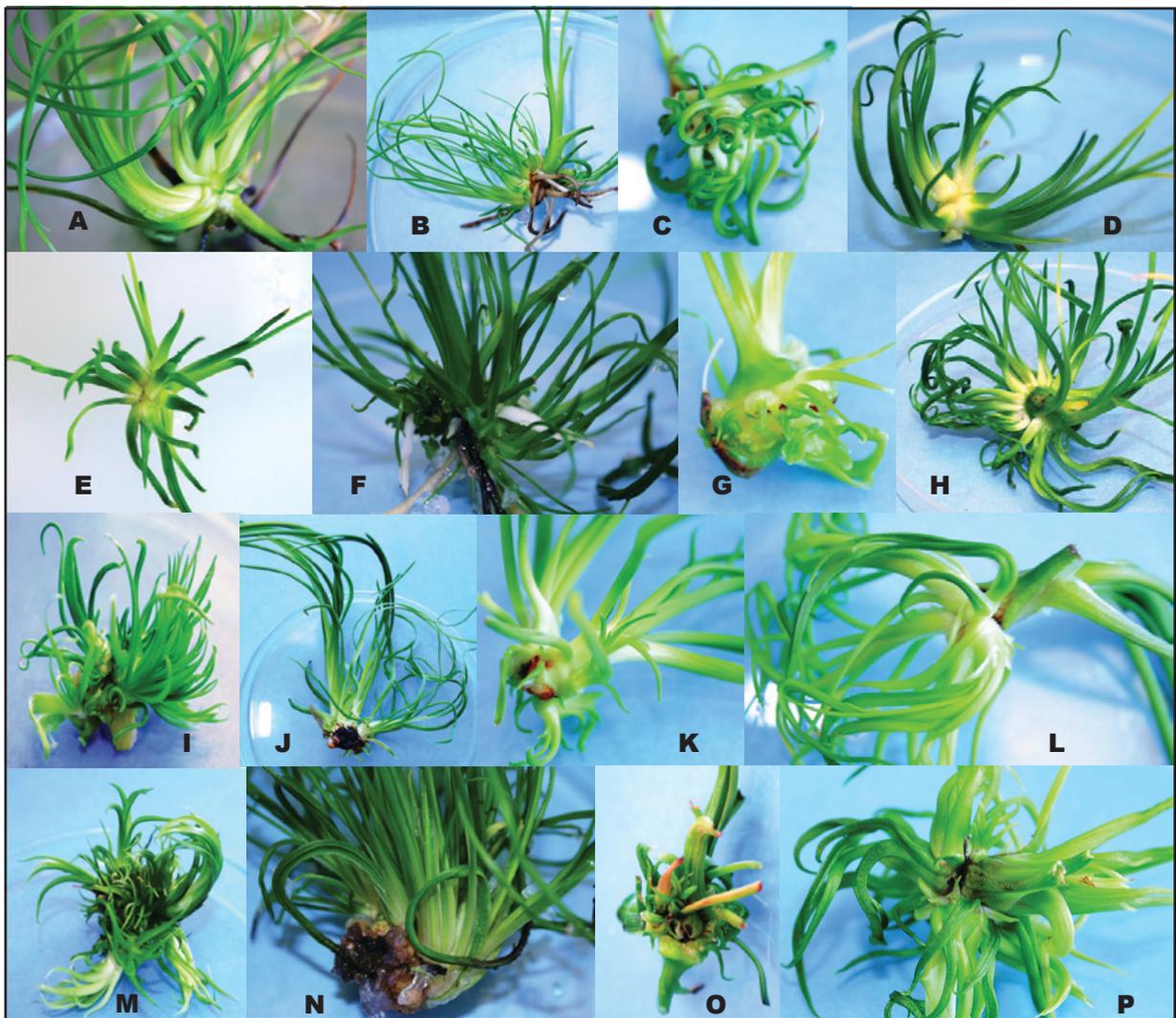


Figura 1. Brotes de nolináceas generados *in vitro*. Brotes de *Dasyllirion leiophyllum* generados en medio basal con diferentes citocininas: 3 mg L⁻¹ de BA (A), 2iP (B), TDZ (C) y MT (D); brotes de *Dasyllirion longissimum* generados en medio basal con diferentes citocininas: 3 mg L⁻¹ de BA (E), 2iP (F), TDZ (G) y MT (H); brotes de *Nolina longifolia* generados en medio basal con diferentes citocininas: 3 mg L⁻¹ de BA (I), 2iP (J), TDZ (K) y MT (L); y brotes de *Nolina parviflora* generados en medio basal con diferentes citocininas: 3 mg L⁻¹ de BA (M), 2iP (N), TDZ (O) y MT (P). Barra = 10 mm.

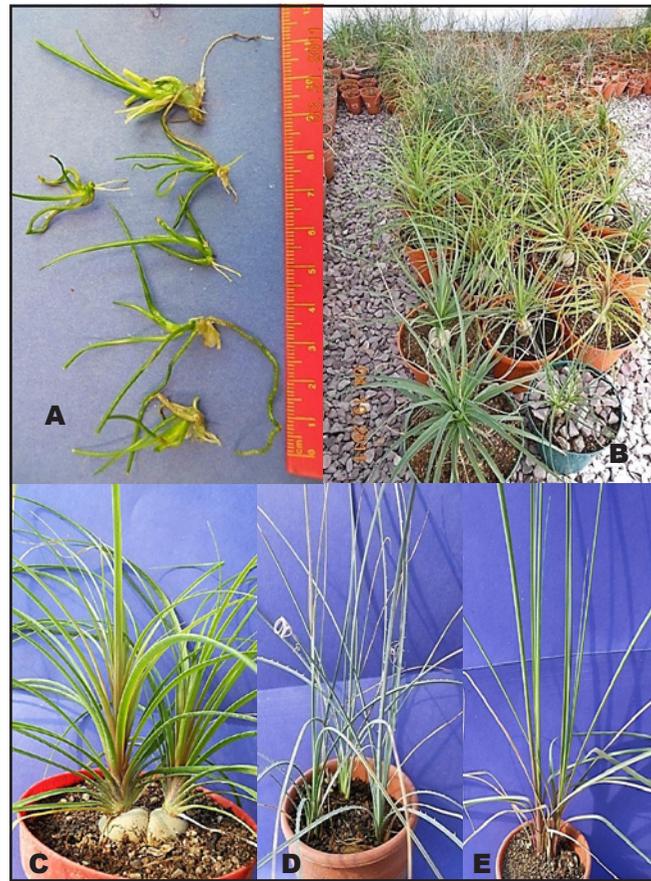


Figura 2. Plantas de nolináceas generadas *in vitro*. (A) Brotes de *Dasyllirion lucidum* enraizados *in vitro*; (B) aspecto general de algunas de las nolináceas generadas *in vitro* creciendo en invernadero. (C) Plantas generadas *in vitro* de *Beaucarnea recurvata*, (D) de *Dasyllirion lucidum* y (E) de *Nolina longifolia*.

Tabla 2. Evaluación del enraizamiento de los brotes generados *in vitro* y de la supervivencia *ex vitro* de las plantas producidas en diez especies de nolináceas

Especie	Medio MS al 50%		Medio MS con 2 g L ⁻¹ de carbón activado	
	Enraizamiento (%)	Supervivencia <i>ex vitro</i> (%)	Enraizamiento (%)	Supervivencia <i>ex vitro</i> (%)
<i>Beaucarnea goldmanii</i>	34	88	75	95
<i>Beaucarnea gracilis</i>	14	83	63	91
<i>Beaucarnea recurvata</i>	23	75	69	83
<i>Dasyllirion leiophyllum</i>	95	85	100	89
<i>Dasyllirion longissimum</i>	100	75	100	87
<i>Dasyllirion lucidum</i>	92	98	97	100
<i>Dasyllirion serratifolium</i>	90	87	96	75
<i>Nolina durangensis</i>	77	44	86	43
<i>Nolina longifolia</i>	75	71	83	96
<i>Nolina parviflora</i>	90	100	95	100

CONCLUSIONES

Se desarrollaron procedimientos para la propagación masiva *in vitro* de 10 especies de tres géneros de la familia Nolinaceae. Con estos protocolos fue posible generar más de nueve brotes por explante en seis de las especies estudiadas, esto en un plazo de 60 d. La respuesta de las otras cuatro especies trabajadas fue menor. Sin embargo, dado que es posible utilizar los brotes generados como explantes para nuevos ciclos de propagación, es factible establecer sistemas de producción continua con una tasa de multiplicación de tipo exponencial. En cuanto a las citocininas probadas, BA resultó ser la más eficiente con los mejores resultados en

seis de las especies analizadas. Por su parte, 2iP y MT fueron las más eficientes en dos especies cada una. Los brotes generados enraizaron satisfactoriamente en medio basal con carbón activado, y la tasa de supervivencia en invernadero de las plantas generadas *in vitro* fue superior al 80%, con la única excepción de *Nolina duranguensis*, en donde fue sólo un poco superior al 40%.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca para estudios de Maestría otorgada a CFMM.

LITERATURA CITADA

- ARCE-MONTOYA, M., RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ, M., HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, J., ROBERT, M. L., Micropropagation and field performance of *Yucca valida*. *Plant Cell Reports*, 25: 777-783, 2006.
- CARDEL, C., RICO-GRAY, V., GARCÍA-FRANCO, J. G., THIEN, L. B., Ecological Status of *Beaucarnea gracilis*, an Endemic Species of the Semiarid Tehuacán Valley, México. *Conservation Biology*, 11: 367-374, 1997.
- DOMÍNGUEZ-ROSALES, M. S., ALPUCHE-SOLÍS, A. G., VASCO-MÉNDEZ, N. L., PÉREZ-MOLPHE-BALCH, E., Efecto de citocininas en la propagación *in vitro* de agaves mexicanos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31: 317-322, 2008.
- FLORES GARCÍA, A., ÁLVAREZ MOCTEZUMA, J. G., RODRÍGUEZ DE LA O, J. L., CORONA AMBRIS, A., Respuestas organogénicas *in vitro* de *Nolina parviflora* (H. B. K.) Hemsl. *Foresta Veracruzana*, 11: 25-32, 2009.
- GOLUBOV, J., MANDUJANO, M. C., ARIZAGA, S., MARTÍNEZ-PALACIOS, A., KOLEFF, P., Inventarios y conservación de Agavaceae y Nolinaceae. En: Colunga-García Marín, P., A. Larqué-Saavedra, L.E. Eguiarte y D. Zizumbo-Villarreal (Eds.). *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán, México., pp. 133-152, 2007.
- HUETTEMAN, C. A., PREECE, J. E., Thidiazuron: a potent cytokinin for woody plant tissue culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 33: 105-111, 1993.
- IRISH, M., IRISH, G., *Agaves, Yuccas and related plants*. USA: Timber Press Inc., 312 pp., 2000.
- LU, C. Y., The use of thidiazuron in tissue culture. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 29: 92-96, 1993.
- MURASHIGE, T., SKOOG, F., A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum*, 15: 473-479, 1962.
- OSORIO-ROSALES, M. L., MATA-ROSAS, M., Micropropagation of endemic and endangered Mexican species of ponytail palms. *Hortscience*, 40: 1481-1484, 2005.
- PENCE, V. C., Evaluating costs for the *in vitro* propagation and preservation of endangered plants. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 47: 176-187, 2011.
- POINAR, H. N., KUCH, M., SOBOLIK, K. D., BARNES, I., STANKIEWICZ, A. B., KUDER, T., SPAULDING, W. G., BRYANT, V. M., COOPER A., PÄÄBO, S., A molecular analysis of dietary diversity for three archaic Native Americans. *PNAS* 98:4317-4322, 2001.
- RAMÍREZ-MALAGÓN, R., BORODANENKO, A., PÉREZ-MORENO, L., SALAS-ARAIZA, M. D., NUÑEZ-PALENIUS, H. G., OCHOA-ALEJO, N., *In vitro* propagation of three Agave species used for liquor distillation and three for landscape. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 94: 201-207, 2008.
- SAMYN, G. L. J., *In Vitro* Propagation of Ponytail Palm: Producing Multiple-shoot Plants. *Hortscience*, 28: 225, 1993.
- SAMYN, G. L. J., Micropropagation of *Beaucarnea recurvata* Lem. Syn. *Nolina recurvata* (Lem.) Hemmmsl. (Ponytail palm). In: Bajaj, Y. P. S. (Ed.). *Biotechnology in Agriculture and Forestry vol. 40. High-Tech and Micropropagation VI*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, pp. 264-275, 1997.
- STRNAD, M., The aromatic cytokinins. *Physiologia Plantarum*, 101: 674-688, 1997.

Proteínas antigénicas de *Acanthamoeba castellanii* implicadas en la adhesión

Antigenic proteins of *Acanthamoeba castellanii* involved in adhesion

José Alberto Juárez Rodríguez¹, Gloria Barbosa Sabanero², José de Jesús Serrano Luna³,
Lérida Liss Flores Villavicencio¹, Mineko Shibayama Salas⁴, Myrna Sabanero López^{*}

Juárez Rodríguez, J. A.; Barbosa Sabanero, G.; Serrano Luna, J. J.; Flores Villavicencio, L. L.; Shibayama Salas, M.; Sabanero López, M.,
Proteínas antigénicas de *Acanthamoeba castellanii* implicadas en la adhesión. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 58, 21-25, 2013.

RESUMEN

Acanthamoeba castellanii es un patógeno oportunista causante de infecciones como queratitis amebiana, encefalitis granulomatosa amebiana crónica e infecciones en la piel. En la actualidad, la acantamoebiosis es un problema en cuyo tratamiento se utilizan fármacos poco selectivos y tóxicos. La capacidad de adherencia de *A. castellanii* a tejidos de las células del hospedero es esencial para el desarrollo de la infección. En este trabajo se analizan las proteínas antigénicas y su papel en la adhesión del parásito a las células. Los resultados muestran mayoritariamente ocho proteínas antigénicas de Mr ≤ 180, 174, 124, 113, 84, 49, 43 y 40kDa, localizadas en la superficie del trofozoíto. Además, los resultados de la interacción parásito-huésped aplicando los anticuerpos policlonales indican una disminución de la adhesión (90%) de los trofozoítos a la célula huésped. Para conocer el mecanismo de infección, es necesario elucidar

Palabras clave: *Acanthamoeba castellanii*, proteínas antigénicas, adhesión.

Keywords: *Acanthamoeba castellanii*, antigenic proteins, adhesion.

Recibido: 30 de Enero de 2013, aceptado: 7 de Mayo de 2013

¹ Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato, campus Guanajuato.

² Departamento de Ciencias Médicas, División de Ciencias de la Salud, Universidad de Guanajuato, campus León.

³ Departamento de Biología Celular, CINVESTAV unidad Zacatenco.

⁴ Infectómica y Patogénesis Molecular, CINVESTAV unidad Zacatenco.

* Autor para correspondencia: myrna.sabanero@gmail.com

la participación de cada una de las moléculas antigénicas en el proceso de adhesión.

ABSTRACT

Acanthamoeba castellanii is an opportunistic pathogen agent causing infections such as keratitis, encephalitis and skin infections. Actually, the acantamoebiosis is a health problem, with unselective and toxic drugs. The adhesion ability of *A. castellanii* by tissues of the host cell is essential to the development of infection. This study analyzes the antigenic proteins and their role in adherence of the parasite to the host cells. The results show eight antigenic proteins of Mr ≤ 180, 174, 124, 113, 84, 49, 43 and 40 kDa, localized in the trophozoite surface. Furthermore the parasite-host interaction assays using polyclonal antibodies, indicating a decrease in adhesion (90%) of the trophozoite to the host cell. However, it is necessary to elucidate the involvement of each of the antigenic molecules in the adhesion process, to understand the mechanism of infection.

INTRODUCCIÓN

Acanthamoeba castellanii es un patógeno oportunista de humanos. En los individuos inmunocompetentes provoca graves infecciones que comprometen órganos como el ojo, el cerebro e infecciones en la piel (Siddiqui y Khan, 2012). La tasa de mortalidad es de 95% en la encefalitis granulomatosa. Los lentes de contacto son considerados el principal factor de riesgo para adquirir la infección (Marciano-Cabral y Cabral, 2003).

La adhesión del patógeno a las células hospedadoras es un paso crítico en la patogénesis de la infección. El proceso de adhesión depende fundamentalmente de la complementariedad de las moléculas de superficie del parásito con el huésped. La mayoría de los patógenos (protozoarios, hongos, bacterias y virus) expresan factores de superficie que median la unión a los tejidos hospedadores y a proteínas de la matriz extracelular (Kerr, 1999). En *A. castellanii* se han caracterizado proteínas relacionadas con la adhesión y virulencia, como la proteína de unión a manosa de 130 kDa expresada en la superficie y la identificación de proteínas citopáticas amebianas con actividad proteolítica (Garate *et al.*, 2005; Hadas y Mazur, 1993). Aún se desconocen los mecanismos implicados en la patogenicidad de la acantamoebiosis, la cual constituye un problema de salud en el que se aplican fármacos poco selectivos y tóxicos.

En el presente trabajo se identifican en *A. castellanii* a las proteínas con mayor capacidad antigénica. Se postula que estas proteínas están involucradas en la fisiopatología del parásito y pueden ser blancos terapéuticos que pueden inhibir la adherencia. En ese sentido, serán útiles en el desarrollo de fármacos específicos y alternativamente pueden ser útiles en la detección temprana de la infección.

MATERIALES Y MÉTODOS

Microorganismo y cultivo celular

Los trofozoítos *A. castellanii* fueron aislados de un paciente humano con queratitis por el doctor Simon Kilvington (*Public Health Laboratory, Bath, England*); la cepa que se trabaja en este estudio fue donada por la doctora Mineko Shibayama del Departamento de Patogénesis e Infectómica del CINVESTAV. Los trofozoítos fueron cultivados en medio de Chang (Chang, 1971) suplementado con 10% de suero fetal bovino (SFB) y se incubaron a 30 °C por 32 h.

Los cultivos de fibroblastos L929 (ATCC CCL-1) se efectuaron en medio D-MEM con 10% de SFB. Se incubaron a 37 °C y 5% de CO₂, hasta obtener una monocapa con un 70-80% de confluencia.

Anticuerpos policlonales

Se preparó el antígeno adicionando a los trofozoítos SDS al 2% y adyuvante completo para la pri-

mera inmunización, las siguientes inmunizaciones se efectuaron utilizando adyuvante incompleto de Freund (Sigma). Antes de las inmunizaciones se colectó el suero preinmune y posteriormente, el antígeno se administró a conejos Nueva Zelanda vía intramuscular, siguiendo los métodos clásicos para la generación de anticuerpos (Coons *et al.*, 1955), los cuales fueron titulados por ensayo de ELISA (Dynatech 5000) a 450nm (Leher *et al.*, 1998).

Inmunofluorescencia

La inmunofluorescencia se efectuó después del fijado de los trofozoítos (Noriega *et al.*, 2011), se expusieron a los anticuerpos policlonales (dilución 1:200) y después del segundo anticuerpo cabra anti-conejo-FITC (dilución 1:2000), las preparaciones se montaron en Vectashield Mounting Medium with DAPI y se observaron a 450-490nm en un microscopio de epifluorescencia (Leica DMLS).

Western blot

La identificación de proteínas antigénicas de *A. castellanii* por los anticuerpos policlonales se determinó por Western blot (Towbin *et al.*, 1979). Las proteínas de los trofozoítos se fraccionaron por electroforesis en geles de poliacrilamida-SDS al 10%. Después, las proteínas se transfirieron a membranas de nitrocelulosa y se expusieron a los anticuerpos anti *Acanthamoeba* (1:2000), y a un anticuerpo secundario unido a peroxidasa (1:2000) durante 1h. Las bandas reactivas se revelaron colorimétricamente utilizando diaminobenzidina.

Ensayos de inhibición de la adhesión huésped-parásito

Se cultivaron células de fibroblastos (ATCC L929) a una confluencia del 80%. Por otro lado, se incubaron 2x10⁵ trofozoítos con 50µl de anticuerpos policlonales durante una hora. Después, se adicionaron a la monocapa de fibroblastos y se incubaron durante 15, 30 y 60 min a 37°C/ 5% CO₂. Los trofozoítos no unidos se contaron en una cámara de Neubauer y el porcentaje de trofozoítos no adheridos se calculó con la ecuación: (trofozoítos no adheridos)/(trofozoítos totales) X 100. El porcentaje de trofozoítos adheridos se calculó restando 100 - (el porcentaje de trofozoítos no adheridos).

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron aplicando una t- student y los valores representan el promedio ± SD, n=3. *p<0.05.

RESULTADOS

Distribución e identificación de los antígenos de *A. castellanii*

Se evaluó la reactividad de los anticuerpos policlonales anti- *A. castellanii* mediante ensayo de ELISA (Figura 1). Los resultados muestran que los anticuerpos presentan títulos de 1:1250 a 1:2500.

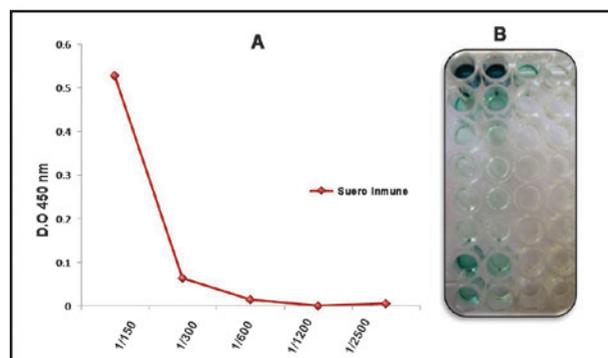


Figura 1. Titulación de los anticuerpos policlonales anti- *A. castellanii*. **A.** Cuantificación de los antígenos por ensayo ELISA. **B.** Placa tipo ELISA donde se observa colorimétricamente la reactividad antígeno-anticuerpo de las diferentes diluciones.

Se determinó la distribución de los antígenos de *A. castellanii* por inmunofluorescencia (Figura 2). Los resultados muestran la fluorescencia en la región cortical de la membrana, e indican que las proteínas antigénicas se localizan en la superficie de los trofozoítos sin permeabilizar (SI) y permeabilizados (Perm-SI). Ensayos similares que utilizan suero preinmune, tanto en preparaciones sin permeabilizar (SPI) como en permeabilizadas (Perm-SPI), no presentan fluorescencia.

Los resultados del análisis electroforético (Figura 3A) muestran los diferentes perfiles de proteínas en los trofozoítos (carril HT) y en la fracción mixta de membranas (carril FMM). Los ensayos tipo Western blot (Figura 3C) indican que los anticuerpos reconocen en el HT proteínas con movilidad relativa (M_r) de: 210, 180, 174, 124, 113, 84, 78, 70, 49, 43, 40, 28 kDa como proteínas de mayor antigenicidad. Un patrón similar muestran las FMM con proteínas adicionales de M_r de: 180, 174, 124, 113, 84, 49, 43 y 40 kDa. Los ensayos con el suero preinmune (Figura 3D) no detectan ninguna proteína.

Inhibición de la adhesión del parásito a células epiteliales por los anticuerpos anti- *A. castellanii*

Para determinar el efecto de los anticuerpos policlonales sobre la inhibición de la adhesión de los trofozoítos de *A. castellanii* a los fibroblastos, se utilizaron ensayos de interacción *A. castellanii* – fibroblastos (Figura 4). Los resultados indican que los trofozoítos tratados con los anticuerpos (SI) inhiben en un 90% la adhesión a los fibroblastos. Ensayos similares con suero preinmune (SPI) y sólo trofozoítos (TROF) fueron utilizados como control.

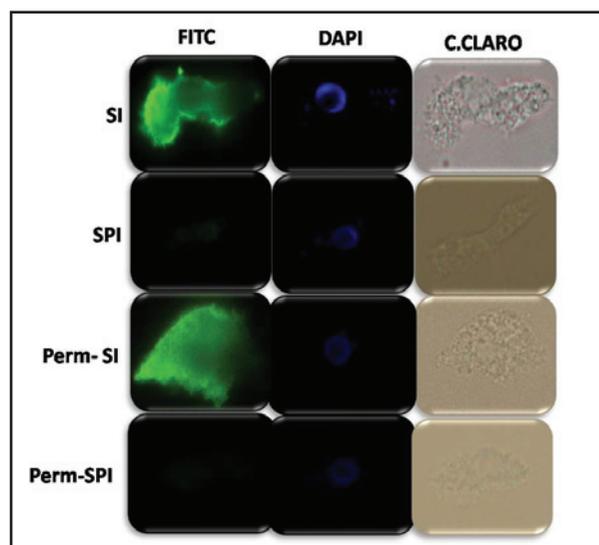


Figura 2. Localización de los antígenos anti- *Acanthamoeba castellanii*. Trofozoítos expuestos a sondas fluorescentes para determinar la distribución de los antígenos reconocidos por los anticuerpos anti- *A. castellanii*, en preparaciones sin permeabilizar (SI) y permeabilizadas (Perm-SI). Como control se utilizó suero pre inmune (SPI) y Perm-SPI. El núcleo de los trofozoítos se tiñó con DAPI y se muestran los trofozoítos en campo claro.

DISCUSIÓN

A. castellanii es una ameba de vida libre que produce infecciones como queratitis amebiana, encefalitis granulomatosa amebiana e infecciones en la piel. Con el aumento de personas inmunocomprometidas y enfermedades crónicas es razonable predecir el aumento de infecciones causadas por este microorganismo (Visvesvara *et al.*, 2007). En la actualidad, no se cuenta con un método de diagnóstico efectivo para identificar estas infecciones y es necesario investigar y comprender los mecanismos moleculares básicos de las interacciones huésped-parásito.

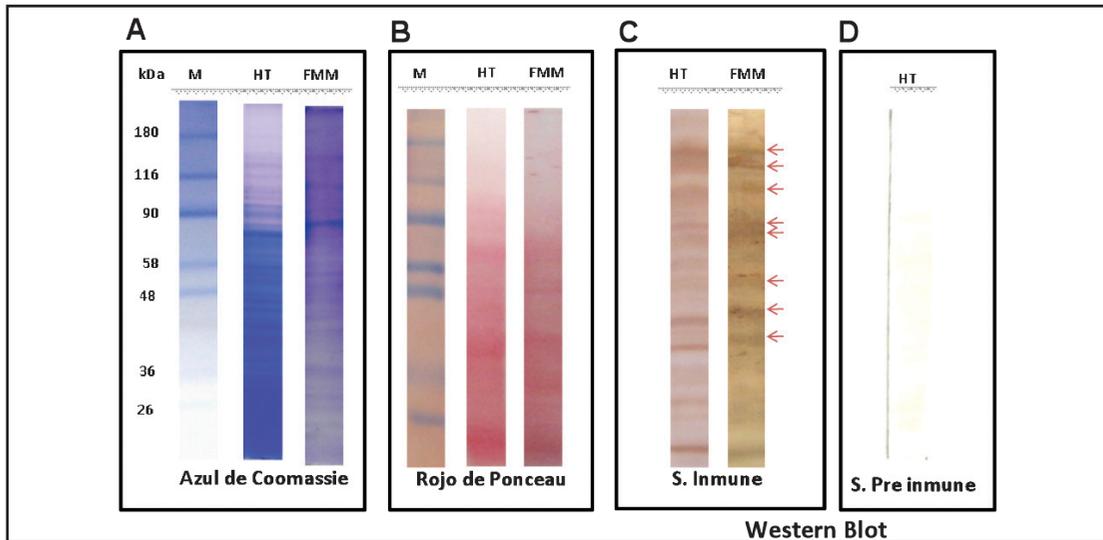


Figura 3. Identificación de los antígenos mayoritarios de *A. castellanii*. **A.** M) Marcadores de peso molecular, HT) Perfiles proteicos de homogenado total y FMM) Fracción mixta de membranas de trofozoítos de *A. castellanii* teñido con azul de Coomassie. **B.** M) Marcadores de peso molecular, HT) Perfiles proteicos de homogenado total y FMM) Fracción mixta de membranas de trofozoítos de *A. castellanii* electrotransferidas a membrana de nitrocelulosa teñida con rojo de Ponceau. **C.** HT) Antígenos mayoritarios de homogenado total y FMM) Fracción mixta de membranas, reveladas con diaminobenzidina. **D.** HT) Perfil proteico de homogenado total incubado con suero preinmune (control).

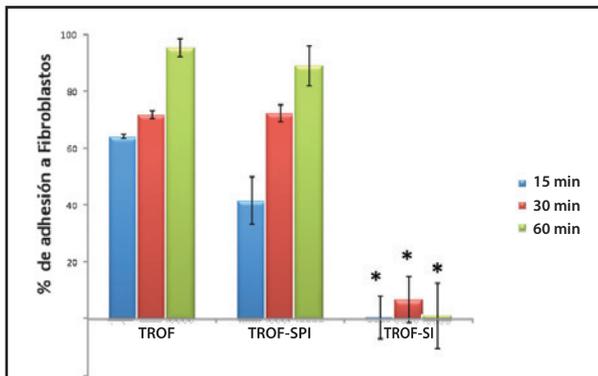


Figura 4. Efecto de los anticuerpos anti- *A. castellanii* sobre la adherencia de los trofozoítos. Los trofozoítos fueron tratados con suero preinmune (TROF-SPI) y suero inmune anti- *A. castellanii* (TROF-SI), después se realizó la interacción con los fibroblastos (15, 30 y 60min). Los valores representan el promedio \pm SD, n=3. *p<0.05.

Con el propósito de contar con una herramienta para estudiar la patogénesis de la infección por *A. castellanii*, se generaron anticuerpos policlonales anti- *A. castellanii* y se identificaron los antígenos que podrían estar implicados en el desarrollo de la infección. Los resultados muestran que los anticuerpos reconocen proteínas en la superficie de los trofozoítos de *A. castellanii*, esto

sugiere que dichas proteínas pueden estar involucradas en la adhesión del parásito al huésped (Hauck, 2002 Kerr; 1999).

En una fracción mixta de membranas (FMM), los anticuerpos anti- *A. castellanii* revelan proteínas con movilidad relativa (Mr) \geq 180, 174, 124, 113, 84, 49, 43 y 40kDa, lo que indica que estas proteínas antigénicas son de superficie celular. Existen reportes de la caracterización de una proteína de unión a manosa (MBP) (130kDa), reportada como una posible adhesina (Garate *et al.*, 2005). Sin embargo, se ha propuesto otra proteína de adhesión distinta a la MBP (Kennett *et al.*, 1999). Además, se han descrito dos proteínas de unión a laminina (40 y 55kDa), las cuales fueron identificadas por su afinidad a las proteínas que conforman la matriz extracelular del huésped (Rocha-Azevedo *et al.*, 2009). No obstante, desconocemos si las proteínas antigénicas mayoritarias son receptoras de unión a manosa o laminina, pero es posible que existan otras moléculas de la superficie celular de *A. castellanii* que participan en la patogénesis de la infección, por lo que no se descarta que las proteínas antigénicas identificadas en este proyecto sean parte del repertorio de proteínas ya descritas y nuevas proteínas que también podrían participar en la fisiopatología.

Finalmente, exploramos la fisiología de los anticuerpos anti- *A. castellanii* para conocer si estas proteínas antigénicas están implicadas en la patogénesis de la infección. Para ello se desarrollaron ensayos de inhibición de la adhesión de los trofozoítos previamente expuestos a los anticuerpos en interacción con los fibroblastos. Los resultados indican 90% de inhibición de la adhesión. Ensayos reportados en la ameba de vida libre *Balamuthia mandrillaris* donde se exponen con sueros de individuos sanos, sólo se obtuvo un 50% de inhibición de la adhesión (Matin *et al.*, 2007), incluso cuando se prueba un anticuerpo monoclonal de la proteína de unión

a manosa de *Acanthamoeba* sólo inhibe 52% (Garate *et al.*, 2005). Se sugiere que las proteínas antigénicas *A. castellanii* identificadas en este trabajo están implicadas en la adherencia del hospedero durante el inicio de la infección.

CONCLUSIONES

Se identificaron las proteínas más antigénicas que están relacionadas con la adhesión y consecuentemente, con la infección en el ser humano. Los anticuerpos obtenidos serán una valiosa herramienta para el estudio de la acantamoebiosis.

LITERATURA CITADA

- CHANG, S., Small, free-living amebas: cultivation, quantitation, identification, classification, pathogenesis, and resistance. *Current Topics on Comparative Pathobiology*, 1: 201-254, 1971.
- COONS, A., LEDUC, E., CONNOLLY, J., Studies on antibody production: a method for the histochemical demonstration of specific antibody and its application to a study of the hyperimmune rabbit. *The Journal of Experimental Medicine*, 102: 49-60, 1955.
- GARATE, M., CUBILLOS, I., MARCHANT, J., PANJWANI, N., Biochemical characterization and functional studies of *Acanthamoeba* mannose-binding protein. *Journal: Infection and Immunity*, 73: 5775-5781, 2005.
- HADAS, E., MAZUR, T., Proteolytic enzymes of pathogenic and non-pathogenic strains of *Acanthamoeba* spp. *Tropical Medicine And Parasitology*, 44: 197-200, 1993.
- HAUCK, C., Cell adhesion receptors—signaling capacity and exploitation by bacterial pathogens. *Medical Microbiology and Immunology*, 191: 55-62, 2002.
- KENNETT, M. J., HOOK, R. R., FRANKLIN, C. L., RILEY, L. K., *Acanthamoeba castellanii*: characterization of an adhesin molecule. *Experimental Parasitology*, 92: 161-169, 1999.
- KERR, J., Cell adhesion molecules in the pathogenesis of and host defense against microbial infection. *Journal of Clinical Pathology*, 52: 220-230, 1999.
- LEHER, H., ALIZADEH, H., TAYLOR, W., SHEA, A., SILVANY, R., VAN KLINK, F., JAGER, M., NIEDERKORN, J., Role of mucosal IgA in the resistance to *Acanthamoeba* keratitis. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 39: 2666-2673, 1998.
- MARCIANO-CABRAL, F., CABRAL, G. A., *Acanthamoeba* spp. as agents of disease in humans. *Clinical Microbiology Reviews*, 16: 273-307, 2003.
- MATIN, A., RYOUL JEONG, S., STINS, M., KHAN, N. A., Effects of human serum on *Balamuthia mandrillaris* interactions with human brain microvascular endothelial cells. *Journal of Medical Microbiology*, 56: 30-35, 2007.
- NORIEGA, L., SOSA, A., SABANERO, L., ÁVILA, M., Influence of pulsed magnetic fields on the morphology of bone cells in early stage of growth. *Micron*, 42: 600-607, 2011.
- ROCHA-AZEVEDO, B., JAMERSON, M., CABRAL, G., SILVA-FILHO, F., MARCIANO-CABRAL, F., *Acanthamoeba* interaction with extracellular matrix glycoproteins: biological and biochemical characterization and role in cytotoxicity and invasiveness. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 56: 270-278, 2009.
- SIDDIQUI, R., KHAN, N. A., Biology and pathogenesis of *Acanthamoeba*. *Parasites & Vectors*, 5: 6, 2012.
- TOWBIN, H., STAHELIN, T., GORDON, J., Electrophoretic transfer of proteins from polyacrylamid gels to nitrocellulose sheets: procedure and some applications. *Proceedings of The National Academy Of Sciences*, 76: 4350-4354, 1979.
- VISVESVARA, G., MOURA, H., SCHUSTER, F., Pathogenic and opportunistic free-living amoebae: *Acanthamoeba* spp., *Balamuthia mandrillaris*, *Naegleria fowleri*, and *Sappinia diploidea*. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 50: 1-26, 2007.

Características clínicas y epidemiológicas de pacientes con pie diabético del municipio San Carlos, Cojedes, Venezuela

Epidemiological and clinical characteristics of patients with diabetic foot of the San Carlos, Cojedes, Venezuela

Rosangel Andreina Caiafa León¹, Lariana Isabel Carlés Blanco¹,
Luisiana Glaycar González Rubio¹, Carmen Cecilia León Castillo²,
Gilberto Bastidas Pacheco^{3*}

Caiafa León, R. A.; Carlés Blanco, L. I.; González Rubio, L. G.; León Castillo, C. C.; Bastidas Pacheco, G., Características clínicas y epidemiológicas de pacientes con pie diabético del municipio San Carlos, Cojedes, Venezuela. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 58, 26-35, 2013.

RESUMEN

La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad crónica degenerativa por falta relativa o absoluta de insulina. Las úlceras en las extremidades inferiores son complicaciones frecuentes del paciente diagnosticado con diabetes, pues aparecen en 15% de los casos. Este estudio caracterizó clínica-epidemiológicamente a pacientes con pie diabético en el municipio de San Carlos, del estado de Cojedes, Venezuela. La investigación fue descriptiva, con dos fases: una retrospectiva y la otra prospectiva. Fueron 113 pacientes con pie diabético, 63.7% hombres y 36.3% mujeres. Cinco tenían DM I. El estadio II de Wagner fue el más frecuente en pacientes con DM II y el grado I en pacientes con DM I. *Staphylococcus aureus* fue el patógeno más aislado y todos mostraron sensibilidad a ciprofloxacina y vancomicina. Se concluye que el género más afectado fue el masculino, que la severidad de la complicación aumenta con los años de evolución y que una importante proporción de pacientes diagnosti-

Palabras clave: diabetes mellitus, pie diabético, sensibilidad, epidemiología, úlceras, insulina.

Keywords: diabetes mellitus, diabetic foot, sensitivity, epidemiology, ulcers, insulin.

Recibido: 14 de Noviembre de 2012, aceptado: 10 de Abril de 2013

¹ Hospital Dr. Egor Nucete, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela.

² Servicio de Medicina Interna, Hospital Dr. Egor Nucete, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela.

³ Departamento de Salud Pública, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, Venezuela.

* Autor para correspondencia: bastidasprotozoo@hotmail.com

cados con diabetes con lesiones ulcerosas termina en amputación.

ABSTRACT

Diabetes mellitus (DM) is a chronic degenerative disease of absolute or relative lack of insulin. Ulcers in the lower extremities are common complications of diabetes, as shown in 15% of cases. This study characterized clinic - epidemiologically to patients with diabetic foot, in the municipality of San Carlos, Cojedes state, Venezuela. The research was descriptive, with two stages a retrospective and one prospective. Were 113 patients with diabetic foot, 63.7% men and 36.3% women. Five had DM I. Stage II of Wagner was the most frequent in DM II and grade I in patients with DM I. *Staphylococcus aureus* isolated pathogens and all are sensitive to ciprofloxacin and vancomycin. We conclude that the most affected kind was the masculine one, which the severity of the complication increases with the years of evolution and which a diabetics' important proportion with ulcerous injuries finishes in amputation.

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad crónica degenerativa que resulta de la falta relativa o absoluta de insulina, debido a la insuficiente o nula producción de esta hormona por las células beta del páncreas o porque el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce. Se distribuye por todo el mundo y la prevalencia ha aumentado de manera impresionante. El problema es tan grave, que para Latinoamérica existen

no menos de 15 millones de personas con DM; en consecuencia, de persistir las condiciones socio-sanitarias, de predisposición genética e inadecuados hábitos de vida que favorecen la obesidad, entre 1995 y 2025 se estima un incremento de 35% en la prevalencia de diabetes, y específicamente, para el año 2025 se prevé que más de 300 millones de personas se enfermarán por esta patología, con mayor impacto en mayores de 65 años.

Para Venezuela, la Organización Panamericana de la Salud reportó más de un millón de afectados por la enfermedad, cifra que la ubica entre las seis primeras causas de muerte del país. Incluso, dada la magnitud del problema, algunos investigadores plantean recientemente que este flagelo puede producir más muertes que el SIDA pues representa ya la cuarta causa de muerte en el mundo (King *et al.*, 1998; Saeed, 2010; OPS, 2001; Musa, 2012).

Las principales complicaciones tardías de la diabetes pueden ser metabólicas como la arteriosclerosis, neuropatía, retinopatía o de etiopatogenia vascular, como la macroangiopatía y la microangiopatía. Las úlceras en las extremidades inferiores, en especial el pie, son otras de las complicaciones más frecuentes de los diabéticos, y aparecen durante el curso de la enfermedad en aproximadamente 15% de los casos. Su incidencia global anual está entre 2% y 3%, pero es del 7% en pacientes con neuropatía (Adeniyi *et al.*, 2010; Palumbo y Melton, 1985).

La neuropatía, la isquemia y la infección son los tres factores directamente relacionados con la aparición y desarrollo de las úlceras en los pacientes diabéticos, debido a la particular severidad de las lesiones observadas en piernas y pies, aproximadamente, y como se dijo antes, 15% de los pacientes diabéticos desarrollan úlceras, en mayor medida, en edades entre 45 y 65 años. En el transcurso de la enfermedad los pacientes presentarán alguna lesión por infección, ulceración o destrucción de tejidos profundos en las extremidades inferiores, que al tener ubicación inframaleolar, y estar asociada con neuropatía o enfermedad arterial periférica, es llamada pie diabético. De éstos, entre 7% y 20% requerirán posterior amputación (Martínez *et al.*, 2003; Moss *et al.*, 1996; Moxey *et al.*, 2011; Taylor *et al.*, 2011).

Las infecciones del pie que afectan a la piel, tejidos blandos y hueso, con o sin repercusión sis-

témica, son la causa más frecuente de hospitalización en los pacientes diagnosticados con diabetes (25%), con estancias hospitalarias prolongadas. El promedio de días de internación para cada paciente es más largo que el requerido por otras complicaciones, de 24 días versus cinco a 10 días para complicaciones de la DM en general. El promedio total de costo directo por paciente varía según la gravedad de la lesión del pie diabético, pero siempre es muy alto, entre 8.500 y 65.000 dólares al año (Ramsey *et al.*, 1999; Tol *et al.*, 2012; Turns, 2012).

Esta situación se considera de importancia médica por sus repercusiones en la salud, economía y todas las limitaciones que ocasiona al paciente en el ámbito laboral, familiar y social. Pone en peligro no sólo el miembro afectado, sino la vida del paciente, a tal punto, que 3.000.000 de los pacientes diabéticos, afligidos por infecciones en el pie, deben ser internados en hospitales, y entre 40 y 72% de las amputaciones no traumáticas de miembros inferiores son atribuidas a esta enfermedad. Es decir, cada 30 seg un paciente diagnosticado con diabetes es amputado y existe riesgo de amputación contralateral de 50% en los próximos 2 a 5 años posteriores a la primera amputación realizada, y es la segunda causa de invalidez después de los accidentes; la supervivencia es significativamente peor que la del resto de la población, y aún menor si han sufrido una amputación previa (Carls *et al.*, 2011; Martínez, 2003).

Ahora bien, los procesos infecciosos en las úlceras crónicas del pie diabético, en consideración de la gravedad o extensión de la lesión, serán mono o polimicrobianas, y la etiología más frecuente en los episodios monomicrobianos es la de los patógenos grampositivos, específicamente *Staphylococcus* sp. Cuando la infección se agrava se hace polimicrobiana y, a pesar de que los microorganismos grampositivos siguen siendo los más frecuentemente aislados, a menudo están presentes bacilos gramnegativos, estafilococos y estreptococos, causa directa de la pérdida de continuidad de la piel que favorece la invasión de microorganismos, debido al habitual largo periodo de exposición y lenta cicatrización. Por tanto, parece razonable asociar criterios microbiológicos y clínicos para comenzar el tratamiento (Shea, 1999; Westphal *et al.*, 2011; Weingarten *et al.*, 2012).

El manejo de esta complicación debe ser multidisciplinario, oportuno y eficaz, con el fin de

reducir potencialmente la morbilidad relacionada, ya que una vez que la infección se ha establecido, presenta mayor gravedad y refractariedad al tratamiento. El cultivo de una herida infectada puede identificar los agentes etiológicos causantes de la infección en el pie diabético, pero sólo si las muestras son tomadas apropiadamente. Las úlceras sin evidencias clínicas de infección no deben ser cultivadas, como tampoco las úlceras superficiales, ya que se encuentran altamente contaminadas por múltiples microorganismos no necesariamente patógenos (Shea, 1999; Westphal *et al.*, 2011).

En cuanto a la realidad sanitaria de Venezuela, por ejemplo, en el estado de Cojedes no se han hecho estudios epidemiológicos de lesiones del pie diabético; por tal motivo, es necesario investigar este aspecto en pacientes con dicha patología (Eginton *et al.*, 2003; Kostev *et al.*, 2012; O'Reilly *et al.*, 2011; Shea, 1999).

En Venezuela el pie diabético es una condición con gran impacto socioeconómico, dada la importancia de esta enfermedad y sus consecuencias, así que es necesario que se realicen estudios clínico-epidemiológicos que permitan responder a la interrogante ¿cuál es el estado clínico-epidemiológico actual de pacientes con pie diabético en poblaciones venezolanas con escasa o nula información?, a fin de generar conciencia y permitir un rápido reconocimiento y adecuado manejo, en pos de prevenir amputaciones, demás secuelas y reducir la estancia hospitalaria. Por tal motivo, se plantea como objetivo describir las características clínicas y epidemiológicas de pacientes con pie diabético en el servicio de Cirugía del Hospital Dr. Egor Nucete, principal centro asistencial de referencia de San Carlos, Cojedes, Venezuela (Ramsey *et al.*, 1999; Carls *et al.*, 2011; Jiménez, 2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

Nivel y diseño de investigación

Es una investigación descriptiva, de tipo mixto respecto al momento de ejecución y diseño de investigación, con una primera fase retrospectiva, la cual comprende el periodo de 2004 a 2009 basada en la revisión de historias clínicas; la segunda fase, ya prospectiva y de dos años de duración, que abarca el periodo de 2010 a 2011, y en la que se hicieron examen e historias clínicas y se proce-

saron los cultivos de todos los pacientes que fueron ingresados al servicio de cirugía del Hospital Dr. Egor Nucete, del municipio San Carlos, estado Cojedes, Venezuela, bajo impresión diagnóstica de pie diabético. De los sujetos que de forma voluntaria participaron en el estudio se obtuvo el consentimiento informado, previa explicación de los objetivos de la investigación.

En la primera fase de la investigación y previa obtención del permiso del Servicio de Cirugía y Departamento de Historia Clínicas del Hospital, se revisaron las historias clínicas de todos la pacientes con diagnóstico de pie diabético, los datos fueron registrados en una ficha creada para tal fin, con los siguientes aspectos: datos de identificación y filiación: edad, género, tipo de diabetes, años de evolución de DM, agentes infecciosos aislados de las lesiones, y sensibilidad o resistencia a antimicrobianos.

Se incluyen en esta investigación a todos aquellos pacientes con pie diabético (n=113 pacientes), que acudieron al hospital durante los años 2004-2011, según clasificación de Wagner (pie en riesgo, callos gruesos con cabezas de los metatarsianos prominentes y orjeos en garras [Grado 0], úlceras superficiales con destrucción del espesor total de la piel [Grado 1], úlcera profunda no complicada, llega al tendón y la infección penetra piel, grasa y ligamentos [Grado 2], úlcera profunda complicada. Hay formación de abscesos, osteomielitis o artritis séptica. Con exudado purulento y mal olor [Grado 3], gangrena limitada ante pie o talón [Grado 4], y gangrena extensa en todo el pie y con efectos sistémicos [Grado 5]) (Wagner, 1981). Para ello se procedió de la siguiente manera:

Toma de muestra para cultivo

Previo arrastre mecánico, las muestras fueron tomadas con suero fisiológico, de la flora bacteriana superficial, en úlceras con tejido necrótico, esfacelado o con tejido de granulación. En tejido necrótico, la muestra se tomó previo desbridamiento de éste, para obtener un trozo de tejido vital, para ello se empleó un hisopo. La muestra se depositó en medio de Cary-Blair como transporte hasta el laboratorio; con el fin de asegurar el desarrollo de microorganismos aerobios, el tejido se pasó sin tocar la pared del tubo y se depositó en el fondo del mismo, con la ayuda de un hisopo. En el laboratorio se sembró en placas de Agar sangre, Agar Chocolate y Mackconkey para el aislamiento, lue-

go de 24 a 48 h, de microorganismos de importancia clínica.

Determinación de la sensibilidad *in vitro* a antibióticos

El germen aislado se colocó en un caldo nutritivo y se procedió a la siembra en el medio Mueller Hinton, luego se colocaron los antibióticos correspondientes contra el patógeno, y se incubó por 24 horas a 37 °C de temperatura.

Procesamiento estadístico de resultados

Los datos se introdujeron en una base creada con el programa Microsoft Excel®, para realizar el análisis estadístico. Se aceptó un nivel de confianza de 95% para el cotejo y un error estándar de 5%. Además de estadísticos descriptivos, frecuencias absolutas y relativas, se realizaron análisis de asociación para determinar el grado de relación entre variables de interés, mediante el programa estadístico SPSS® versión 17. Los resultados se muestran en tablas.

RESULTADOS

Fueron 113 los pacientes con pie diabético, 41 (36.3%) mujeres y 72 (63.7%) hombres, con diferencia significativa entre ambos ($p < 0.0001$), el promedio de edad es de 61.2 ± 12.5 años, el menor tenía

27 y el mayor 85 años. El género masculino (72/113 [63.7 %]) predominó sobre el femenino respecto al padecimiento de pie diabético (41/113 [36.3%]). Los pacientes con DM tipo I fueron 5 (4.4%), cuatro hombres (3.5%) y una (0.9%) mujer, todos con menos de 45 años de edad. En los pacientes con DM tipo II, 108 en total (95.6%) (con diferencia significativa entre ambos tipos de diabetes $p < 0.0000001$), 14.2% (16/113) tenían menos de 45 años, y la gran mayoría sobrepasa esta edad (85.8%) (con diferencia significativa $p < 0.0000001$) (Tabla 1). Es prudente señalar que la prevalencia no mostró cambios significativos en ninguno de los años del periodo en estudio (información no tabulada).

Respecto a los años de evolución de la DM, al considerar ambos tipos, se aprecia que 56.6% (64/113) tienen entre 10 y 20 años con esta enfermedad metabólica (con diferencia significativa entre géneros [$p < 0.0001$]), 35.4% (40/113) tienen menos de 10 años y solo 8% (9/113) más de 20 años, todos hombres y con DM II (con diferencia significativa entre los que tienen entre 10 y 20 años, y cualquiera de los otros grupos [$p < 0.001$ para menos de 10 años, y $p < 0.0000001$ para los que tienen más de 20 años]). Es prudente resaltar que todos los pacientes con DM I, hombres y mujeres, tienen menos de 20 años con la enfermedad.

Tabla 1. Pacientes con pie diabético por edad, género y tipo de diabetes, Hospital Dr. Egor Nucete, Cojedes, Venezuela. 2004-2011

Grupos de edad (años)	Diabetes mellitus tipo I*				Diabetes mellitus tipo II				Total	
	Femenino**		Masculino**		Femenino		Masculino			
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
26-35	1	0.9	2	1.8	0	0.0	0	0.0	3	2.7
36-45	0	0.0	2	1.8	2	1.8	9	8.0	13	11.5
46-55	0	0.0	0	0.0	10	8.8	10	8.8	20	17.7
56-65	0	0.0	0	0.0	14	12.4	22	19.5	36	31.9
66-75	0	0.0	0	0.0	8	7.1	21	18.6	29	25.7
76-85	0	0.0	0	0.0	6	5.3	6	5.3	12	10.6
Total	1	0.9	4	3.5	40	35.4	68	60.2	113	100.0

Fuente: historias clínicas y pacientes hospitalizados Hospital Dr. Egor Nucete, San Carlos, Cojedes, Venezuela.

X²: $p < 0.0000001$ con diferencia significativa entre pacientes diagnosticados con diabetes tipo I y II.

** $p < 0.0001$ con diferencia significativa entre géneros.

Tabla 2. Años de evolución de la diabetes en pacientes del Hospital Dr. Egor Nucete, Cojedes, Venezuela. 2004-2011

Años de evolución	Diabetes mellitus tipo I*				Diabetes mellitus tipo II				Total	
	Femenino**		Masculino**		Femenino		Masculino			
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
<10	0	0	2	1.8	20	17.7	18	15.9	40	35.4
Entre 10 y 20	1	0.9	2	1.8	20	17.7	41	36.3	64	56.6
>20	0	0.0	0	0.0	0	0.0	9	8.0	9	8.0
Total	1	0.9	4	3.5	40	35.4	68	60.2	113	100.0

Fuente: historias clínicas y pacientes hospitalizados en el Hospital Dr. Egor Nucete, San Carlos, Cojedes, Venezuela.

X²* Con diferencia significativa en pacientes que tienen entre 10 y 20 años con DM y los grupos: < de 10 años ($p < 0.001$) y > de 20 años ($p < 0.0000001$).

Tabla 3. Pacientes con pie diabético por estadio de lesión (según clasificación de Wagner), género y tipo de diabetes, Hospital Dr. Egor Nucete, Cojedes, Venezuela. 2004-2011

*Estadio de lesión	Diabetes mellitus tipo I				Diabetes mellitus tipo II				Total	
	Femenino*		Masculino		Femenino		Masculino			
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
I	1	0.9	3	2.7	8	7.1	10	8.8	22	19.5
II	0	0.0	0	0.0	13	11.5	29	25.7	42	37.2
III	0	0.0	1	0.9	11	9.7	18	15.9	30	26.5
IV	0	0.0	0	0.0	8	7.1	10	8.8	18	15.9
V	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	0.9	1	0.9
Total	1	0.9	4	3.5	40	35.4	68	60.2	113	100.0

Fuente: historias clínicas y pacientes hospitalizados en el Hospital Dr. Egor Nucete, San Carlos, Cojedes, Venezuela.

X²* Con diferencia significativa entre pacientes diagnosticados con diabetes con lesiones grado I y II ($p < 0.01$); y II y IV ($p < 0.0001$).

La lesión encontrada con mayor frecuencia, y de modo independiente al tipo de DM, fue la de estadio II (37.2% [42/113]), seguida por el grado III (26.5% [30/113]), I (19.5% [22/113]) (con diferencia significativa entre los estadios II y I [$p < 0.01$]; y II y IV [$p < 0.0001$]) y finalmente el estadio IV (15.9% [18/113]). Un solo hombre con DM II tuvo pie diabético estadio V. De los pacientes con DM tipo I, cuatro muestran lesión grado I (tres hombres y una mujer), y un sólo hombre desarrolló lesión estadio III. En DM I es frecuente el pie diabético grado I (Tabla 3). Es importante señalar que 10 pacientes con pie diabético grado IV tienen antecedentes de amputación supracondílea (ocho hombres y dos mujeres) y un hombre del segundo dedo del pie derecho (con 36 años con diabetes), los once padecen DM II. Seis de los pacientes con antecedente de amputación tienen más de 20 años con DM y tres de los pacientes tienen

entre 10 y 20 años con la misma (datos arrojados por la investigación pero no tabulados).

En casi todos los grados del pie diabético, tanto de la fase retrospectiva como de la fase prospectiva, se reportó un agente microbiano involucrado, excepto en el único V (paciente del año 2004 a quien no se le tomó muestra para cultivo). El germen encontrado de manera más frecuente fue *Staphylococcus aureus* (27.6% [21/76]), seguido por *Enterobacter aeruginoso* (21.1% [16/76]), *Escherichia coli* (18.4% [14/76]) y *Pseudomonas auriginosa* (15.8% [12/76]) (Tabla 4). Igualmente, se encontraron tres asociaciones distintas entre dos patógenos, aislados de la misma lesión (ver Tabla 4). La mayoría de los patógenos se hallan en lesión tipo II (39.5% [30/76]) y III (32.9% [25/76]), sin diferencia significativa entre ambas ($p = 0.44$). Asimismo, y aunque no se señala en la

Tabla 4, los pacientes con DM I revelaron un solo germen en sus lesiones y de especie distinta, y a uno no se le hizo cultivo ni antibiograma (paciente del año 2005).

Los antibiogramas de las fases retrospectiva y prospectiva del estudio muestran por igual que los patógenos cultivados (*Staphylococcus aureus*, *Enterobacter aeruginoso*, *Escherichia coli* y *Pseudomona auriginosa*, fundamentalmente) de la lesión del pie diabético de los pacientes, son igualmente sensibles a ciprofloxacina (8/63 [10.5%]) y vancomicina (8/63 [10.5%]), también lo son a piperacilina (6/63 [7.9%]) (sin diferencia significativa entre este y cualquiera de los dos antibióticos anteriores, $p=0.70$), y en menor grado a amikacina, cefuroxima y ceftriaxona, las tres en

una proporción de 6.6% (5/63). Es innegable que no fueron reportados 13/63 (17.1%) antibiogramas (ver Tabla 5).

DISCUSIÓN

La neuropatía, la enfermedad vascular periférica, el pobre control glicémico e infección, en conjunto con pequeños traumas del pie, incrementan la probabilidad de que pacientes con diabetes puedan desarrollar úlceras en el pie, esto posiblemente sucedió en 11 de los 113 pacientes con DM estudiados durante ocho años en el hospital Dr. Egor Nucete de San Carlos, Cojedes, Venezuela; estos factores causan a la larga úlceras que pueden terminar con la amputación del pie. Este aspecto cobra gran relevancia porque las

Tabla 4. Gérmenes encontrados en cultivo de secreción de lesiones del pie en pacientes diagnosticados con diabetes según clasificación de Wagner, del Hospital Dr. Egor Nucete, Cojedes, Venezuela. 2004-2011

Género y especie de germen*	Tipo de pie diabético según clasificación*										Total	
	I		II		III		IV		V			
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
<i>Staphylococcus aureus</i>	9	11.8	6	7.9	5	6.6	1	1.3	0	0.0	21	27.6
<i>Enterobacter aerogenes</i>	0	0.0	8	10.5	6	7.9	2	2.6	0	0.0	16	21.1
<i>Escherichia coli</i>	2	2.6	5	6.6	4	5.3	3	3.9	0	0.0	14	18.4
<i>Pseudomona auriginosa</i>	0	0.0	5	6.6	7	9.2	0	0.0	0	0.0	12	15.8
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0	0.0	3	3.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	3.9
<i>Proteus mirabilis</i>	2	2.6	1	1.3	1	1.3	1	1.3	0	0.0	5	6.6
<i>Citobacter freundii</i>	0	0.0	2	2.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	2.6
<i>E coli + staphylococcus</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.3	0	0.0	0	0.0	1	1.3
<i>K. pneumoniae + E. coli</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	1.3	0	0.0	1	1.3
<i>P. auriginosa + E. aeruginoso</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.3	0	0.0	0	0.0	1	1.3
Total	13	17.1	30	39.5	25	32.9	8	10.5	0	0.0	76	100.0
Sin crecimiento bacteriano	8											
Sin cultivo	29											

Fuente: historias clínicas y pacientes hospitalizados en el Hospital Dr. Egor Nucete, San Carlos, Cojedes, Venezuela.

X²·* Sin diferencia significativa entre frecuencia de patógenos aislados de lesiones grado II y III, $p=0.44$.

Tabla 5. Sensibilidad a antibióticos de los gérmenes hallados en cultivo de secreción de lesiones del pie en pacientes diagnosticados con diabetes, Hospital Dr. Egor Nucete, Cojedes, Venezuela. 2004-2011

Antibiótico*	f	%
Ciprofloxacina	8	10.5
Vancomicina	8	10.5
Piperacilina	6	7.9
Amikacina	5	6.6
Cefuroxima	5	6.6
Ceftriaxona	5	6.6
Tigecilina	4	5.3
Cefepime	3	3.9
Meropenem	3	3.9
Amoxicilina/Ácido clavulánico	2	2.6
Ampicilina/Sulbactam	2	2.6
Ceftazidima	3	3.9
Gentamicina	2	2.6
Imipenem	2	2.6
Ácido nalidixico	1	1.3
Azitromicina	1	1.3
Cefoperazona	1	1.3
Levofloxacina	1	1.3
Sulfametoxazol/trimetropim	1	1.3
Sin antibiograma	13	17.1
Total	76	10.5

Fuente: historias clínicas y pacientes hospitalizados en el Hospital Dr. Egor Nucete, San Carlos, Cojedes, Venezuela. **X²:***Sin diferencia significativa entre piperacilina y ciprofloxacina o vancomicina, p=0.70.

Úlceras y en mayor grado la amputación reduce significativamente la calidad de vida del afectado y su familia al elevar los costos de los cuidados de salud (Faglia *et al.*, 1998; Faglia *et al.*, 2002; Prompers *et al.*, 2008; Rodríguez y Sáez, 2008; Valensi *et al.*, 2005; Wagner, 1981; Zelen *et al.*, 2011).

La prevalencia de pie diabético en muchas regiones del mundo es mayor en mujeres (OPS, 2001), esto es contrario a lo observado en este trabajo, donde la población masculina afectada sobrepasa el 60%. Sin embargo, en otras regiones de Venezuela, como el estado Falcón, el comportamiento es similar al del resto del mundo (Rivas y Panzarelli, 1994; Romero *et al.*, 2007).

Como también se reporta en este documento, el pie diabético es la complicación que genera el mayor número y las más prolongadas hospitalizaciones en la población diabética y se presenta en pacientes diagnosticados con diabetes tipo I y II con prevalencias entre 5.3% y 10.5%, y con riesgo acumulado de 15% para el desarrollo de cualquier tipo de úlcera, en cualquier momento de su vida, pero fundamentalmente luego de cinco o más años. Resulta interesante el tiempo de evolución de la diabetes, pues la población que desarrolló pie diabético en este estudio en más de 60% tenía 10 o más años con la enfermedad metabólica. Sin duda, en este trabajo se destacan las notables diferencias existentes respecto a prevalencia entre países e incluso entre territorios de un mismo país, debido a causas microambientales que actúan sobre las genéticas. También se atribuyen estas diferencias a los distintos enfoques metodológicos de las investigaciones hechas sobre el tema, como la selección de la población, muestro y criterios (Sarmiento *et al.*, 2002; Barcenilla, 2006).

En esta investigación según la clasificación de Wagner del pie diabético, 63.7% tenían grado II y III (37.2% y 26.5%, respectivamente). Estos hallazgos difieren de otros estudios realizados en Venezuela, específicamente en el estado Falcón, donde predominó la alteración de grado IV (en proporciones que oscilan entre 37.7-54.2%), y donde la asociación más frecuente se establecía entre este grado y el V (25.3%) (Romero *et al.*, 2007; Sarmiento *et al.*, 2002). El hecho es que la mayoría de las manifestaciones cutáneas se presenta en diabéticos que tienen 10 o más años con la enfermedad desde el diagnóstico, en quienes probablemente no se realizó el diagnóstico precoz y menos aún el tratamiento oportuno (Rivas y Panzarelli, 1994).

Lo hallado en este trabajo respecto a amputación, en referencia al 9.7% de pacientes diagnosticados con diabetes sometidos a este procedimiento, se encuentra dentro de los límites de frecuencia esperados, ubicado entre 6% y 23.5% (unos 15.000 casos al año para Venezuela) (Romero *et al.*, 2007), no obstante que 10 de las 11 amputaciones fueron de tipo supracondílea, una fue del II dedo del pie derecho, no como consecuencia de alguna úlcera como las supracondíleas, sino por infecciones que comienzan en los espacios interdigitales, cuya frecuencia en ausencia de úlcera, puede alcanzar hasta 60%. Ahora bien, la alta

frecuencia de esta complicación (pie diabético) la ubica como la primera causa de amputación de origen no traumático, con riesgo en pacientes diagnosticados con diabetes 10 veces mayor que la población general. De esto se desprende la importancia de la constatación y adecuada evaluación clínica, que debe incluir inspección, palpación y sondeo con estilete romo para determinar la profundidad de la úlcera y posible compromiso óseo, celulitis, abscesos, crepitación, secreción o necrosis. Asimismo, debe incluir la determinación de síntomas y signos sistémicos, control metabólico y descarte de compromiso neuropático y vascular (Saeed, 2010).

De acuerdo a la etiología de las diferentes afecciones cutáneas del paciente diabético, destaca desde hace años la alta incidencia de infecciones mayormente en diabéticos mal controlados o no diagnosticados, de quienes no se sabe con certeza si son susceptibles a las infecciones o menos capaces de combatir las una vez establecidas (Saeed, 2010).

En este sentido, las infecciones del pie constituyen la infección de partes blandas más frecuente en el diabético que puede llevar a osteomielitis, amputación o muerte, pues el espectro de infecciones va desde la celulitis localizada a infecciones profundas con fasciitis necrotizante y osteomielitis. Así, los hallazgos de cultivo de lesiones del pie de pacientes diagnosticados con diabetes mostraron como principales agentes patógenos a *S. aureus*, con 27.6% (posiblemente se trata de infecciones adquiridas en la misma comunidad), *E. aeruginosa* (21.1%) y *E. coli* (18.4%), el primero generalmente asociado al grado I de la clasificación de Wagner, y las otras dos especies con los grados II y III, también se aislaron hasta dos especies de microorganismos, pero asociados a los grados III y IV, de la mencionada clasificación de Wagner. Este reporte es contrario a lo informado por Sarmiento *et al.*, (2002) para otra región de Venezuela, pues aislaron en primer lugar *E. coli* (22%), en segundo lugar *P. aeruginosa* (18%), y finalmente *S. aureus* (18%) (García, 2009).

Respecto a la sensibilidad de los gérmenes al antibiótico, se encontró que los mismos eran principalmente sensibles por igual a ciprofloxacina y vancomicina, luego a piperacilina y amikacina, hallazgo que contrasta con la alta sensibilidad que muestran a cefalosporinas de tercera generación los microorganismos aislados de secreciones



Fuente: https://www.google.co.ve/search?q=hospital+egor+nucete+san+carlos&bav=on.2,or_r_qf.&bvm=bv.49784469,d.dmg,pv.xjs.s.en_

de pie de pacientes diagnosticados con diabetes del estado Falcón, entidad federal de la península venezolana (Sarmiento *et al.*, 2002). Estos hallazgos demuestran que los agentes participantes en las infecciones del pie diabético varían, según se trate de infecciones superficiales, profundas, agudas, crónicas o adquiridas en la comunidad (ejemplo el *S. aureus*), con o sin tratamiento previo. En este orden de ideas, se sabe que la cronicidad y la repetición de antibióticos producen a la larga selección de la flora bacteriana, por tanto aumento de gérmenes grampositivos y negativos multirresistentes (Adeniyi *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

Se concluye que fueron los hombres los más afectados por pie diabético (63.7%), predominio inusual en esta patología, pues lo más reportado son las mujeres; que el estadio II del pie diabético de la clasificación de Wagner fue el más frecuente, en los pacientes con DM II, también en contradicción con lo hallado previamente en otra región del país, donde predomina la alteración de grado IV. Los pacientes diagnosticados con diabetes tipo I en su mayoría desarrollaron lesión grado I; la amputación supracondílea estuvo presente en 10 pacientes con DM II y sólo un hombre fue sometido a amputación del segundo dedo del pie; el germen más frecuentemente encontrado fue *S. aureus*, aislado preponderantemente de lesiones de pie diabético grado I; y el antibiograma reveló sensibilidad, por igual, entre ciprofloxacina y vancomicina, antibióticos de uso común y de relativo bajo costo.

Con base en lo hallado sobre el tema hasta ahora, se cree que el pie diabético es un problema de particular importancia en el país, especialmente en San Carlos, estado Cojedes. Requiere, sin duda, de la educación del paciente y de los cuidados profesionales, es aquí donde esta infor-

mación es vital para que los organismos oficiales de salud venezolanos diseñen o adapten los programas de prevención y control a las necesidades específicas de cada región, con el fin de evitar hospitalizaciones prolongadas, amputaciones y discapacidad progresiva.

LITERATURA CITADA

- ADENIYI, A., SANYA, A., FASANMADE, A., BORODO, M., ULOKO, A., Relationship between Duration of Diagnosis and Neuromusculoskeletal Complications of Middle-Aged Type 2 Diabetes Patients. *West African Journal of Medicine*, 29(6): 393-397, 2010.
- BARCENILLA, S., Diabetes Mellitus: "la pandemia del mundo desarrollado". Especial XVIII Congreso SED. 28 de abril de 2006.
- BRAUCHLE, M., FUNK, J., KIND, P., WERNER, S. Ultraviolet B and H₂O₂ are potent inducers of vascular endothelial growth factor expression in cultured keratinocytes. *Journal of Biological Chemistry*, 271(36): 21793-21797, 1996.
- CARLS, G., GIBSON, T., DRIVER, V., WROBEL, J., GAROUFAL, R., DEFRANCIS, R., WANG, S., BAGALMAN, J., CHRISTINA, J., The economic value of specialized lower-extremity medical care by podiatric physicians in the treatment of diabetic foot ulcers. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 101(2): 93-115, 2011.
- EGINTON, M., BROWN, K., SEABROOK, G., TOWNE, J., CAMBRIA, R., A prospective randomized evaluation of negative-pressure wound dressings for diabetic foot wounds. *Annals of Vascular Surgery*, 17(6): 645-649, 2003.
- FAGLIA, E., FAVALES, F., ALDEGHI, A., CALIA, P., QUARANTIELLO, A., BARBANO, P., et al., Change in major amputation rate in a center dedicated to diabetic foot care during the 1980s: prognostic determinants for major amputation. *Journal of Diabetes & its Complications*, 12(2): 96-102, 1998.
- FAGLIA, E., MANTERO, M., CAMINITI, M., CARAVAGGLI, C., DE GIGLIO, R., PRITELLI, C., CLERICI, G., FRATINO, P., DE CATA, P., DALLAPAOLA, L., MARIANI, G., POLI, M., SETTEMBRINI, P., SCIANGULA, L., MORABITO, A., GRAZIANI, L., Extensive use of peripheral angioplasty, particularly infrapopliteal, in the treatment of ischaemic diabetic foot ulcers: clinical results of a multicentric study of 221 consecutive diabetic subjects. *Journal of Internal Medicine*, 252(3): 225-232, 2002.
- JIMÉNEZ, N., Diabetes mellitus: actualización. *Acta Médica Costarricense*, 42(2): 53-65, 2006.
- KING, H., AUBERT, R., HERMAN, W., Global Burden of Diabetes, 1995-2025. *Diabetes Care*, 21, 1414-1431, 1998.
- KOSTEV, K., DIPPEL, F., ROCKEL, T., SIEGMUND, T., Risk of diabetic foot ulceration during treatment with insulin glargine and NPH insulin. *Journal of Wound Care*, 21(10): 483-484, 2012.
- MARTÍNEZ, F., MENDIOLA, I., RAMOS, F., Epidemiología y costos de atención del Pie Diabético. En: Mc Graw-Hill interamericana (Eds.) *Pie Diabético Atención Integral*. 2 ed., México: Mc Graw- Hill, p 5-16, 2003.
- MOSS, S., KLEIN, R., KLEIN, B., Long-term incidence of lower-extremity amputations in a diabetic population. *Archives of Family Medicine*, 5(7): 391-398, 1996.
- MOXEY, P., GOGALNICEANU, P., HINCHLIFFE, R., LOFTUS, I., JONES, K., THOMPSON, M., HOLT, P., Lower extremity amputations-a review of global variability in incidence. *Diabetic Medicine*, 28(10): 1144-1153, 2011.
- MUSA, A., Diabetic foot lesions as seen in Nigerian teaching hospital: pattern and asimple classification. *East African Journal Public Health*, 9(1): 50-52, 2012.
- OPS. La Diabetes en las Américas. *Boletín Epidemiológico*, 22(2): 783p., 2001.
- O'REILLY, D., LINDEN, R., FEDORKO, L., TARRIDE, J., GIFFENING, W., BOWEN, J., GOEREE, R., Prospective, double-blind, randomized, controlled clinical trial comparing standard wound care with adjunctive hyperbaric oxygen therapy (HBOT) to standard wound care only for the treatment of chronic, non-healing ulcers of the lower limb in patients with diabetes mellitus: a study protocol. *Trial*, 12(69): 1-10, 2011.
- PALUMBO, P., MELTON, L., Peripheral vascular disease and diabetes. In: *Diabetes in America. Data Compiled 1984* (NIH publ. no. 85-1468), p. 1. US Government Printing Office, Washington, DC, 1985.

- PROMPERS, L., HUIJBERTS, M., SCHAPER, N., APELQVIST, J., BAKKER, K., EDMONDS, M., HOLSTEIN, P., JUDE, E., JIRKOVSKA, A., MAURICIO, D., PIAGGESI, A., REIKE, H., SPRAUL, M., ACKER, K., MERODE, F., VAN, F., UCCIOLI, L., URBANCIC, V., TENNVALL, G., Resource utilisation and costs associated with the treatment of diabetic foot ulcers. Prospective data from the Eurodiale Study. *Diabetologia*, 51(10): 1826-1834, 2008.
- RAMSEY, S., NEWTON, K., BLOUGH, D., MCCULLOCH, D., SANDHU, N., REIBER, G., WAGNER, E., Incidence, outcomes, and cost of foot ulcers in patients with diabetes. *Diabetes Care*, 22(3): 382-387, 1999.
- RIVAS, F., PANZARELLI, A., Diabetes mellitus: manifestaciones cutáneas estudio clínico descriptivo. *Dermatología Venezolana*, 32(3): 123-128, 1994.
- RODRÍGUEZ, W., SÁEZ, T., Obesidad, hipertensión arterial y diabetes mellitus: ¿puntos de partida o finales de un mismo problema? *Medicina Interna de Mexico*, 24(5): 342-345, 2008.
- ROMERO, J., HERNÁNDEZ, C., TOVAR, A., MONTIEL, M., SÁNCHEZ, J., Morbilidad de pacientes con Pie Diabético ingresados al servicio de cirugía del hospital universitario Dr. Alfredo Van Grieken coro, estado Falcón enero 2000- diciembre 2004. *Revista Venezolana de Cirugía*, 60(1): 21-26, 2007.
- SAEED, N., Frequency of patients with diabetes taking proper foot care according to international guidelines and its impact on their foot health. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 60(9): 732-735, 2010.
- SHEA, K., Antimicrobial therapy for diabetic foot infections. A practical approach. *Postgraduate Medicine*, 106, 85-86, 1999.
- TAYLOR, S., JOHNSON, B., SAMIES, N., RAWLINSON, R., WILLIAMSON, L., DAVIS, S., KOTRADY, J., YORK, J., LANGAN, E., CULL, D., Contemporary management of diabetic neuropathic foot ulceration: a study of 917 consecutively treated limbs. *Journal of the American College of Surgeon*, 212(4): 532-545, 2011.
- TOL, A., POURREZA, A., SHOJAEZADEH, D., MAHMOODI, M., MOHEBBI, B., The Assessment of Relations between Socioeconomic Status and Number of Complications among Type 2 Diabetic Patients. *Iranian Journal of Public Health*, 41(5): 66-72, 2012.
- URNS, M., The diabetic foot: an overview for community nurses. *British Journal of Community Nursing*, 17(9):422-433, 2012.
- VALENSI, P., GIROD, I., BARON, F., MOREAU-DEFARGES, T., GUILLON, P., Quality of life and clinical correlates in patients with diabetic foot ulcers. *Diabetes and Metabolic*, 31(3 Pt 1): 263-271, 2005.
- WAGNER, F., The dysvascular foot: a system for diagnosis and treatment. *Foot ankle*, 2, 64- 67, 1981.
- WEINGARTEN, M., SAMUELS, J., NEIDRAUER, M., MAO, X., DIAZ, D., MCGUIRE, J., MCDANIEL, J., JENKINS, L., ZUBKOV, L., PAPAZOGLU, E., Diffuse near-infrared spectroscopy prediction of healing in diabetic foot ulcers: A human study and cost analysis. *Wound Repair and Regeneration*, 20(6): 911-917, 2012.
- WESTPHAL, C., NEAME, I., HARRISON, J., BOWER, V., GURR, J. M., A diabetic foot ulcer pilot study: does silicone gel sheeting reduce the incidence of reulceration? *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 101(2): 116-123, 2011.
- ZELEN, C., STOVER, B., NIELSO, D., CUNNINGHAM, M., A prospective study of negative pressure wound therapy with integrated irrigation for the treatment of diabetic foot ulcers. *Open access journal of plastic Surgery*, 11, 34-41, 2011.

Dicliotopografía

- GARCÍA, A., Influencia de la Diabetes Mellitus en el pronóstico de la lesión neuroinfecciosa de los pies. *Revista Electrónica de Portales Médicos*, 4(9). De: <http://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articulos/1535>, 2009.
- SARMIENTO, G., BRACAMONTE, M., CAMARGO, H., HURAZO, J., Gérmes más frecuentemente encontrados en pacientes con pie diabético en el hospital IVSS Dr. Rafael Calles Sierra en los años 1987 - 2000 Punto Fijo, Estado Falcón. De: <http://www.indexmedico.com/publicaciones/journals>, 2002.

Cambio climático y desarrollo turístico. Efectos de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit

Climate change and tourism development.
Effects of the hurricanes Cozumel, Quintana Roo and San Blas, Nayarit

Alejandro Palafox Muñoz¹,
Alejandra Gutiérrez Torres²

Palafox Muñoz, A.; Gutiérrez Torres, A., Cambio climático y desarrollo turístico. Efecto de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 58, 36-46, 2013.

RESUMEN

El desarrollo turístico en las zonas de estudio se ha enfocado principalmente en el desarrollo de las actividades relacionadas sobre la línea costera como resultado de la diversidad de sus recursos naturales prístinos, los cuales facilitan el turismo de sol y playa, el cual recibe el mayor número de visitantes en los estados de Nayarit y Quintana Roo. Estas zonas son vulnerables ante la amenaza constante de huracanes y tormentas tropicales. Durante el periodo de 1931 a 2008 se han presentado 60 huracanes, de los cuales el 57% se han originado en el Pacífico. Por el cambio climático, se espera que los huracanes se incrementen tanto en frecuencia como en intensidad, lo que afectará directamente al sector turismo. Este artículo realiza un análisis comparativo de los impactos de los huracanes Kenna y Wilma en el sector turístico de San Blas y Cozumel durante 2002 y 2005, respectivamente. Entender los riesgos de las amenazas provocadas por el cambio climático permitirá la formulación de adecuadas políticas de desarrollo y medidas de adaptación.

Palabras clave: Turismo, cambio climático, amenazas, huracanes, adaptación.

Keywords: Tourism, climate change, threats, hurricanes, adaptation.

Recibido: 8 de Febrero de 2013, aceptado: 29 de Mayo de 2013

¹ División de Desarrollo Sustentable, Unidad Académica Cozumel, Universidad de Quintana Roo.

² Maestría en Desarrollo Económico Local, Universidad Autónoma de Nayarit.

* Autor para correspondencia: alejandro.palafox@gmail.com

ABSTRACT

Tourism development has focused primarily on the development of recreational activities on the coastline as a result of the diversity of pristine natural resources that facilitates the sun and beach tourism, which receives the highest number of visitors in the states of Nayarit and Quintana Roo. These areas are vulnerable to the constant threat of hurricanes and tropical storms. During the period of 1931 to 2008, sixty hurricanes have occurred, of which 57% have originated from the Pacific Ocean. Due to climate change, it is expected that hurricanes will increase both in frequency and intensity, which will directly affect the tourism sector. This article makes a comparative analysis of the effects on tourism and environmental effects of Hurricanes Kenna and Wilma, which struck the coasts of Nayarit and Quintana Roo in 2002 and 2005 respectively. This helps to understand the consequences of the threats caused by climate change, specifically hurricanes, and will enable the formulation of appropriate development policies and adaptation measures.

INTRODUCCIÓN

El turismo, al formar parte de la sociedad moderna, "es causa y víctima de los nada sostenibles efectos de nuestras actividades sobre el entorno ambiental (Fayos-Solà y Jafari, 2009). De acuerdo con la OMT (2007, citado por Burns, 2009) "el transporte de turistas representa el 75% de las emisiones de gases de la industria (...) los vuelos de largo recorrido aportan el 17% del total de las emisiones de CO₂ provenientes del turismo, a pesar de que sólo representan el 2.7% de los viajes

realizados". Por otro lado, la industria turística de cruceros contribuye con una gran cantidad de residuos sólidos como aguas grises, negras, oleosas de sentinas, basura, residuos tóxicos, aproximadamente mil toneladas por cada crucero de tres mil pasajeros (Nowlan y Kwan, 2001, citados por Palafox y Zizumbo; 2009).

Los datos pronostican un aumento del flujo de turistas en el corto plazo, ello puede incrementar su vulnerabilidad ante el cambio climático (Tien *et al.*, 2010), y en el largo plazo tiene mayor probabilidad la generación de impactos más adversos (Shurland y De Jong, 2008; Moreno *et al.*, 2009). De esta manera, las nuevas condiciones climáticas afectarán el número de llegada de turistas; asimismo, propiciarán cambios en las temporadas vacacionales, por lo cual es importante analizar cuáles han sido los impactos de las amenazas. En este estudio se abordó el impacto de los huracanes a nivel local en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit, como antecedente para la adecuada formulación de políticas de desarrollo turístico y medidas de adaptación.

Las amenazas de cambio climático: el caso de los huracanes en el sector turístico

Uno de los principales efectos del cambio climático ha sido el aumento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos, los cuales son amenazas naturales, en donde el agente de control es una combinación de viento y agua (Frausto, 2008). De acuerdo a la intensidad de sus vientos se clasifican en: a) perturbación tropical, b) depresión tropical, c) tormenta tropical, y d) huracán (NOAA, 2011). Los huracanes son clasificados por categorías en la escala Saffir-Simpson tomando como base la velocidad de sus vientos, a saber: a) Categoría 1: 74-95 mph; b) Categoría 2: 96-110 mph; c) Categoría 3: 111-130 mph; d) Categoría 4: 131-155 mph; y e) Categoría 5: + de 156 mph (NOAA, 2011a). Estos sistemas de tormenta exigen al menos dos requisitos básicos: calor y humedad; por ello, únicamente se desarrollan en los trópicos, entre las latitudes 5° y 30° norte y sur, en las regiones y temporadas cuando la temperatura del mar es superior a los 26°C (CENAPRED, 2007). Sin embargo, se han presentado anomalías; en el año 2004 se formó el primer huracán en el Atlántico Sur, el cual impactó en las costas de Brasil (Sapiña, 2009).

En la literatura diversos autores afirman que el aumento en la intensidad de los huracanes está

asociado con el incremento de la temperatura superficial en el trópico (Arellano *et al.*, 2010; Mitchell *et al.*, 2006 y Webster *et al.*, 2005). En este mismo sentido, en el estudio de Webster *et al.* (2005) se analiza que desde el año 1970 el número de fenómenos meteorológicos a nivel global no se ha incrementado, pero el porcentaje de fenómenos de categoría 4 y 5 aumentó aproximadamente el doble, lo cual se explica por el incremento de las temperaturas del mar. Del mismo modo, otros estudios indican que durante el último siglo se han presentado fluctuaciones en la actividad de los huracanes en la cuenca del Océano Atlántico y Mar Caribe con un marcado incremento en la actividad desde 1995, aunque el registro es insuficiente para indicar si estas fluctuaciones están relacionadas con el cambio climático (Cambers, 2009). Mientras que en el Océano Pacífico, las estadísticas muestran que el número de huracanes de categoría superior ha aumentado en los últimos 30 o 40 años (Magaña *et al.*, 2004), lo cual coincide con la información señalada por Webster *et al.* (2005).

La situación de México frente a los fenómenos meteorológicos es amenazadora, puesto que es afectado por dos cuencas oceánicas y se localiza justo en la franja tropical. Presenta dos temporadas de huracanes: en el Océano Pacífico inicia el 15 de mayo y en el Océano Atlántico inicia a partir del 1 de junio; ambas concluyen el 30 de noviembre (Dzul y Palafox, 2012). Con base en la información del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2012) en México, entre los meses de mayo a noviembre se presentan en promedio 23 ciclones tropicales con vientos mayores a 63 km/h, del orden de 14 ciclones tropicales ocurren en el Océano Pacífico y nueve en el Golfo de México y el Mar Caribe, de los cuales cuatro inciden cada año sobre el territorio nacional o se acercan a menos de 100 km; dos desde el Pacífico y dos desde el Atlántico.

En este sentido, las costas de Nayarit se encuentran en el séptimo lugar nacional en cuanto a frecuencia de ciclones con 21 eventos en un período de 27 años (1962-1988); es decir, casi un ciclón por año o cuatro ciclones en cinco años (Grupo Ecológico El Manglar, 2001), mientras que los estados de Quintana Roo y Tamaulipas en la vertiente del Océano Atlántico son afectados por un número mayor de ciclones tropicales (Díaz, 2010). Por tanto, los huracanes presentan una seria amenaza para la estabilidad económi-

ca y social tanto de San Blas como de Cozumel; la cual será aún mayor a consecuencia del cambio climático. Considerando los planteamientos anteriores, es necesario estimar los impactos que tendrían estos fenómenos sobre la actividad turística.

Impactos económicos de las amenazas del cambio climático en el turismo: los huracanes

El sector turístico será uno de los más afectados por la variabilidad del clima y los eventos hidrometeorológicos extremos que impactan sobre todo en la dinámica de playas y en la línea costera (CICC, 2009). Éstas se traducen en pérdida de instalaciones, disminución de áreas potenciales para el desarrollo de infraestructura turística de sol y playa, disminución en la actividad de los prestadores de servicios y en la afluencia turística (Bojórquez *et al.*, 2010). Al respecto, Rodríguez (2004) señala que en México las pérdidas por los desastres de origen natural se estimaron en 10,764 millones de dólares (al año 2000). Entre estos desastres destacan los huracanes, con el 43% de las pérdidas económicas.

En la evaluación del CENAPRED (2012a) respecto a los principales desastres ocurridos en el periodo de 2000 a 2010, el estado de Quintana Roo presenta pérdidas estimadas en 22,091.4 millones de pesos (mdp), mientras que en Nayarit para el mismo periodo las pérdidas se estimaron en 1,918.2 mdp. Las pérdidas económicas fueron mayores para el estado de Quintana Roo; lo contrario ocurrió en cuanto a pérdidas humanas, ya que en Nayarit se tuvieron 80 muertos, mientras que en Quintana Roo los decesos fueron 29. Si bien las pérdidas económicas son amplias, el número de decesos se ha logrado reducir debido a las estrategias de prevención y alertas tempranas.

Los principales impactos de los ciclones en las zonas costeras se deben a la marea de tormenta, oleaje, vientos fuertes y lluvias intensas (CENAPRED, 2007). Los huracanes y fenómenos asociados contribuyen a los procesos de desertificación, ejemplo de ello fue el huracán Gilberto, que en 1998 destruyó las selvas de Quintana Roo, y al siguiente año, los restos de la vegetación (hojarasca, troncos y ramas caídos), sirvieron de combustible para los incendios que cubrieron una gran extensión (Oropeza, 2004). Caso similar en Nayarit con el huracán Rosa en 1994, la pérdida de madera por el efecto del huracán fue variable: 35.0 m³/ha en el sitio menos afectado y hasta 103.7 m³/ha en un bosque maduro (Tovilla y Orihuela, 2004); estos fe-

nómenos generan erosión de las playas, desgaste del paisaje y pérdida de biodiversidad.

Un aspecto fundamental son los servicios ambientales que generan los manglares, ya que juegan un papel esencial en la protección de la línea costera contra la erosión de oleaje y huracanes (Sanjurjo y Casas, 2002). Sin embargo, el desarrollo del turismo es uno de los principales causantes de la degradación de este ecosistema. En México se estima una pérdida de 65% en manglares (Oliviera, 2008), y el modelo de desarrollo turístico resulta contradictorio, ya que es la misma infraestructura turística la que afecta estos ecosistemas, y la que será vulnerable ante las amenazas naturales.

Adaptación del sector turístico ante las amenazas de cambio climático

La adaptación es una medida inmediata que la industria turística puede explorar con el fin de mitigar el impacto del cambio climático y lograr el desarrollo a través del turismo sostenible en el largo plazo (Tien *et al.*, 2010; PNUD, 2004). En este sentido, la planificación desempeña un rol decisivo en el desarrollo turístico, el cual debe mitigar y crecer racionalmente (Girardin, 2007).

La convención de Djerba sobre turismo y cambio climático (OMT, 2003) propone la implementación de tecnologías limpias y el consumo de energía racional para minimizar la contribución del sector turístico al cambio climático. Años después, la Organización Mundial de Turismo (2007), retoma entre sus objetivos adaptar las empresas y destinos al fomentar la inversión en programas turísticos de ahorro de energía y uso de energías renovables. Al respecto, Diop y Bosch (2005) sostienen que dichas estrategias deben estar consideradas en el largo plazo y orientadas a generar políticas públicas de mediano a largo plazo.

En las medidas específicas para el sector turístico, se puede citar la planificación espacial, las infraestructuras y zonificación de riesgo (Calvo, 2009). La adaptación requiere ajustes a las normas de construcción, planes de uso del suelo, control a la contaminación y gestión de desechos, por ello la importancia de la adopción de políticas públicas frente al cambio climático.

Es primordial la implementación de estudios que promuevan programas de adaptación y sistemas de alerta temprana para destinos turísticos, así como la elaboración de mapas de vulne-

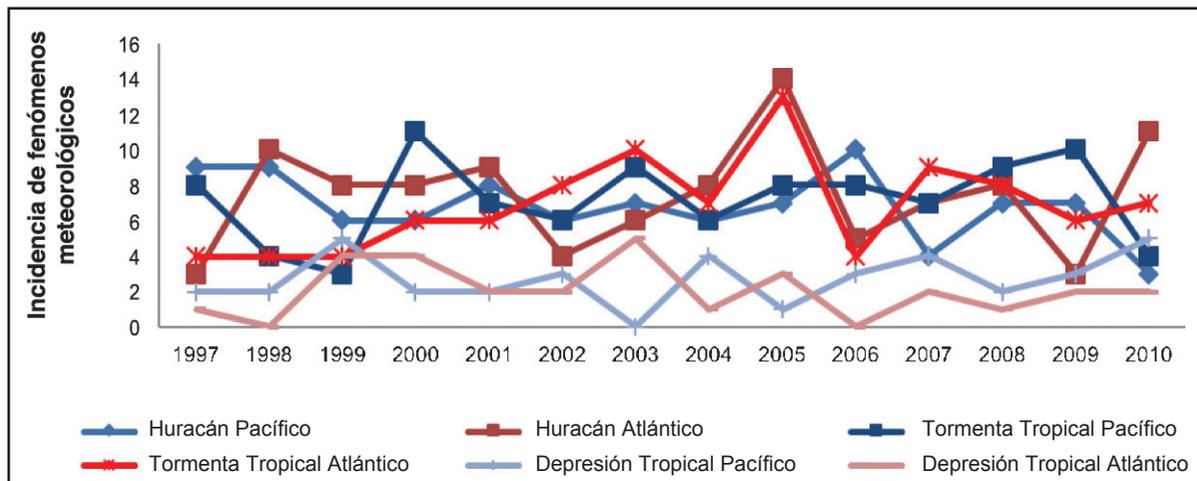


Figura 1. Incidencia de fenómenos hidrometeorológicos.
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

rabilidad y riesgo ante el cambio climático para destinos turísticos prioritarios (CICC, 2009; Calvo, 2009). Como parte de las estrategias, es necesario analizar los fenómenos que han impactado en la zona para diseñar estrategias que permitan minimizar los impactos negativos del cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de establecer los impactos que han tenido los fenómenos meteorológicos en la actividad turística, se realizó un análisis comparativo de dos destinos tradicionales en ambas cuencas oceánicas (Atlántico y Pacífico), Cozumel en el estado de Quintana Roo y San Blas en Nayarit. La primera parte consistió en una revisión histórica de la incidencia de fenómenos meteorológicos y la comparación de los efectos sociales, económicos y ambientales de los huracanes Kenna en San Blas y Wilma en Cozumel. En la segunda parte del estudio se analizaron las variables climáticas y económicas para entender los efectos de los huracanes en el sector. El conocimiento de los impactos de los huracanes en la actividad turística permitirá planificar estrategias frente a las amenazas del cambio climático.

RESULTADOS

El área de estudio consiste en dos destinos turísticos de tipo tradicional, para la cuenca del Atlántico

se trabajó con el municipio de Cozumel, Quintana Roo, mientras que para la cuenca del Pacífico se realizó la comparación con el municipio de San Blas en el estado de Nayarit. Es pertinente destacar que el primero es un espacio insular y el otro de tipo continental, y ambos comparten características convergentes y divergentes de carácter climatológico y turístico.

Según los datos, en 2005 se dio el mayor número de huracanes para el Atlántico, (14) y para el Pacífico en 2006 con 10 ciclones tropicales (Figura 1).

La probabilidad de que el estado de Nayarit sea impactado por un huracán anualmente es del 13%, mientras que para Quintana Roo es del 22%, según refiere el CENAPRED (Dzul y Palafox, 2012). Como se observa en la Tabla 1, el estado de Quintana Roo ha sido impactado por 14 huracanes mientras que en Nayarit ha recibido ocho ciclones tropicales en el periodo de 1931 a 2008.

El huracán Kenna en Nayarit y el ciclón tropical Wilma en Quintana Roo han sido los fenómenos hidrometeorológicos de mayores repercusiones económicas en dichas entidades, el primero en el año 2002 tocó tierra en San Blas y Wilma en el 2005 entró en Cozumel; ambos tuvieron fuertes afectaciones, los cuales se resumen en la Tabla 2.

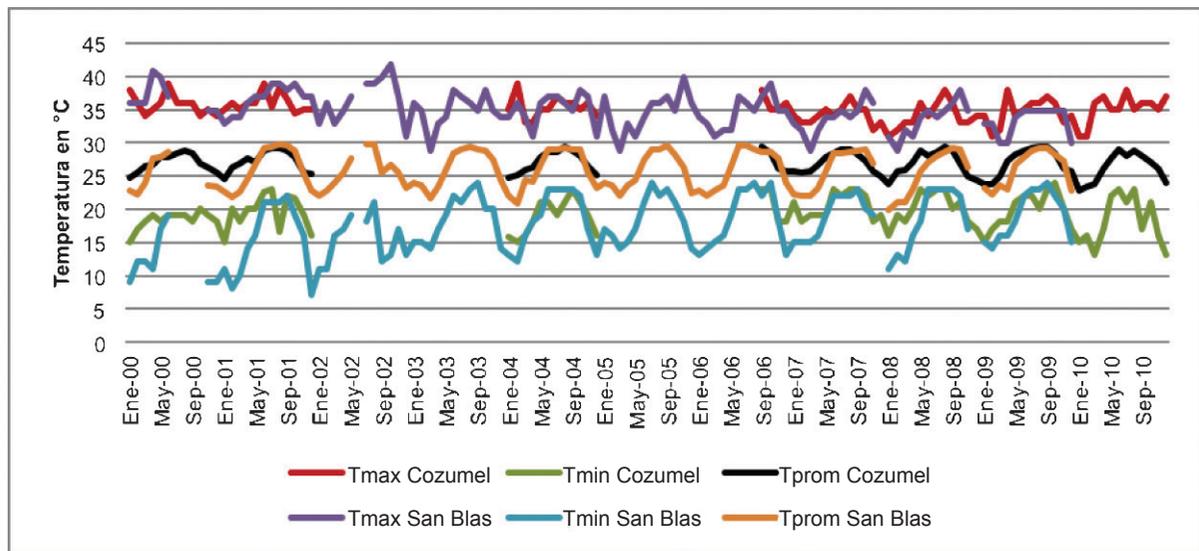
Tabla 1. Comparativo de huracanes que han impactado en los estados de Quintana Roo y Nayarit

Quintana Roo			
Año	Nombre	Intensidad	Fecha
1955	Gladys	H1	1-6 de sep.
1955	Hilda	H3	12-20 sep.
1955	Janet	H5	22-29 sep.
1967	Beulah	H3	8 sep.
1974	Carmen	H4	02 sep.
1975	Caroline	H3	30 ago.
1988	Gilberto	H5	14 sep.
1995	Roxanne	H3	8-20 oct.
1996	Dolly	H1	19-24 ago.
2000	Keith	H1	06 oct.
2002	Isidore	H3	22 sep.

2005	Emily	H4	18 - 20 jul.
2005	Wilma	H4	21 oct.
2007	Dean	H5	21-22 ago.

Nayarit			
Año	Nombre	Intensidad	Fecha
1967	Katrina	H1	29 ago.
1971	Priscilla	H3	11 oct.
1981	Otis	H1	26-29 oct
1983	Tico	H3	19 oct.
1983	Adolfo	H2	24-25 oct.
1994	Rosa	H2	8-15 oct
1996	Hernan	H1	3 - 4 oct.
2002	Kenna	H5	25-oct

Fuente: Dzul y Palafox (2012).


Figura 2. Comportamiento mensual de las temperaturas de Cozumel y San Blas 2000-2010

Fuente: Sistema Meteorológico Nacional.

Las afectaciones que sufrieron estos destinos turísticos tradicionales de costa fueron del orden material y humano, ya que la infraestructura hotelera se encuentra principalmente sobre la costa. El oleaje y la intensidad de los vientos de cada uno de los meteoros fueron elementos determinantes para la afectación.

Las altas temperaturas son condicionantes para la presencia de ciclones tropicales, en este

sentido el valor mensual máximo de temperaturas (Tmax Cozumel) presentadas en Cozumel fue de 39 °C (Figura 2) durante los meses de junio de 2000 y 2001, y febrero de 2004. Los climas más altos se presentaron entre los meses de junio a agosto, con la excepción de febrero de 2004, donde se manifestó una anomalía. El valor mensual de temperatura mínima (Tmin Cozumel) fue de 24 °C y la más baja de 15 °C.

Tabla 2. Comparativo entre los huracanes Kenna y Wilma

	Huracán Kenna	Huracán Wilma
Características Generales		
Fechas	21 a 25 de octubre de 2002	15 a 25 de octubre de 2005
Vientos	270 km/h	280 Km/h
Presión	915 hPa	882 hPa
Depresión	21 de octubre depresión tropical No. 14-E a 570 km al sur-suroeste de Puerto Escondido, Oaxaca.	15 de octubre depresión tropical no. 24 a 930 km este-sureste de Cancún, Quintana Roo.
Tormenta Tropical	El día 22 en la madrugada a 590 km al Sur de Acapulco, Gro.	El día 17 en la madrugada a 860 km. al este-sureste de Puerto Morelos, Quintana Roo.
Huracán	24 horas después se localizaba a 700 km al sur de Cabo Corrientes, Jalisco. En la tarde del día 24, alcanza categoría H5 cuando se localizaba a unos 430 km al sur de Cabo Corrientes, Jalisco.	El 18 se intensificó a huracán a 810 km. al este-sureste de Punta Allen, Quintana Roo. El día 19 alcanza categoría H5 a 595 km al este-sureste de Punta Allen.
Características tocó tierra	Impactó el 25 de octubre alrededor de las 11:00 hrs. en categoría H4, con vientos estimados en 216 km/h.	Impactó el 21 de octubre a las 9:00 hrs. con vientos sostenidos de 230 km/h.
Población en la que tocó tierra	San Blas, Nayarit	Isla Cozumel, Quintana Roo
Impacto Social		
Pérdidas humanas	2	0
Damnificados	30 mil	S.D.
Impactos vivienda	17,000 (95%)	22,750
Impacto Económico		
Daños económicos en millones de dólares	150.00	1,723.90
Turismo		
Comercio	200 pequeños comerciantes	1,510 cuartos dañados
Impacto Ambiental		
Ecología	Pérdida total en los campamentos de tortugas marinas, daños en manglares, viveros y marismas. Más de 2 mil árboles derribados.	S.D.
Oleaje	Penetró 100 metros en tierra	

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

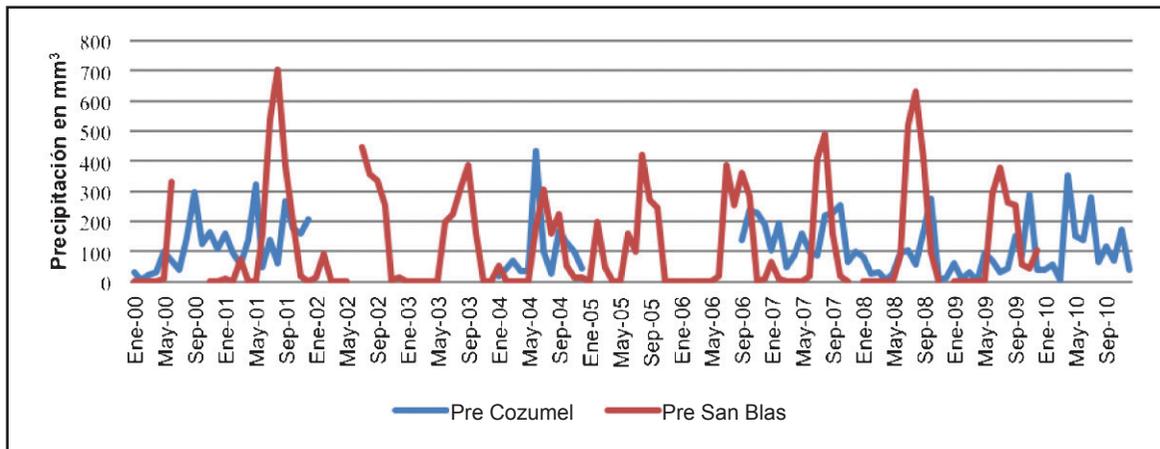


Figura 3. Comportamiento de la precipitación total mensual de Cozumel y San Blas 2000-2010.

Fuente: Sistema Meteorológico Nacional.

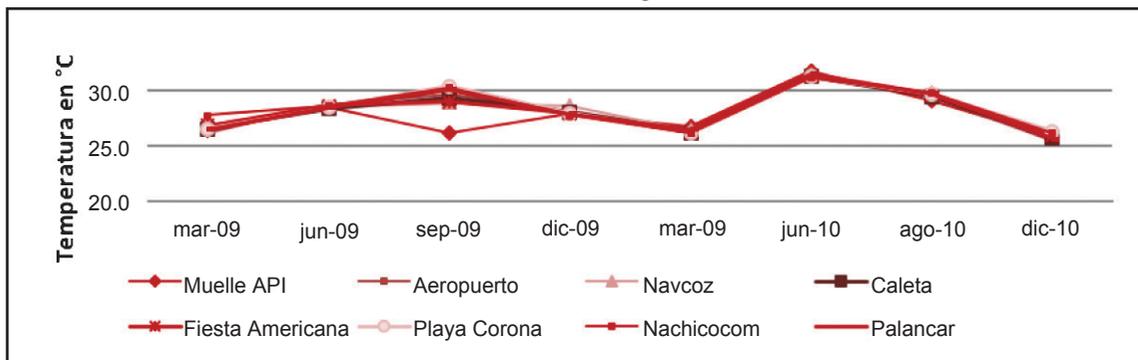


Figura 4. Temperatura del mar según estaciones de muestreo en Cozumel.

Fuente: Secretaría de Marina.

En el caso de San Blas, Nayarit, el valor mensual de temperatura más alto (T_{max} San Blas) fue de 42 °C y se presentó en octubre de 2002, y coincidió con el mes de impacto del huracán Kenna. De igual forma, en los datos se observa que los picos de temperaturas más altos se presentan en los meses de junio a octubre, siendo concurrente con la temporada de huracanes en el Pacífico.

Respecto a la temporada de lluvias (Figura 3), en San Blas se presentan valores más altos en comparación con Cozumel; durante el periodo de análisis se observa que los meses con mayor precipitación en San Blas fueron de julio a septiembre, mientras que en Cozumel fueron en septiembre y octubre.

Con información de los muestreos elaborados por la Secretaría de Marina, en Cozumel, las temperaturas del mar presentan valores por encima de los 26 °C (Figura 4).

En San Blas, las temperaturas del mar más altas corresponden a los meses de julio a octubre cuando se registran valores superiores a los 29 °C. En el Pacífico, la temporada de huracanes corresponde del 15 de mayo al 30 de noviembre, justamente en los meses que se registran las temperaturas altas en el mar (Figura 5).

La actividad turística y económica de los estados de Nayarit y Quintana Roo está determinada por los Centros Integralmente Planeados de Cancún, Riviera Maya y Riviera Nayarit; en la periferia se encuentran San Blas y Cozumel, ambos municipios reciben una corriente turística menor a los principales destinos promovidos por el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR). En Cozumel, la actividad turística está enfocada en los pasajeros de cruceros y en el turismo de buceo, los primeros son considerados visitantes dado que no pernoctan en el destino. Asimismo, el desarrollo turístico de Nayarit ha sido "producto de la inducción

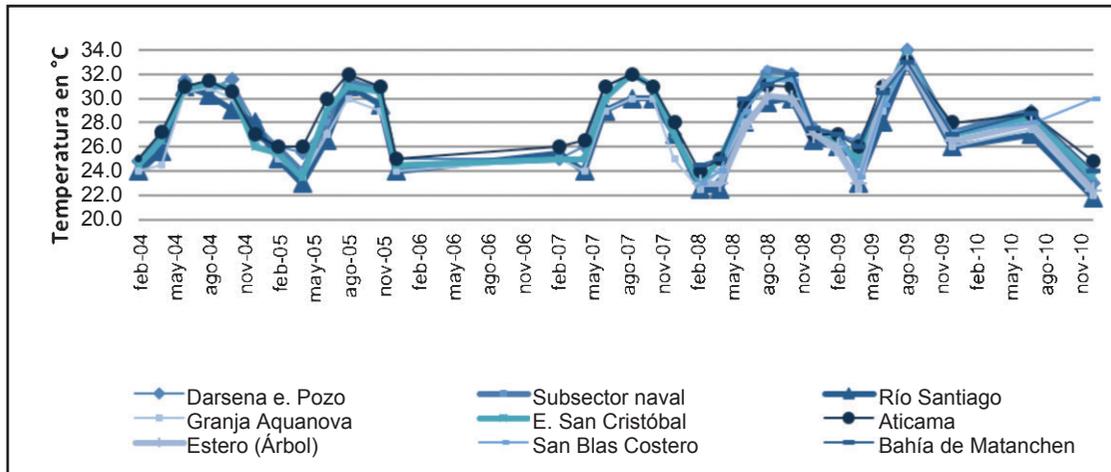


Figura 5. Temperaturas del mar según estaciones de muestreo en San Blas.

Fuente: Secretaría de Marina.

de los modelos de desarrollo internacional y nacional... el sector público ha impulsado el turismo invirtiendo recursos para consolidar la infraestructura base" (Castro y López, 2010). Por otra parte, el mayor mercado de San Blas es el turismo nacional, principalmente originario de los estados aledaños de Jalisco, Distrito Federal, y de la misma entidad (Márquez y Sánchez, 2007).

Tanto la isla de Cozumel como San Blas son considerados destinos turísticos tradicionales con una afluencia turística importante para el crecimiento económico de ambas localidades. San Blas recibió entre 2006 y 2009 un promedio de 120 mil turistas, de los cuales el 92% son nacionales. La ínsula por su parte, desde el año 2006 hasta 2011 ha recibido en promedio 583 mil turistas, de los cuales el 90% son de origen norteamericano y canadiense (Anaya y Palafox, 2010). Respecto a la oferta turística, San Blas cuenta con 40 establecimientos traducidos en 787 cuartos; en cambio, Cozumel tiene 45 hoteles con 4,098 habitaciones (Figura 6). Aun cuando la diferencia en la capacidad de hospedaje es sustancial, el porcentaje de ocupación hotelera de San Blas es del 35%, en contraste con la isla que es del 48.9%. Sin embargo, la diferencia en la derrama económica es sustancial, ya que la isla de Cozumel ha tenido un promedio de 313.6 millones de dólares estadounidenses (USD), y San Blas aproximadamente de USD 64.5 millones.

DISCUSIÓN

La incidencia de los fenómenos hidrometeorológicos en ambas cuencas es alta, en los últimos 14

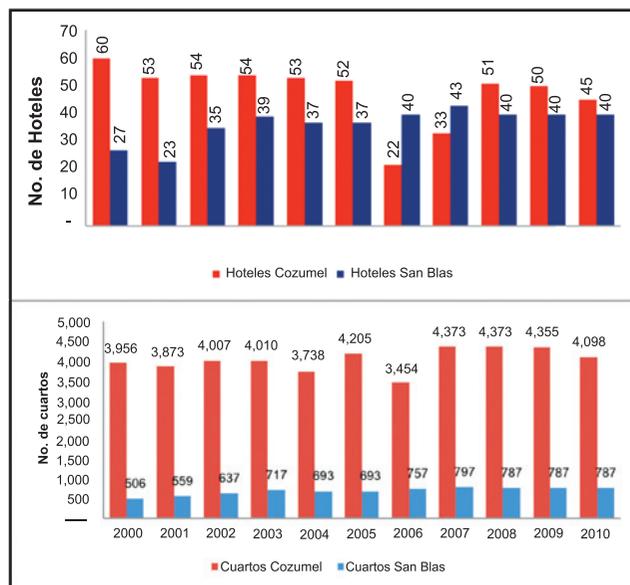


Figura 6. Hoteles y cuartos en Cozumel y San Blas durante el periodo 2000-2010.

Fuente: Anuarios Estadísticos de Nayarit y SEDETUR de Quintana Roo.

años se han reportado 199 episodios. En este sentido, la región del Atlántico concentra el 52% de la formación de huracanes. En Quintana Roo, el 35.7% de los huracanes han sido de categoría 3, mientras que en Nayarit el 37.5% han sido de categoría 1. Asimismo, en Quintana Roo han impactado huracanes de mayor intensidad, por lo que el 42.8% de los fenómenos hidrometeorológicos que han impactado a la entidad son categoría 4 y 5, mientras que en Nayarit sólo ha sido el 12.5% de los ciclones tropicales.

De los dos últimos fenómenos que impactaron dichos destinos, las pérdidas provocadas fueron por Kenna, USD 150 millones, y por Wilma, de USD 1,723.9. En lo referente al impacto en la comunidad, San Blas fue sumamente afectada, ya que el 95% de las viviendas fueron dañadas por el impacto del ciclón. Por su parte, la isla de Cozumel perdió 1,510 habitaciones, principalmente en los inmuebles ubicados en la franja costera.

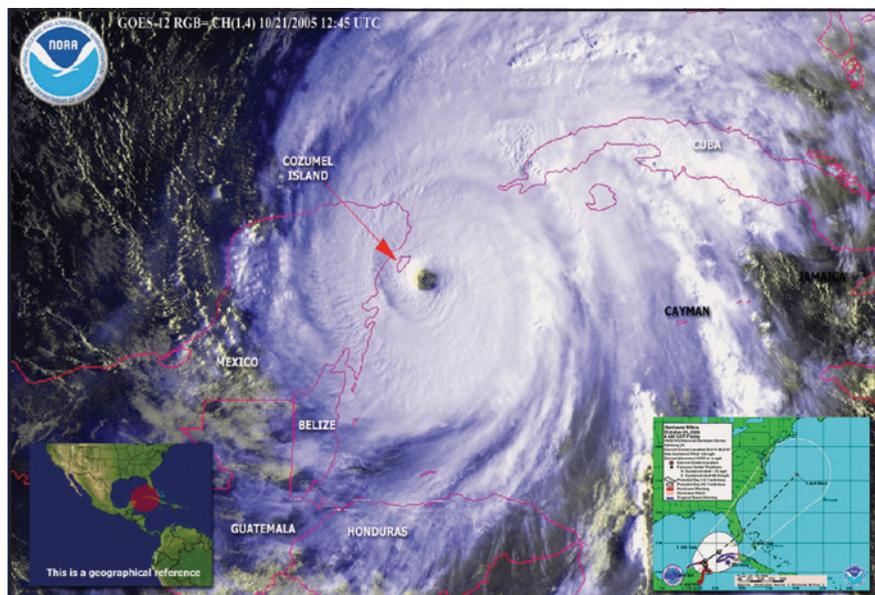
Al analizar las series de tiempo respecto al número de hoteles y cuartos, revela que en Cozumel se perdió el 57% de la oferta hotelera como resultado del impacto del huracán Wilma. En el año 2010, el número de establecimientos era menor al registrado en el año 2000. En el caso de San Blas, con el paso del huracán Kenna en el año 2002, el cierre de hoteles se registra en 2004, debido en gran medida a los efectos de este fenómeno. En 2008 se registra otra baja en el número de establecimientos de hospedaje debido quizás a los efectos de las crisis económicas y a la baja en la ocupación hotelera.

Un dato coincidente en ambas cuencas es la temperatura en el mar, el cual es un valor crítico para la formación de huracanes. En la temporada donde se presentan estos fenómenos en el Océano Atlántico (del 1 de junio al 30 de noviembre), las temperaturas del mar son más altas, con valores cercanos a los 32 °C. Los meses de di-

ciembre y marzo marcan el momento cuando el mar tiene las temperaturas más bajas en la zona, pero siguen siendo superiores a los 26 °C. En San Blas es menor la incidencia de fenómenos meteorológicos; uno de los factores que podría explicar esto son las temperaturas del mar. En esta zona sí presentan valores menores a los 26 °C, mientras que en Cozumel, que tiene una alta incidencia de huracanes, todo el año las temperaturas del mar son superiores. En ambas cuencas, los factores climáticos de las temperaturas altas ambientales, las condiciones secas y las temperaturas del mar superiores a los 26 °C son conscientes en las temporadas de huracanes.

CONCLUSIONES

El turismo, como actividad económica, ha tenido un acelerado crecimiento, y su repercusión económica ha quedado demostrada a lo largo de los años. Las economías emergentes han apostado al crecimiento por esta vía, más aún cuando San Blas y Cozumel cuentan con importante gama de recursos, sobre todo en la línea de costa. El posicionamiento de los destinos turísticos de sol y playa que están en las cuencas oceánicas del Pacífico y Atlántico tienen mayor probabilidad y condición para que un fenómeno hidrometeorológico les impacte. Tal es el caso de San Blas, Nayarit, y Cozumel, Quintana Roo; destinos turísticos de tipo tradicional que están en las zonas de impacto ciclónico.



Fuente: www.nws.noaa.gov

La evidencia demuestra que los fenómenos hidrometeorológicos de gran intensidad impactan ampliamente en la infraestructura de acceso y servicios, así como en la destrucción de viviendas, comercios, entre otros; lo que deriva en la pérdida de empleos y vidas humanas, así como en detrimento de la demanda turística y rezago económico social de las comunidades anfitrionas.

Wilma debilitó la oferta turística en más del 50%, y causó la pérdida total de la infraestructura portuaria. La afluencia turística se vio afectada, en suma, por las temporalidades de la demanda propias de este sector económico.

Las altas temperaturas fueron una característica importante en los ciclones tropicales analizados, lo cual ha sido factor de incidencia tanto en San Blas como en Cozumel.

La falta de planificación de infraestructura, las escasas políticas públicas y la ausencia de medidas de adaptación, propician que el impacto de los huracanes sea aún mayor. Por el cambio climático, los huracanes se incrementarán en intensidad y frecuencia, por lo que los daños para el sector turístico serán más fuertes.

Lamentablemente, una de las limitaciones del trabajo fue el acceso a información, ya que el SMN y CONAGUA no cuentan con todos los datos para ambos destinos turísticos.

Agradecimientos

La realización de este artículo fue financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del programa de Becas Mixtas para la estancia de académica de la Lic. Alejandra Gutiérrez Torres en la Universidad de Quintana Roo – Unidad Académica Cozumel.

LITERATURA CITADA

- ANAYA, J., PALAFOX, A., El perfil del turista internacional de Cozumel a partir de la construcción de su capital simbólico. En: *Teoría y Praxis*, No. 8, pp. 171-185, 2010.
- ARELLANO, L. U., LICEAGA, M., HERRERA, J. A., HERNÁNDEZ, H., Impacto por huracanes en las praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) en el Caribe Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 59(1): 385-401, 2010.
- BOJÓRQUEZ, I., Amenazas del cambio climático en el estado de Nayarit. I.7 Inundaciones por incremento del nivel mar. *Plan Estatal de Cambio Climático*, Nayarit. México, 2010.
- BURNS, P., Turismo sin petróleo: ¿turismo virtual interactivo? Fayos-Solà, E. y J. Jafari (Eds.). *Cambio climático y Turismo: realidad y ficción*, pp. 149-151. España: Universitat de Valencia-Organización Mundial del Turismo, 2009.
- CALVO, E., *Guía Metodológica para la adaptación a los impactos del cambio climático en las ciudades y opciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero*. Foro Ciudades para la Vida-Acuerdo Ecuador, Lima, 2009.
- CAMBERS, G., Caribbean beach changes and climate change adaptation. *Journal Aquatic Ecosystem Health & Management*, 12(2): 168-176, 2009.
- CENAPRED, *Serie fascículos ciclones tropicales*. Mayo 2007, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, 2007.
- DÍAZ, S. C., Variabilidad de los ciclones tropicales que afectan a México. *Interciencia*, 354(Abril): 306-310, 2010.
- DIOP, I., BOSCH, H., Formulación de una estrategia de adaptación, Lim B. y E. Spanger-Siegfried (Eds.). *Marco de políticas de adaptación al cambio climático desarrollando estrategias, políticas y medidas*, pp. 192-213. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Canadá, 2005.
- DZUL, R., PALAFOX, A., Afectación de los huracanes en el territorio mexicano. *Seminario de Investigación Turística Universitaria 2012*. Póster, Universidad de Quintana Roo, Cozumel, México, 17 y 18 de mayo de 2012.
- FAYOS-SOLÀ, E., JAFARI, J., Introducción, Fayos-Solà, E. y J. Jafari (Eds.). *Cambio climático y Turismo: realidad y ficción*, pp. 20-29, España: Universitat de Valencia-Organización Mundial del Turismo, 2009.
- FRAUSTO, O., Línea de investigación en turismo y desastres naturales: Introducción al estudio de las amenazas, riesgos y desastres naturales, Palafox Muñoz, A. y O. Frausto Martínez (Coords.). *Turismo: desastres naturales, sociedad y medio ambiente*, pp. 15-24, Plaza y Valdés-Universidad de Quintana Roo, México, 2008.
- GIRARDIN, L., Mitigación y Adaptación al cambio climático. *Conferencia Regional: Cambio Climático, Desastres y Opciones de Intervención*. Consejo Superior de Universidades de Centroamérica, Managua, Nicaragua: 5-6 de diciembre de 2007.

- MAGAÑA, V., MATÍAS, J., MORALES, R., MILLÁN, C., Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México, Martínez, J. y A. Fernández (Eds.). *Cambio climático una visión desde México*, pp. 203-213. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto de Ecología, 2004.
 - MÁRQUEZ, A. R., SÁNCHEZ, A., Turismo y ambiente: la percepción de los turistas nacionales en Bahía de Banderas, Nayarit, México. *Investigaciones Geográficas*, 64, 134-15, 2007.
 - MITCHELL, J. F. B., LOWE, J., WOOD, R. A., VELLINGA, M., Extreme Events Due to Human-Induced Climate Change. *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 364(1845): 2117-2133, 2006.
 - MORENO, S., ARAÑA, J. E., CARBALLO, M., El cambio climático y algunas de sus implicaciones en la decisión del destino vacacional, Fayos-Solà, E. y J. Jafari (Eds.). *Cambio climático y Turismo: realidad y ficción*, pp. 123-124. España: Universitat de Valencia-Organización Mundial del Turismo, 2009.
 - NOWLAN, L., KWAN, I., *Cruise Control-Regulating Cruise Ship Pollution on the Pacific Coast of Canada*. West Coast Environmental Law, Canada, 2001.
 - OLIVERA, A., *Del cambio climático al desastre turístico*. México: Greenpeace, 2008.
 - OMT. *Declaración de Djerba sobre Turismo y Cambio Climático*. Túnez: Organización Mundial del Turismo, 2003.
 - OMT. *De Davos a Bali: la contribución del turismo al reto del cambio climático*. España: Organización Mundial de Turismo, 2007.
 - OROPEZA, O., Evaluación de la vulnerabilidad de la desertificación, Martínez, J. y A. Fernández (Eds.). *Cambio climático una visión desde México*, pp. 203-213, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto de Ecología, 2004.
 - PALAFOX, A., ZIZUMBO, L., Reflexiones en torno al turismo y el cambio climático en México, Fayos-Solà, E. y J. Jafari (Eds.). *Cambio climático y Turismo: realidad y ficción*, pp. 279-282, España: Universitat de Valencia-Organización Mundial del Turismo, 2009.
 - PNUD. *Programa de medidas generales de mitigación y adaptación al cambio climático en Uruguay*. Uruguay: Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2004.
 - RODRÍGUEZ, J. M., Los desastres de origen natural en México: el papel del FONDEN. *Estudios Sociales*, 12(23): 74-96, México, 2004.
 - SANJURJO, E., WELSH, S., Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares- *Gaceta Ecológica*, 74, 55-68, México, 2002.
 - SAPIÑA, F., Cambio climático: realidad o ficción, Fayos-Solà, E. y J. Jafari (Eds.) *Cambio climático y Turismo: realidad y ficción*, pp. 167-168, España: Universitat de Valencia-Organización Mundial del Turismo, 2009.
 - SHURLAND, D., de JONG, P., *Disaster risk management for coastal tourism destinations responding to climate change, A Practical Guide For Decision Makers*. United Nations Environment Program, Francia, 2008.
 - STERN, N., *The Economics form Climate Change: The Stern Review*, Reino Unido: Cambridge University Press, 2007.
 - TIEN, D. P., SIMMONS, D. G., SPURRD, R., Climate change-induced economic impacts on tourism destinations: the case of Australia. *Journal of Sustainable Tourism*, 18(3): 449-473, United Kingdom, 2010.
 - TOVILLA, C., ORIHUELA, D. E., Impacto del huracán Rosa sobre los bosques de manglar de la Costa Norte de Nayarit, México. *Madera y Bosques*, 2, 63-75, 2004.
 - WEBSTER, P. J., HOLLAND, G. J., CURRY, J. A., CHANG, H. R., Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment. *Science*, 309, 1844-1846, 2005.
- ### Dictiotopografía
- CASTRO, U., LÓPEZ, J. H., 2010. Desarrollo regional y turismo: revisión histórico estructural de la Riviera Nayarit, México. En: TURyDES, Vol. 3, No. 8. De: <http://www.eumed.net/rev/turydes/08/calc.htm>, 30 nov. 2012.
 - CENAPRED 2012. Estadísticas mexicanas de pérdidas materiales y de vidas. De: http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=176, 16 jul. 2012.
 - CENAPRED 2012a. Estudios económicos y sociales, muertes y pérdidas económicas. México. De: http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=94&Itemid=206, 11 jul. 2012.
 - CICC 2009. Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, México. De: http://www.semarnat.gob.mx/programas/Documents/PECC_DOE.pdf, 17 jul. 2012.
 - GRUPO ECOLÓGICO EL MANGLAR 2001. Diagnóstico socioambiental de la zona estuarina y de manglar del municipio de San Blas, Nayarit. México. De: <http://www.elmanglarsanblas.com/docs/DiagnosticoManglar.pdf>, 10 jul. 2012.
 - NOAA 2011. ¿Qué es una perturbación tropical o una tormenta tropical?, National Oceanic and Atmospheric Administration. De: <http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/A5.html>, 09 jul. 2012.
 - NOAA 2011a. What does maximum sustained wind mean? National Oceanic and Atmospheric Administration, EUA. De: <http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/D4.html>, 10 jul. 2012.

La evolución de la mediación en sede judicial hacia otras sedes como alternativa para la resolución de conflictos en Aguascalientes

The evolution of the mediation in judicial headquarters towards other headquarters like alternative for the resolution of conflicts in Aguascalientes

María Guadalupe Márquez Algara¹,
José Carlos De Villa Cortés^{1*}

Márquez Algara, M. G.; De Villa Cortés, J. C., La evolución de la mediación en sede judicial hacia otras sedes como alternativa para la resolución de conflictos en Aguascalientes. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 58, 47-54, 2013.

RESUMEN

El presente artículo hace referencia a cómo ha evolucionado la mediación en los últimos años, al pasar de ser un procedimiento ofrecido en sedes judiciales a ser también un mecanismo utilizado en otro tipo de sedes, en particular en el ámbito comunitario. En el estado de Aguascalientes se ha comenzado a dar ese cambio con la creación de programas de mediación. Los resultados del Centro de Mediación del Poder Judicial de Aguascalientes prueban que la mediación cada vez es más utilizada por la ciudadanía, lo que también es una muestra de la pertinencia de fomentar el uso de la mediación en otro tipo de sedes diversas a la judicial. El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer las ventajas de la mediación comunitaria, así como los avances y evolución en materia de mediación en Aguascalientes.

ABSTRACT

The present article refers how it has evolved the mediation in the last years, happening of being

Palabras clave: Mediación en sede judicial, mediador, mediación comunitaria, juicio, acuerdo, participación ciudadana.

Keywords: Mediation in judicial headquarters, mediator, community mediation, trial, agreement, citizen participation.

Recibido: 21 de Enero de 2013, aceptado: 29 de Mayo de 2013

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

* Autor para correspondencia: devilla975@hotmail.com

a procedure offered in judicial headquarters to be also a mechanism used in another type of headquarters, especially in the community area. In Aguascalientes this transition has begun to give, with the creation of new programs of mediation. The results of the Center of Mediation of the Judicial Power of Aguascalientes prove that the mediation every time is more used by the citizens, which also is a sample of the relevancy of promoting the use of the mediation in another type of diverse headquarters to the judicial one. The present work seeks to announce the advantages of the community mediation, as well as the advances and evolution of the mediation in Aguascalientes.

INTRODUCCIÓN

La mediación "es un procedimiento no adversarial en el que un tercero neutral que no tiene poder sobre las partes ayuda a éstas en forma cooperativa, a encontrar el punto de armonía en el conflicto" (Falcón, 1997). Este procedimiento es un medio de justicia alternativa, con el cual se busca resolver conflictos sin tener que recurrir a los tribunales.

Los procedimientos de justicia alternativa, tales como la mediación, han cobrado gran fuerza en los últimos años, en gran parte debido a las exigencias sociales de contar con nuevas formas de acceso a la administración e impartición de justicia, que sean diferentes al tradicional juicio. Como indica Márquez (2004):

La ineficiencia de los sistemas de administración de justicia, así como el reclamo de los ciudadanos por una administración de justicia confiable, eficiente y sobre todo, oportuna, se encuentra en la mayor parte de los países del mundo, lo que ha originado el surgimiento de medios de justicia participativos o alternativos (p. 74).

La mediación, como procedimiento institucionalizado y regulado por las leyes, surgió en el último cuarto del Siglo XX. Como señala Suares (2004), "a mediados de la década del 70 en Estados Unidos, nació la mediación como una nueva institución encaminada a la resolución alternativa de conflictos. Su crecimiento fue rapidísimo a causa de los buenos resultados" (p. 47).

Pocos años después de su nacimiento en Estados Unidos, muchos países en América y en Europa también incorporaron a la mediación dentro de sus respectivos sistemas jurídicos. Al terminar el Siglo XX, la mayoría de los países latinoamericanos ya habían incorporado este procedimiento, incluyendo a México.

En México, la mediación comenzó a ser utilizada como un procedimiento regulado ante las leyes a partir de 1997, pero únicamente en el estado de Quintana Roo, a través de la Ley de Justicia Alternativa del Estado de Quintana Roo (1997), publicada el 14 de agosto de 1997. En dicha entidad federativa fue creado el Centro de Asistencia Jurídica, que pertenece al poder judicial local y dentro del que comenzaron a celebrarse procedimientos de mediación en sede judicial.

De ese año en adelante, la mayoría de las entidades federativas legisló su propia ley sobre mediación y creó su respectivo centro de mediación o centro de justicia alternativa, en el cual se desarrollan los procedimientos de mediación en sede judicial.

Para 2008, casi la totalidad de los estados ofrecía a sus respectivas sociedades los servicios de mediación en sede judicial. No obstante, el 18 de junio de 2008 se reformó el artículo 17 de la Constitución (2012), y se estableció que "las leyes preverán mecanismos alternativos de solución de controversias". Esto convirtió de esa manera en una obligación constitucional para todas las entidades federativas el ofrecer tales servicios, entre ellos el de mediación en sede judicial.

Los resultados que han tenido los centros de mediación en sede judicial en México son muy diversos, ya que los esfuerzos tanto en materia de infraestructura, como de difusión y otros en cada estado a nivel individual, son muy variables entre sí. Lo anterior ha originado que haya entidades federativas en donde la mediación en sede judicial se haya quedado un tanto estancada, mientras que haya otras en donde ésta ha dado buenos resultados, además de que es notable como aumenta su uso por parte de la ciudadanía año con año.

En nuestro país, al hablar de mediación prácticamente se tiene que hacer por estado, precisamente porque cada uno de ellos ha realizado a su manera, en diferentes épocas y con presupuesto muy variado su propio programa de mediación, lo que ha derivado en que los resultados a nivel estatal sean muy diversos. Por ejemplo, mientras hay algunas entidades federativas como Guanajuato que tiene varias sedes de su centro de justicia alternativa ubicadas en diversos municipios de su territorio (ocho sedes, además de una unidad móvil), también hay otros estados que sólo cuentan con una. Lo anterior ha influido en que en Guanajuato el empleo de la mediación por parte de la ciudadanía aumente año con año, a diferencia de entidades federativas en donde incluso se ha estancado, en buena medida por una infraestructura muy modesta.

También hay entidades federativas que ya cuentan con más de 10 años de experiencia en materia de mediación en sede judicial, como Aguascalientes, Baja California Sur, Querétaro y Quintana Roo; mientras hay algunas que todavía no han creado su centro de mediación, como Guerrero y Sinaloa (la obligación constitucional señalada anteriormente da como plazo hasta junio de 2016 para incorporar a los medios de justicia alternativa, por lo que todavía están dentro del término concedido).

En varias entidades federativas no se exige que los mediadores en sede judicial sean licenciados en Derecho, sino que pueden serlo aquellos profesionistas egresados en prácticamente cualquier rama de las ciencias sociales, como en el caso de Aguascalientes y Colima. En algunos otros estados los mediadores en sede judicial tienen que ser licenciados en derecho forzosamente, como en el caso de Chihuahua, por ejemplo.

Lo cierto es que el contar con mediadores de diversa formación académica favorece el trabajo multidisciplinario y puede ser muy útil en un determinado procedimiento; por ejemplo, el tener un mediador psicólogo en una mediación familiar. En muchos países como Estados Unidos y Canadá tampoco se exige que los mediadores sean abogados, ya que se considera que más que requerir de una formación académica, se requiere de un determinado perfil personal. Gorjón (2003) señala que "la especialidad es el sustento de los métodos alternos de solución de controversias, por lo que la participación en la mediación es multidisciplinaria dependiendo del tipo de conflicto [...]" (p. 62).

Como los factores anteriores, también hay otros como la cantidad de personal con que dispone un centro de mediación en comparación a otro, los esfuerzos en materia de propaganda y difusión que asigna una entidad federativa a su respectivo programa de mediación en sede judicial. Dichos factores también han contribuido a que los resultados y el desarrollo de la mediación sean muy diferentes entre unos y otros estados.

En la mayoría de los países en los que se comenzó a utilizar la mediación como un procedimiento regularizado e institucionalizado, se hizo a través de centros de mediación en sede judicial, inclusive en México. Sin embargo, con el paso del tiempo los buenos resultados que ha traído este procedimiento han hecho que surjan nuevas facetas de la mediación, pero ahora en sedes no judiciales, como en los casos de la mediación comunitaria y escolar.

Así, estos métodos no sólo sirven para descomprimir el trabajo de la justicia como inicialmente se proponían, lo cual puede ser considerado un beneficio secundario, sino para contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas y la salud social, y, en un marco más general, a la sociedad toda (Nató *et al.*, 2005).

Lo anterior ha permitido que surjan perfiles para poder fungir como mediador, quien "es una persona ajena, con ciertas características especiales, que participa en la mediación ayudando y dirigiendo a las partes, facilitando una buena comunicación y relación entre las mismas para que resuelvan sus diferencias y lleguen a una solución" (Morán *et al.*, 2009).

Respecto a la mediación comunitaria, ésta "se ocupa de la resolución de conflictos y disputas dentro de una comunidad empleando los recursos de los que dispone esta misma" (Martínez en Hoyo, 2004).

Los conflictos que se tramitan ante un centro de mediación comunitaria son los originados entre vecinos de una misma comunidad. Por su parte, el mediador normalmente también es otro vecino, tal como indica Martínez en Hoyo (2004), quien señala que "el mediador suele ser un miembro de dicha comunidad y que no ejerce la función de forma profesional" (p. 204). Por supuesto, el mediador es capacitado para ejercer sus funciones.

La mediación comunitaria ofrece a los vecinos de una localidad la posibilidad de tener un papel protagónico en la resolución de sus conflictos, ya que fomenta la participación ciudadana, y su éxito depende totalmente de la misma.

Los conflictos que pueden resolverse a través de la mediación comunitaria son muy variados. Por ejemplo, ante ella se han presentado problemas generados por ruidos molestos, suciedad de animales, por estorbo en las cocheras, insultos entre vecinos, problemas de basura, olores desagradables, mala convivencia, pleitos entre niños, falta de seguridad en el vecindario, desperdicio de agua, entre otros.

Para muchos, los problemas que se pueden tramitar ante un centro de mediación comunitaria no son muy graves. Sin embargo, son conflictos sociales que cuando no son atendidos y resueltos desde un principio, en muchos casos se convierten en el inicio de una bola de nieve que a veces llega a desembocar en conductas violentas y lamentablemente, en algunos casos, trágicas.

En algunas entidades federativas de México, además de que ya se cuenta con un centro de justicia alternativa en sede judicial, se están comenzando a crear nuevos programas sobre mediación comunitaria y mediación escolar; es decir, en sede no judicial.

En Aguascalientes está ocurriendo lo anterior. El Centro de Mediación y Conciliación del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes ofrece los servicios de mediación desde el 1 de octubre de 2001. Sus resultados han sido notables y

normalmente cada año la ciudadanía lo utiliza en mayor medida. Ante esa institución pueden tramitarse conflictos jurídicos de naturaleza civil, mercantil, familiar y penal.

La gran mayoría de los asuntos en los que inicia formalmente un procedimiento de mediación en dicho centro concluye con un convenio celebrado entre las partes (llamadas mediados) y en unas cuantas sesiones, muchas veces sólo en una. Por ejemplo, como indica el Informe anual de labores 2010 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes (2011):

En el transcurso del año 2010, se atendieron 3,971 solicitudes de mediación en las que asistieron ambas partes, de ellas el 95% concluyó en un acuerdo voluntario pues en 3,779 casos los interesados firmaron un convenio. Este dato es particularmente relevante porque resulta representativo de la voluntad de acuerdo con la que asisten a la mediación y más porque los acuerdos se alcanzan mayoritariamente en una sesión, siendo los menos los que requieren dos o más (p. 37).

En cuanto al cumplimiento voluntario de los acuerdos, normalmente los centros de mediación en sede judicial no cuentan con un programa propio que dé puntual seguimiento a tal situación, ya que para ello necesitarían una gran cantidad de personal con el que no cuentan, además del tiempo y recursos que tendrían que invertir para poder realizar una investigación de esa naturaleza. Por tanto, aunque de parte de esas instituciones se cuenta con datos acerca de la cantidad de asuntos iniciados que concluyeron con un convenio, difícilmente tienen estadísticas de qué porcentaje de convenios fue realmente cumplido voluntariamente.

No obstante lo anterior, hay algunos autores como Gorjón (2003), quien indica que "la característica principal de la mediación es el cumplimiento de lo pactado [...]. El cumplimiento de los acuerdos de mediación tiene un éxito de más de 90%" (p. 62).

Los resultados del Centro de Mediación y Conciliación del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes se han convertido en motivo para pensar en la creación de estrategias que fomenten el empleo de la mediación en este esta-

do. Se ha diseñado un programa de mediación comunitaria para el municipio capital del estado, sobre el cual se hará referencia en este trabajo; así como se están diseñando programas de mediación escolar para utilizarse en poco tiempo.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer qué se ha hecho en Aguascalientes en materia de mediación en los últimos años. Primero, dando a conocer los resultados del Centro de Mediación y Conciliación; y segundo, haciendo referencia al nuevo programa de mediación comunitaria del municipio de Aguascalientes.

Si bien, todavía la sociedad aguascalentense recurre más al juicio que a la mediación, se tiene como hipótesis que la proporción número de juicios-acuerdos de mediación poco a poco comienza a emparejarse en el estado de Aguascalientes. Asimismo, se busca demostrar que el éxito de la mediación en sede judicial en ese estado es un factor que ha influido para crear programas de mediación, pero ahora en sede no judicial.



Figura 1. Mediación Comunitaria. Imagen tomada del sitio Municipalidad de Godoy Cruz: <http://www.godoycruz.gov.ar/sitio2/>(Fecha de actualización: 27 de diciembre de 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para comprobar la hipótesis se utilizó información proporcionada por el Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, correspondiente al periodo del año judicial 2007 hasta el año judicial 2011. Asimismo, se elaboró una estadística en la que se hace una relación entre números de juicios por año judicial con los acuerdos logrados ante el Centro de Mediación y Conciliación. Con lo anterior se busca conocer la relación anual entre juicios y convenios de mediación, así como el crecimiento o disminución porcentual anual que tienen cada uno de ellos.

Por último, se hace referencia al nuevo programa de mediación comunitaria en Aguascalientes, en el que la propia Universidad Autónoma de Aguascalientes participa y contribuye para poder llevar a cabo.

RESULTADOS

En 2007, ante el Poder Judicial de Aguascalientes se iniciaron 32,455 juicios nuevos, de los que 22,312 fueron civiles y mercantiles, 7,708 familiares y 2,435 penales (Informe anual de labores 2007 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, 2008).

Por su parte, el Centro de Mediación y Conciliación, en 2007, atendió 225% más asuntos que en 2006 y se firmaron 780 convenios de mediación (Informe anual de labores 2007 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, 2008). De esos asuntos, fueron 169 mercantiles, 41 penales, 509 civiles y 61 familiares.

En 2008 hubo 35,666 juicios nuevos, de los que 25,212 fueron civiles y mercantiles, 7,950 familiares y 2,188 penales, así como 316 juicios de adolescentes (Informe anual de labores 2008 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, 2009). En ese año, el uso de los juzgados se incrementó 9.8% respecto al año anterior (3,211 juicios más).

En el Centro se firmaron 2,223 convenios en 2008, de los cuales 481 fueron mercantiles, 115 penales, 374 civiles y 1,253 familiares (Centro de Mediación y Conciliación del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, 2011). De tal manera, el aumento de asuntos mediados respecto a 2007 fue del 185%, con un total de 1,448 convenios más.

En 2009 hubo 38,344 juicios nuevos, de ellos 27,732 corresponden a juicios civiles y mercantiles, 7,894 a familiares y 2,296 a penales, así como 422 juicios de adolescentes (Informe anual de labores 2009 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, 2010). El empleo de los juzgados aumentó 7.5% en relación al año 2008, promoviéndose 2,678 juicios más que en ese año.

En el Centro se lograron 2,856 acuerdos (Informe anual de labores 2009 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, 2010), de los cuales, 902 fueron mercantiles, 140 penales, 456 civiles y 1,358 familiares. El aumento de convenios respecto a 2008 fue del 28% (628 más).

En 2010 hubo 39,812 juicios nuevos, de los que 28,999 fueron civiles y mercantiles, 8,405 familiares y 2,000 penales, así como 408 juicios de adolescentes (Informe anual de labores 2010 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, 2011). La sociedad utilizó los juzgados un 3.5% más que en 2009, promoviendo 1,468 juicios más.

En 2010 el Centro participó en la conclusión de 3,779 asuntos en los que se llegó a un convenio (Informe anual de labores 2010 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, 2011), los cuales se dividieron en 1,664 mercantiles, 155 penales, 564 civiles y 1,396 familiares. El incremento de asuntos en los que se llegó a un acuerdo respecto a 2009 fue del 32%, con 923 más.

En 2011 hubo 37,778 juicios nuevos, de los que 26,507 fueron civiles y mercantiles, 8,494 familiares y 2,450 penales, así como 327 del sistema de justicia de adolescentes (Informe anual de labores 2011 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, 2012). Por primera vez en los años analizados hubo un decremento en el número real de juicios, equivalente a un 5.1% inferior que el año anterior (2,034 juicios menos). En ese año, en el Centro se firmaron 3,497 convenios, de los cuales fueron 1,610 familiares, 985 civiles, 953 mercantiles y 156 penales (Informe anual de labores 2011 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes, 2012), y se presentó también una disminución de 282 acuerdos respecto al año anterior, equivalente a una contracción del 7.4%.

Los juicios aumentaron en número en los años correspondientes de 2007 a 2010, aunque lo hicieron en proporciones cada vez menores. En 2008, el aumento de juicios respecto al año anterior fue del 9.8% (3,211 más); en 2009, el incremento anual fue del 7.5% (2,678 más); en 2010, se incrementaron un 3.5% (1,468 más). Sin embargo, en 2011 sí hubo una disminución en el número real de juicios, ya que se presentaron 5.1% menos que en 2010 (2,034 menos).

Mientras que los convenios firmados ante el Centro han tenido un gran avance. De 2007 a 2008, aumentaron en 185% (1,448 más); en 2009, crecieron en un 28% (628 más); y en 2010, se incrementaron en un 32% (923 más). No obstante, como también sucedió con los juicios, en 2011 se presentó una disminución del 7.4% (282 menos) respecto a 2010.

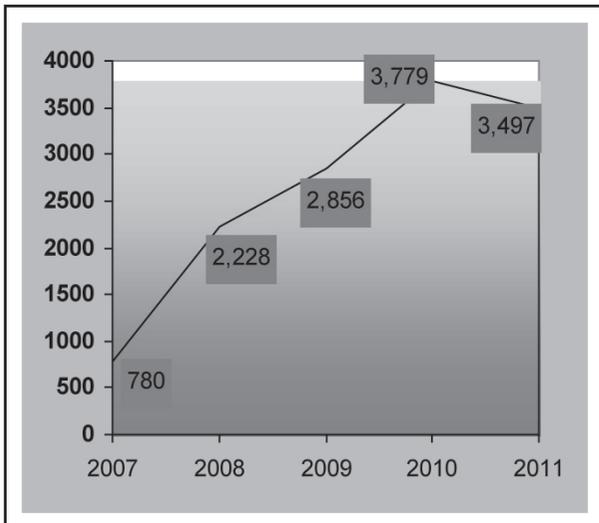


Figura 2. Número total de procedimientos de mediación concluidos por convenio de 2007 a 2011 en el Centro de Mediación y Conciliación del Poder Judicial de Aguascalientes.

Pero a pesar de ese decremento en 2011, el empleo de la mediación por parte de la sociedad aguascalentense ha mostrado un notable aumento en los últimos años, pasando de 780 acuerdos en 2007 a más de 3,400, tanto en 2010 como en 2011, datos que por sí mismos demuestran que este mecanismo cada vez es más conocido y aceptado por la ciudadanía. En la Figura 2 se puede observar cómo han aumentado los convenios celebrados ante el Centro durante los años analizados.

Asimismo, en los últimos años, la proporción entre el número de juicios y los convenios de mediación se ha ido estrechando cada vez más, como se puede apreciar en la Figura 3.

El aumento en el empleo de la mediación, porcentualmente hablando, ha sido notablemente mayor que el incremento en los juicios en Aguascalientes.

En los años analizados, la proporción juicios-acuerdos de mediación ha bajado notablemente, pasando de 41.6 juicios por cada acuerdo en 2007 a una proporción menor de 11 a 1 en 2010 y 2011. Por lo anterior, la hipótesis planteada sí se cumple, ya que en los últimos años, a pesar de que todavía es utilizado en mayor medida el juicio, la proporción se ha ido emparejando poco a

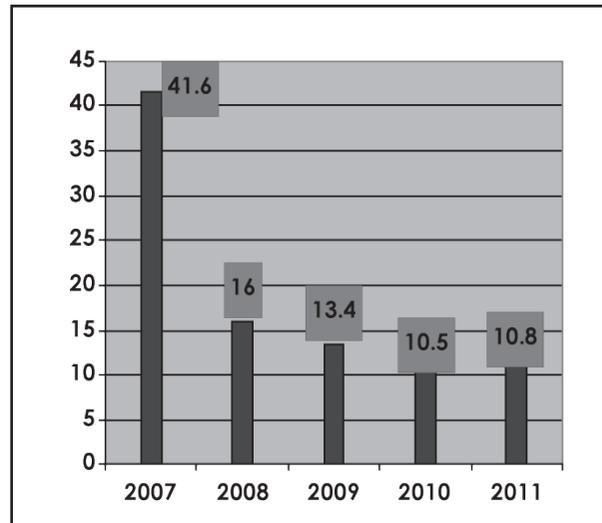


Figura 3. Cantidad de juicios por cada acuerdo de mediación en sede judicial en Aguascalientes en los años judiciales de 2007 a 2011.

poco. Pero además, el aumento del uso del Centro de Mediación y Conciliación de Aguascalientes por parte de la sociedad también ha sido un factor que ha influido en la creación de nuevos programas de mediación en sedes no judiciales, como es el caso de la mediación comunitaria.

El Centro de Mediación Comunitaria del Municipio de Aguascalientes es un proyecto que busca fomentar la participación ciudadana, así como promover la paz social entre los vecinos de una misma comunidad y ayudar a prevenir el delito. El Centro se instalará en una colonia de la ciudad de Aguascalientes en donde se susciten conflictos vecinales con mucha frecuencia.

Participan en el proyecto el Gobierno del Municipio de Aguascalientes y la Universidad Autónoma de Aguascalientes. El primero apoya con la infraestructura necesaria para que el Centro pueda operar y la segunda aporta prestadores de servicio social de licenciatura que ayudan a que funcione el Centro, además de que participa en la capacitación de los mediadores comunitarios, que serán vecinos de la propia colonia.

Los mediadores comunitarios serán vecinos elegidos a través de una previa convocatoria y los seleccionados deberán tener el perfil adecuado para desempeñar esa función. Además de que como dice Boque (2003):

La figura del mediador se asocia con aquella persona razonable, amante de la paz y la justicia, diligente y empática, poseedora de un sentido común relacional que le faculta para participar en conflictos ajenos sobre los que ejerce un influjo reestructurante.

Se pretende que los elegidos sean personas voluntarias, dispuestas a invertir parte de su tiempo en capacitarse y trabajar en beneficio de su comunidad. Así también, que no sean personas conflictivas; sino por el contrario, que sean honorables y respetadas por su comunidad. Posteriormente, serán capacitados a través de un curso de capacitación dado por especialistas en mediación, en el que la universidad brindará su apoyo, al proporcionar el personal académico para tales efectos.

Con ese nuevo programa de mediación comunitaria también se pretende a mediano plazo crear varios centros de mediación a lo largo del municipio, especialmente en colonias en donde se susciten conflictos cotidianamente.

DISCUSIÓN

Debe quedar claro que la mediación no busca eliminar el uso de los juzgados, sino sólo ofrecer a los ciudadanos una alternativa más de acceso a la administración e impartición de justicia. Como señala Azar (2004), "abandonemos el discurso de moda sobre los resultados mágicos que los mecanismos alternativos aparentemente tendrán sobre la saturación de los tribunales; dejemos de presentarlo como la panacea o como la competencia a los juicios tradicionales; no lo son".

La mediación es otra alternativa, una opción diferente a los juicios, pero sólo eso. Las autoridades tienen la obligación de ofrecer varias formas de solucionar sus conflictos a los ciudadanos, pero éstos son quienes finalmente eligen cuál de éstas es la que más les conviene. Así como habrá personas que prefieren intentar una mediación para solucionar su conflicto, también habrá quienes prefieren ir directamente a un juicio. Pero lo importante es que la sociedad cuente con opciones, como debe suceder dentro de un país democrático.

La mediación ha logrado permear más allá del contexto judicial. La extensión de este

mecanismo a sedes no judiciales como el escolar y en especial el comunitario es muestra de que es factible e incluso necesario crear nuevas estrategias para que la propia sociedad sea partícipe en la solución de sus conflictos, en aras de lograr la paz ciudadana y mejorar el tejido social.

Respecto a la mediación comunitaria y como señala Gutiérrez (2011), "hoy en día esta corriente cultural ha estado penetrando en Latinoamérica y en nuestro país se ha venido desarrollando en algunas entidades y municipios, quienes ya cuentan con sedes oficiales para dar la atención a los conflictos vecinales". El Municipio de Aguascalientes es uno de ellos.

CONCLUSIONES

La mediación en sede judicial se ha desarrollado a nivel estatal en México, por lo que los programas locales de mediación así como sus respectivos resultados son muy variables. Aunque en muchas entidades federativas ha desempeñado un papel exitoso, no en todas ha sido así. En el caso de Aguascalientes, sus resultados han sido satisfactorios y se ha marcado una tendencia a la alza en su uso por parte de la ciudadanía entre un año y otro (salvo en uno de los años analizados).

De acuerdo a las estadísticas analizadas, la hipótesis se cumple, ya que en Aguascalientes la proporción número de juicios-acuerdos de mediación disminuye conforme avanzan los años, derivado de que porcentualmente hablando, éstos últimos aumentan en mayor medida que los juicios. Mientras que en 2007 había 41.6 juicios por cada acuerdo de mediación, la proporción para 2011 era de 10.8 por cada acuerdo.

Todavía la sociedad aguascalentense acostumbra más acudir al juicio que a la mediación en sede judicial para resolver sus conflictos, pero es notable el aumento que está teniendo esta última en cuanto a su empleo por parte de la ciudadanía, la cual poco a poco se familiariza más con este medio de justicia alternativa, al que no hay que considerar como un sustituto o como la competencia de los tribunales, sólo como una alternativa diferente a elegir por parte de la ciudadanía, la cual cuenta con una posibilidad más de acceso a la administración e impartición de justicia.

El éxito de la mediación en sede judicial influye en el crear nuevas estrategias que fomenten la participación ciudadana, tales como la mediación comunitaria y la escolar.

En el caso de Aguascalientes, los resultados del Centro de Mediación y Conciliación justifican el crear programas que alienten el uso de la mediación, tales como el proyecto del Centro de

Mediación Comunitaria del Municipio de Aguascalientes, en el que participan conjuntamente tanto el gobierno municipal como la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Pero además, en el mediano plazo se prevé crear más centros de ese tipo en dicho municipio, a efecto de que cada vez un mayor número de colonias cuenten con una institución ciudadana que los ayude a resolver sus conflictos vecinales.

LITERATURA CITADA

- AZAR MANSUR, C., *Mediación y conciliación en México: dos vías alternativas de solución de conflictos a considerar*. México: Porrúa, 96 pp., 2003.
- BOQUE TORREMORELL, M. C., *Cultura de mediación y cambio social*. España: Gedisa, 137 pp., 2003.
- FALCÓN, E. M., *Mediación Obligatoria*. Argentina: Abeledo Perrot, 213 p., 1997.
- GUTIÉRREZ ALCALÁ, L. E., *Beneficio social a través de la mediación. Medios Alternativos de Conflictos. "Mediación Comunitaria"*, México: San Roque, 87 pp., 2011.
- HOYO SIERRA, I. (Coord.), *Introducción a la Psicología del Derecho*. España: Dykinson, 276 pp., 2004.
- MÁRQUEZ ALGARA, M. G., *Mediación y Administración de Justicia*. México: Universidad Autónoma de Aguascalientes, 361 pp., 2004.
- MORÁN NAVARRO, S. A., CERVANTES BRAVO, I. G., PEÑA GARCÍA, J. S. (Coord.), *Justicia Alternativa en México. Mediación, conciliación y arbitraje. Un estudio referido al sistema jurídico mexicano*. México: Universidad Autónoma de Nayarit, 256 pp., 2009.
- NATÓ, A. M., RODRÍGUEZ, M. G., CARBAJAL, L. M., *Mediación Comunitaria. Conflictos en el escenario social urbano*. México: Universidad de Sonora, 224 pp., 2005.
- SUARES, M., *Mediación: Conducción de disputas, comunicación y técnicas*. 4a. reimp., Argentina: Paidós, 320 pp., 2004.
- www.poderjudicialags.gob.mx/servicios/mediacion/boletin%20mediacion.pdf>, mar. 2011.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. De: <<http://ordenjuridico.gob.mx/>>, nov. 2012.
- GORJÓN GÓMEZ, J., *Mediación escolar*. En *Innovación. Reflexiones sobre la educación superior*. Monterrey, Ed. UANL, págs: 61-68, 2003. De: <<http://books.google.com.mx/books?id=LcUReEEkorMC&pg=PA62&dq=mediaci%C3%B3n+multidisciplinario&hl=es#v=onepage&q&f=false>>, oct. 2012.
- Informe anual de labores 2007 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes. De: <<http://www.poderjudicialags.gob.mx/informacion/labores/INFORME%202007.pdf>>, nov. 2012.
- Informe anual de labores 2008 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes. De: <<http://www.poderjudicialags.gob.mx/informacion/labores/INFORME%202008.pdf>>, nov. 2012.
- Informe anual de labores 2009 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes. De: <<http://www.poderjudicialags.gob.mx/informacion/labores/INFORME%202009.pdf>>, nov. 2012.
- Informe anual de labores 2010 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes. De: <<http://www.poderjudicialags.gob.mx/informacion/labores/INFORME%202010.pdf>>, nov. 2012.
- Informe anual de labores 2011 del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes (2012). De: <<http://www.poderjudicialags.gob.mx/informacion/labores/INFORME%202011.pdf>>, nov. 2012.
- Ley de Justicia Alternativa del Estado de Quintana Roo de 1997. De: <http://www.congresoqroo.gob.mx/historial/08_legislatura/decretos/2anio/2PE/dec080/E0819970814080.pdf>, nov. 2012.

Dictiotopografía

- Centro de Mediación y Conciliación del Poder Judicial del Estado de Aguascalientes. De: <<http://>>

Estudio de caso: análisis narrativo con base en el relato autobiográfico de un paciente con distrofia muscular

Case study: Narrative analysis about the autobiographical story of a muscular dystrophy patient

Gladis Fernanda Castillo Pedroza¹

Castillo Pedroza, G. F., Estudio de caso: Análisis narrativo con base en el relato autobiográfico de un paciente con distrofia muscular. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 58, 55-60, 2013.

RESUMEN

El estudio de caso presentado en este artículo muestra el análisis narrativo del relato autobiográfico de un paciente diagnosticado con Distrofia Muscular de Duchenne (DMD) inscrito en el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Aguascalientes (CRIT). El objetivo del estudio es el análisis del relato autobiográfico del paciente, mediante la identificación de los elementos de su ambiente inmediato que influyen en la conformación de su identidad. El diseño de investigación es cualitativo de carácter clínico, prospectivo, con un análisis narrativo de 38 entrevistas a profundidad. El discurso del sujeto muestra dificultad generalizada para establecer una idea estructurada de su identidad, victimización, poca diferenciación de la familia, dificultad en la identificación y expresión emocional, ambivalencia, pobre aceptación de la discapacidad, visión negativa del mundo y necesidad de socialización. El estudio resulta funcional para trazar herramientas de manejo terapéutico, tales como resignificación y trascendencia.

Palabras clave: Relato autobiográfico, distrofia muscular de Duchenne, análisis narrativo, identidad, trascendencia, resignificación de vida.

Keywords: Autobiographical story, Duchenne's muscular dystrophy, narrative analysis, identity, transcendence, new meaning of life.

Recibido: 1 de Noviembre de 2012, aceptado: 10 de Abril de 2013

¹ Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, gladisfernanda@yahoo.com.mx

ABSTRACT

The case study showed in this article, presents the narrative analysis about the autobiographical story of a patient diagnosed with Duchenne's Muscular Dystrophy who attends the Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Aguascalientes. The objective was to analyze his story identifying elements about his immediate environment that affect his identity construction. The investigation design was qualitative, clinical, and prospective, with narrative analysis of 38 depth interviews. The patient's speech indicates widespread difficulty to elaborate a structured idea about his identity, presents victimization, little differentiation of the family, difficulty to identify and express emotions, ambivalence, poor disability acceptance, world's negative vision, and need for socialization. The study is useful to trace therapeutic management, such as: new meaning of life and transcendence.

INTRODUCCIÓN

Una de las discapacidades más frecuentes que atiende la clínica de padecimientos congénitos y genéticos del CRIT, es la DMD. Dada esta situación, es de sumo interés comprender las necesidades sociales y afectivas de estos pacientes. Con la finalidad de promover un mejor manejo de esta necesidad, se realizó un estudio de caso, mediante el análisis del relato autobiográfico de un paciente diagnosticado con DMD. Como objetivo general se propuso llevar a cabo un análisis narrativo del relato del paciente e identificar los elementos de su medio ambiente que influyen en la conformación de su identidad.

A fin de contextualizar la condición de discapacidad del sujeto en estudio, es necesario entender qué es una distrofia muscular y la narración de las experiencias, así como aspectos de la estructura y funcionamiento familiar.

Las distrofias musculares son enfermedades degenerativas primarias del músculo esquelético que tienen una base genética, su transmisión está ligada al cromosoma X, afectando mayormente al género masculino. La DMD es una enfermedad que causa debilidad progresiva del músculo y se asocia con ausencia de una proteína muscular llamada distrofina (Micheli *et al.*, 2002). Los pacientes que padecen DMD carecen casi por completo de esta proteína, la cual es importante para mantener la estructura de las células musculares (Sharp y Dohme, 2009). Su evolución es progresiva y no tiene curación. La fisioterapia y el ejercicio son útiles para prevenir la contractura muscular permanente alrededor de las articulaciones (Caneiro *et al.*, 2010).

Sharp y Dohme (2009) describen los síntomas de Distrofia Muscular: retraso en el desarrollo psicomotor con caídas frecuentes, dificultad para caminar, correr, saltar y subir escaleras. Hacia los dos o tres años de edad el caminado vertical se torna vacilante y hay dificultad para levantarse del suelo. Posteriormente se presentan debilidad en los músculos de los hombros y contracturas articulares en músculos de brazos y piernas; después de ello se desarrolla la escoliosis (curvatura anormal en la columna vertebral). A la edad de 12 años, la mayoría de los niños comienzan a usar una silla de ruedas para su traslado y presenta debilidad progresiva de los músculos respiratorios.

La vida de una persona que padece DMD no es sencilla y encontrará innumerables experiencias que necesitará afrontar y desafiar. Sólo la persona que experimenta la distrofia es quien puede dar un punto de vista sobre cómo es vivir con esta enfermedad, al relatar cada parte de su historia a través de un discurso particular.

De Villers (1999) considera que:

Cuando la palabra se dirige al otro, ésta provee una función de autoformación en la persona, entendiendo la palabra "autos" en el sentido de uno consigo mismo, que genera un cambio en el sujeto a la par en que habla, este autos de la formación es la

experiencia de una transformación de la estructura.

A esta idea le podríamos llamar una resignificación de la vida, la cual también puede ser vista como Duero y Limón (2007) refieren: "una reelaboración". Ambos autores afirman que "es entonces cuando el propio paciente habrá de concluir y, a partir de ahí, abrir nuevas posibilidades para su existencia como agente inserto en su nuevo relato y en su modo novedoso de reinterpretar sus experiencias y sus acciones".

Para Giampiero (2005), dentro del proceso de identidad del individuo se desarrolla lo que él llama un "presente dinámico"; es decir, entre el espacio de la experiencia y la expectativa, su pasado y su futuro, la persona recompone la narración de su experiencia vivida y se construye como personaje a través de sus acciones y emociones.

Según Gonçalves (2002), la narrativa constituye el proceso mediante el cual los individuos construyen significados de su experiencia, implicando la construcción del conocimiento al imponer un significado a la experiencia diaria. Para él, el discurso narrativo une el comprender y el vivir, el pasado y el futuro en el proceso de la existencia, y expresa que para construir un significado de sus experiencias las personas necesitan establecer un proceso de conexión y coherencia, tanto en el interior de cada episodio narrativo como a través de las diferentes narrativas de la vida, definiendo como una necesidad psicológica el dar orden, sentido y coherencia a la experiencia.

Brieux (2000) habla de cómo la enfermedad, entendida como una situación que el individuo integra y vive, influye en la conformación de su existencia, del sí mismo y por lo tanto de su identidad. Las personas que generalmente se encuentran involucradas en esta experiencia son los familiares de la persona que padece la enfermedad.

Minuchin y Fishman (2005) describen a la familia como:

Un grupo natural que en el curso del tiempo ha elaborado pautas de interacción, éstas constituyen la estructura familiar, que a su vez rige el funcionamiento de los miembros de la familia, donde ésta necesita una es-

estructura viable para desempeñar sus tareas esenciales apoyando la individuación al tiempo que proporciona un sentimiento de pertenencia.

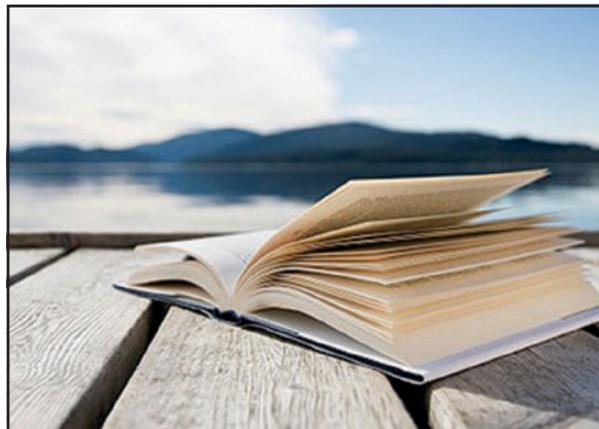
Para el ser humano, la independencia casi siempre significa emanciparse de la madre. El paciente con Distrofia Muscular u otra enfermedad neuromuscular progresiva tiene la misma necesidad de despegarse de su madre, pero es más dependiente de ella físicamente (McGriff, 2000).

La familia puede estudiarse a través de sus holones o subsistemas: holón conyugal (ambos padres), holón fraterno (hermanos), así como otras posibles organizaciones entre generaciones. Por su parte, Minuchin (1995) menciona que: "Los límites entre los holones describen formas de interacción que nos trazan si la familia se comporta dentro de sus roles". El rol de cada individuo influye en la posición y las funciones entre los miembros de la familia, ayudando a organizar la estructura familiar. Las pautas son patrones de conducta que suelen repetirse de generación en generación entre los familiares, convirtiéndose en formas de reacción y respuesta ante hechos cotidianos dentro del sistema familiar. "Los límites definen y separan a los miembros individuales y estimulan su diferenciación y funcionamiento autónomo" (Rolland, 2000).

Según Bowen (1998), una de las tareas principales del crecimiento es la diferenciación del sí mismo dentro del sistema familiar, a través de la cual el individuo logra una madurez emocional completa bajo las siguientes características: una persona "diferenciada" sigue sus principios y logra sus objetivos, muestra cualidades orientadas "al sí mismo", con seguridad en sus opiniones y convicciones, escucha y aprecia puntos de vista de los demás, deja viejas creencias para dar cabida a las nuevas, respeta al sí-mismo y la identidad de los demás sin criticar, no intenta cambiar el modo en que viven los otros, asume total responsabilidad de sí mismo y de sus acciones frente a la familia y la sociedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con un paciente inscrito en el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) Aguascalientes, masculino de 26 años de edad, con diagnóstico de DMD. La captura y recolección de datos se hizo a través de entrevistas a



Fuente: <http://www.exitosuperacionpersonal.com/wp-content/uploads/2012/02/releer-libros.jpg>

profundidad con el paciente y la madre (en momentos distintos), así como de la revisión de documentos de su expediente clínico. Se realizaron 38 entrevistas a profundidad, audio-grabadas y transcritas. El diseño de investigación fue cualitativo de carácter clínico, prospectivo y transversal. Las categorías se obtienen con base en aquellos elementos del relato que contribuyen a la formación de la identidad del paciente. Los pasos que se siguieron fueron: 1) transcripción de las entrevistas, 2) lectura del material, 3) acercamiento exploratorio (no-estructurado), 4) segmentación en categorías temático-narradas, 5) identificación de las categorías, 6) análisis del relato.

El análisis narrativo del relato autobiográfico se realizó abordando los siguientes aspectos según Gonçalves (2002): la construcción del significado de las vivencias a través del conocimiento de las experiencias, bajo un proceso de conexión y coherencia en las narraciones que atienden la necesidad psicológica de brindar orden, sentido y coherencia a las experiencias vividas; y según Payne (2000): la definición de los recuerdos y percepciones de la vida actual a través del "relato del yo" o la narrativa en primera persona, así como del papel realizado por el sujeto en sus relaciones sociales, en grupos e instituciones.

RESULTADOS

El análisis encontró una dificultad generalizada por parte del paciente para establecer una idea estructurada de sí mismo, la cual está marcada por las siguientes categorías: victimización, poca diferenciación de la familia, dificultad en la identificación y expresión emocional, ambivalencia,

pobre aceptación de la discapacidad, visión negativa del mundo y necesidad de socialización.

Victimización

En la dinámica familiar, el rol de cada integrante (especialmente el de la figura materna) influyó en la visión que el paciente tiene de sí mismo, quien se percibe como una víctima en diferentes situaciones y eventos, negando su responsabilidad en los conflictos acontecidos en situaciones escolares, familiares y con prestadores de servicio de salud. Al respecto, el paciente menciona: "Recuerdo en una ocasión en que me quemaron el pantalón y de repente sentí por detrás, llegué a sentir caliente y me di cuenta que alguien me estaba quemando el pantalón, yo me enojé y me aguanté, hasta que llegué a la casa y le dije a mi mamá, entonces mi papá como era el que me llevaba a la escuela, él platicó con el director y ya hablaron con mis compañeros y el director le dijo a mi papá que yo también tenía la culpa, que porque yo me llevaba con ellos, sí me llevaba con ellos, pero si yo les decía cosas era porque me molestaban, me defendía y pues ya después me di cuenta de que quien quemó el pantalón fue uno que era mi amigo".

Poca diferenciación familiar

Muestra preocupación por no cumplir con los objetivos y metas planteados por su madre para él. El paciente reporta sentirse cansado por dentro, además de estar preocupado porque los demás se sientan mal si él se rinde en algún momento y deja de asistir a la escuela. La madre del entrevistado busca ser partícipe de sus relaciones sociales con el fin de solucionarle problemas con sus amistades y con su hermano, cuando se esperaba que él mismo buscara solucionarlos. La relación entre la madre, el entrevistado y su hermano, se traza en los siguientes elementos: 1) el entrevistado como el hijo modelo que defiende a la madre sobre cualquier cosa (se incluyen los ataques del hermano menor), 2) hermano menor como el hijo problemático e insatisfecho ante la madre, 3) la madre sobreoperativa que trata de cumplir con las fuertes exigencias de su papel y busca la alianza constante con el entrevistado.

Dificultad en la identificación y expresión emocional

El paciente define su rol en la vida (interacción social y diferenciación familiar) a partir de la relación con su madre, donde su incapacidad para identificar y demostrar abiertamente emociones,

tanto de enojo como de tristeza, se ve influenciada por el tipo de relación que tiene con ella y con su hermano menor; y con el modelo paterno, que contiene poca expresión emocional. Lo anterior le impide al paciente reconocer su propia percepción de la vida, ello genera condescendencia hacia agresiones e injusticias cometidas hacia él, sentimientos de soledad, malinterpretación en las intenciones de los demás, incapacidad de admitir enojo o molestia hacia la madre (siente culpa al expresarlo) y demás mujeres: "A la fecha en ocasiones, no tan seguido, llego a sentir impotencia y desesperación. Sobre todo cuando algo sale mal y no como yo esperaba. Respecto al acomodo de mi cuerpo, como cuando mi mamá me acomoda, si ella se siente desesperada al acomodarme yo también me desespero, expreso esa desesperación gritando groserías, sólo como desahogo, no dirigidas a mi mamá".

Ambivalencia

La indefinición de los afectos lo lleva a una inseguridad y ambivalencia constante al expresar lo que piensa y siente en su discurso, tanto en lo cotidiano como en temas de vital importancia para él mismo como la religión y la aceptación: "Aún me molestaban pero menos... y en quinto me tocó con otra maestra, no era muy buena pero tampoco era mala, pero como que no...".

Pobre aceptación de la discapacidad

Presenta dificultad en el proceso de aceptación a la discapacidad ante la pérdida de funciones, mostrando arranques de furia en su niñez, en la convivencia con personas con discapacidad, en la necesidad de aceptar la utilización de auxiliares para respirar y comer. Expresa su enojo abiertamente hacia un compañero, quien le refleja diferentes expectativas no alcanzadas en su vida y que están asociadas a su discapacidad. En el pronóstico de su discapacidad busca su trascendencia ante la posibilidad de ayudar a los demás, sensibilizando a través de su relato autobiográfico: "Espero que los demás chicos en mi condición sepan mis experiencias de vida, les genere algún cambio en su vida, el saber que podría ayudar a las demás personas a través del relato de mi historia de vida me hace sentir útil".

Visión negativa del mundo

El paciente presenta la necesidad de huida, a través de una tendencia regresiva, desea volver a su niñez como búsqueda de evasión a problemáticas médicas y familiares: "Yo creo que cuan-

do tienes más años, piensas más cosas, cuando eres más grande, a lo mejor conociendo más cosas y piensas más las cosas, cuando eres más chico... yo quisiera tener esa edad en la que no me preocupaba nada cuando era niño, no como ahora (...), uno se va dando cuenta, de que la vida no es muy grata".

Necesidad de socialización

Resalta la importancia de la convivencia con amigos y familia: "A mí la Navidad me significa estar con la familia y compartir, no identifico algo que me desagrade de ésta, lo que más me gusta es el convivio con mi familia...". En su proceso de integración social, el interés de escolarización es marcado por la necesidad de convivencia social más que por una meta académica.

DISCUSIÓN

Bajo la visión del enfoque narrativo de Duero y Limón (2007), el sujeto muestra en su relato una identidad aún no conformada, sus acciones se rigen por intenciones y propósitos establecidos por el subsistema materno, no por sí mismo.

Al no poder lograr una vida independiente y separarse de su familia de origen, el sujeto no puede cumplir con la tarea fundamental de ser un adulto joven (Rolland, 2000). No obstante, vive un objetivo básico del periodo de la edad adulta tardía, buscando su integridad a la vida, con base en lo que ha vivido y en puertas de despedirse de ella.

Bowen (1998) menciona que dentro del sistema familiar la diferenciación del sí mismo en las personas es una de las tareas principales de crecimiento. Al respecto el paciente se encuentra frente a la imposibilidad de cumplir dicha tarea, debido a tres situaciones especiales: 1. El rol que se le impuso, donde él es el hijo modelo frente a su hermano menor y al padre. 2. La dificultad de asumir un criterio propio no ambivalente, debido a la dependencia hacia la madre, ya que repite el discurso que ella establece, en lugar de seguir su propio curso de pensamiento. Esto debe a la fuerte relación de cuidado y afecto con ella, e influye incluso en temas como la poca aceptación de la discapacidad. 3. La situación de discapacidad que le impide, además de la realización independiente de las actividades diarias, la ejecución de sueños y proyectos personales.

En un análisis estructural de un sistema familiar, según aspectos descritos por Minuchin y Fishman (2005), en esta familia se encontraron las siguientes características: roles de proximidad y pautas que estructuran y sustentan el sistema familiar del sujeto en estudio, donde cada integrante participa en su holón específico bajo respuestas específicas para su contexto. Dentro del holón fraterno, el paciente es la parte complementaria de su hermano: siendo entonces las relaciones fraternas una fuerte influencia en la formación de la identidad, aunque aquéllas sean delineadas también por el discurso de los padres.

Partiendo de que los límites o la poca diferenciación entre los holones describen formas de interacción que nos trazan si la familia se comporta dentro de sus roles (Minuchin, 1995), para esta familia los límites son poco claros, pues no existen las fronteras necesarias entre los subsistemas de la familia, de tal manera que la madre se presenta inmiscuida en asuntos y conflictos correspondientes al holón fraterno y en las relaciones sociales del hijo mayor; además de que el hijo mayor se entromete en el holón parental, defendiendo a su madre de su hermano, creándose así coaliciones claras entre la madre y el hijo mayor. Lo anterior desencadena en el sujeto una dificultad generalizada para establecer un estar en el mundo más funcional para sus necesidades específicas.

En el discurso del paciente se identifican situaciones atípicas conflictivas y de cambio, donde sus eventos implican una "pérdida" y "puesta a prueba", como "acontecimientos" generadores de un cambio en su vida bajo una vivencia extraña, atípica o anormal (Duero y Limón, 2007). Estas situaciones fueron: la pérdida de habilidades motoras, dejar de caminar y de escribir, necesitar auxiliares para alimentarse y respirar, las cuales le implicaron al sujeto la ausencia de una condición positiva, como lo es su independencia física, convirtiéndole en un sujeto que desea la restitución de sus habilidades perdidas y por tanto, funge como el motor de la trama y acción en su discurso.

CONCLUSIONES

Al relatar la historia de su vida, el protagonista adquirió un sentido de trascendencia, coherencia y significado, al promover así la integración de su vida. Se vio favorecido en la medida en que

sintió que la historia de su vida podía convertirse en un legado para generaciones de pacientes y padres, como una manera de trascender a través del tiempo. Con ello su flexibilidad narrativa se benefició, promovió una identidad más abierta, aunque no plenamente conformada a consecuencia de la dinámica familiar asociada a su discapacidad. Es de vital importancia que en el desarrollo de una enfermedad degenerativa se brinden alternativas para la independencia personal, tanto en la formación de la identidad como en la toma de decisiones cognitivas y emocionales por parte de las familias e

instituciones. Debido a todo lo anterior, el relato autobiográfico y su análisis narrativo permiten el reconocimiento y el manejo de experiencias con el objetivo de brindar nuevos y diferentes significados a los que el paciente ha vivido. Gracias a ello, estas herramientas se convierten en una vía de expresión emocional para los pacientes con DMD y otras enfermedades relacionadas, puesto que ensanchan su sentido de trascendencia bajo su condición y pronóstico médico. En este sentido, el relato autobiográfico puede resultar un importante apoyo terapéutico.

LITERATURA CITADA

- BOWEN, M., *De la familia al Individuo. La diferenciación del sí mismo en el sistema familiar*. Argentina: Paidós, pp.9-10, 41 y 102-107, 1998.
- BRIEUX, O. C., *Identidad: Misterio y tarea de ser uno mismo*. Argentina: Lumière, pp.166-169, 2000.
- GIAMPIERO, A., *Estudios y diálogos sobre identidad personal: Reflexiones sobre la experiencia humana*. Argentina: Amorrortu, pp. 40-41, 44-45 y 63, 2003.
- GONÇALVES, O. F., *Psicoterapia cognitiva narrativa: Manual de Terapia Breve*. España: Desclée de Brouwer, pp. 18-20, 27, 35-36 y 46-48, 2002.
- MICHELI, F., NOGUÉS, M., ASCONAPÉ, J., PARDAL, F., BILLER, J., *Tratado de Neurología Clínica*. Argentina: Panamericana, pp. 1233-1237, 2002.
- MINUCHIN, S., *Familias y terapia familiar*. Barcelona, España: Gedisa, pp. 23-33, 87 y 153-156, 1995.
- MINUCHIN, S., FISHMAN, H., *Técnicas de terapia familiar*. España: Paidós, pp. 153-157, 2005.
- PAYNE, M., *Terapia Narrativa: Una introducción para profesionales*. España: Paidós, pp. 32-36, 2000.
- ROLLAND, J. S., *Familias, enfermedad y discapacidad: Una propuesta desde la terapia sistémica*. España: Gedisa, pp. 101,142, 219-220, 242, 2000.
- SHARP M., DOHME, *Manual Merck*. España: Océano, pp. 754-756, 2012.

Dictiotipografía

- CANEIRO, G., ESPINO, O., GODOY, P., Rehabilitación del paciente agudo con Enfermedad de Duchenne. Presentación de un Caso. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*, 2(1). De: http://bvs.sld.cu/revistas/mfr/vol_2_1_10/mrf08210.htm, 23 nov. 2011.
- DE VILLERS, G., La historia de vida como método clínico, *Proposiciones 29 marzo**. *Artículo originalmente publicado: J. M. Baudouin y Ch. Josso, (Eds.), "Penser la formation. Contributionsépistémologiques de l'Education des Adultes", *Cahiers de Pratiques et Théorie*, Cahier N° 72 (Octubre de 1993), pp. 135-156, Facultad de Psicología y de Ciencias de la Educación, Universidad de Ginebra, Suiza. Trad. Mónica Labarca Sanseloni. De: www.sitiosur.cl/publicaciones/Revista.../PROP-29/23VILLER.DOC, 15 jun. 2011.
- DUERO, D., LIMÓN, A., Relato autobiográfico e identidad personal: Un modelo de análisis narrativo. *Revista de Antropología Iberoamericana*, 2(2): 232-275. De: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=62320205>, 22 jun. 2011.
- MCGRIF, S., Aprendiendo a Vivir con una Enfermedad Neuromuscular. Un Mensaje para los Padres. De: <http://mdausa.org/espanol/index.html>, 07 ago. 2011.

La adherencia en el concreto reforzado: breve revisión histórica de la investigación del fenómeno

Steel-concrete bonding phenomenon:
a brief review of the phenomenon's research

Norberto Domínguez Ramírez¹

Revisión Científica

Domínguez Ramírez, N., La adherencia en el concreto reforzado: breve revisión histórica de la investigación del fenómeno. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 58, 61-72, 2013.

RESUMEN

La interacción acero-concreto (o "adherencia") es un fenómeno de vital importancia para las estructuras de concreto reforzado, al ser clave en la transferencia de esfuerzos entre las varillas de acero y el concreto circundante. La comprensión de dicho fenómeno ha sido objeto de arduas investigaciones llevadas a cabo desde los albores de la construcción y un sinnúmero de éstas se han realizado para incluir su influencia en el análisis, diseño y reglamentación de estructuras de concreto reforzado. En este trabajo se hace una revisión cronológica de dichas investigaciones, iniciando con la invención del concreto en la época romana, pasando por la incorporación del acero de refuerzo en su composición en el Siglo XIX, y continuando con los principales trabajos de investigación experimental y numéricos desarrollados en el Siglo XX.

Palabras clave: adherencia acero-concreto, concreto reforzado, análisis histórico, experimentación, modelación numérica, reglamentación.

Keywords: steel-concrete bonding, reinforced concrete, historic analysis, experiments, numerical modeling, design rules.

Recibido: 1 de Noviembre de 2012, aceptado: 10 de Abril de 2013

¹ Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, norberto_dominguez_mx@yahoo.com.mx

ABSTRACT

Steel-concrete bonding is an essential phenomenon for Reinforced Concrete structures (RC), because it allows the transfer of efforts between steel bars and concrete, guarantying a homogeneous behavior of the mixed material. The comprehension of this phenomenon has been a long task of research since the beginning of the Reinforced Concrete construction, and a great number of scientific works has been made in order to include its influence in the RC analysis and designing rules. The aim of this work is to review the research's evolution of bonding, starting with the concrete's invention by Roman civilization, passing by the European builder's rediscovery in the XIXth century, which incorporated the steel reinforcement into the concrete, and continuing with the main research works on bonding (experimental and numerical) developed during the XXth century.

INTRODUCCIÓN

Como material estructural y de construcción, el concreto reforzado constituye una de las mayores aportaciones tecnológicas de finales del Siglo XIX que ha permitido un importante desarrollo de la infraestructura desde entonces hasta nuestros días, permeado a todos los niveles sociales y económicos y rebasado las fronteras internacionales. Esta expansión proviene de la capacidad del concreto en adaptarse a las formas geométricas más diversas durante su etapa de fraguado, para después solidificarse y con ello favorecer la construcción de estructuras más esbeltas y resistentes -si se compara con la tradicional mampos-

tería-, y más económicas y sencillas de fabricar -si se compara con el acero estructural.

En el caso particular del concreto reforzado, el comportamiento global del conjunto es el resultado de la combinación de varios componentes materiales que interactúan a diferentes escalas, generando localmente fenómenos de disipación (como el agrietamiento del concreto o la plastificación del acero de refuerzo), asociados a la compatibilidad de deformaciones y a la transferencia de esfuerzos. Esto da origen a un fenómeno conocido como interacción acero-concreto o adherencia, el cual no es perfecto y al degradarse puede afectar el agrietamiento, disminuir la durabilidad, y modificar la respuesta dinámica del sistema estructural en su conjunto. Este trabajo tiene como objetivo presentar de manera breve una relación de diversos trabajos de investigación realizados en torno al fenómeno de adherencia y cómo dicha fenomenología ha sido considerada en el análisis y diseño de las estructuras de concreto reforzado.

¿Qué es la adherencia?

En la actualidad, el término adherencia se refiere al fenómeno de interacción física que se produce entre la masa de concreto y las barras cilíndricas de acero que se ahogan dentro de ésta, y que se localiza en la interfaz de estos dos materiales, permitiendo la transferencia y continuidad de esfuerzos y fuerzas entre los dos cuerpos en contacto, asegurando con ello un trabajo en conjunto. Según Domínguez (2005) el fenómeno presenta tres fases bien identificadas: (a) etapa de pseudo-adherencia perfecta, asociada a la adherencia química; (b) etapa de deslizamientos de transición, provocados por el microagrietamiento inducido por el bloqueo mecánico creado por la presencia de las nervaduras de la varilla de acero incrustadas en el concreto circundante; y (c) fase de grandes deslizamientos asociados a un mecanismo de fricción entre dos posibles superficies rugosas (acero-concreto o concreto-concreto) (Figuras 1, 2 y 3).

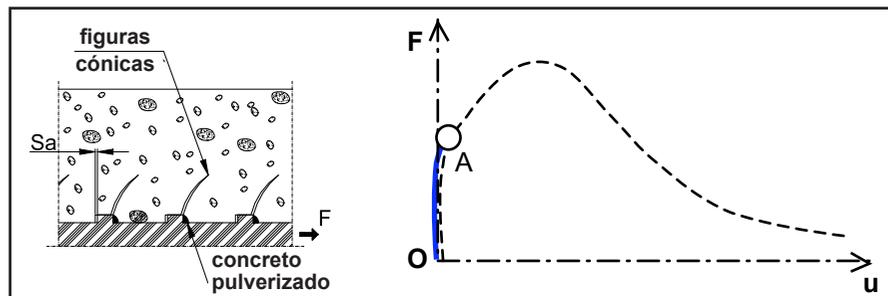


Figura 1. Agrietamiento del concreto y aparición de primeras microfisuras radiales, con pequeños deslizamientos entre superficies: límite de adherencia perfecta.

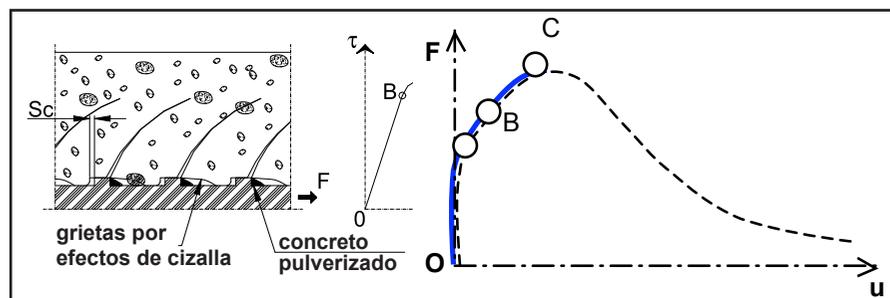


Figura 2. Aparición de grietas de cortante y propagación de fisuras radiales; transición de pequeños deslizamientos a grandes deslizamientos; degradación de la interacción mecánica por bloqueo entre concreto y nervaduras de acero (en caso de existir).

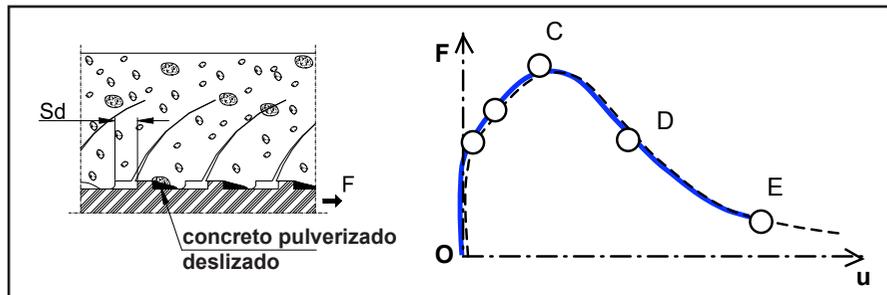


Figura 3. Coalescencia de grietas de cortante y redireccionamiento hacia una macrogrieta, con grandes desplazamientos de la barra de acero. La resistencia pospico es proporcionada por la fricción entre superficies de contacto.

De manera simplificada, el fenómeno también es conocido como "rigidez de tensión" (*tension stiffening*), que corresponde a la transformación de las fuerzas internas de tracción -desarrolladas internamente en la barra de acero- en esfuerzos superficiales de cortante -que aparecen en la superficie de las mismas barras-, transmitiéndose de ese modo al concreto circundante que tendrá que equilibrarlos, y viceversa. La respuesta del conjunto va a depender de la capacidad del concreto para deformarse tanto como el acero, ya que el acero tenderá a deslizarse al interior de la masa de concreto: el fenómeno de interacción corresponde precisamente a esta capacidad del concreto a deformarse y degradarse localmente que crea una especie de camisa o envoltura alrededor de la barra de acero, cuyas propiedades cinemáticas y materiales difieren notablemente respecto a las del concreto o a las del acero de refuerzo. Para una descripción más detallada del fenómeno de interacción, se recomienda consultar los trabajos de Domínguez (2005) y Domínguez e Ibrahimbegovic (2012).

Los orígenes del concreto reforzado

La referencia más antigua del concreto como material constructivo data del año 300 a.C. y es el conjunto de documentos escritos en la antigua Roma por Vitruvius (1960, 2000): el primer concreto consistió en una composición de hidróxido de calcio (cal), cenizas puzolánicas, pumita (piedra pómez) y rocas seleccionadas de un tamaño mayor. El mejor ejemplo que subsiste de esas primeras mezclas es el *Panteón Romano* (Figura 4), con un diámetro de 43.44 m, y un óculo al centro de 8.9 m de diámetro.

Después de 13 siglos en desuso, el concreto fue reintroducido en la construcción industrial en 1845 como material secundario para la protección contra fuego de estructuras de acero, las cuales esta-



Figura 4. A la izquierda, interior del Panteón romano según grabado del S. XVIII de Panini. A la derecha, detalle actual del óculo y de los casetones.

ban en apogeo a mediados del Siglo XIX. Hacia 1868, un jardinero de Versalles llamado J. Monier patenta un procedimiento para fabricar macetones florales, en el que inserta barras de acero en la mezcla de concreto, reinventando así al concreto reforzado y comercializándolo en Alemania a través de la empresa Monier Beton Brau. Hacia 1879, el ingeniero François Hennebique cuele en los alrededores de París la primera losa monolítica de concreto reforzada internamente con perfiles apernados de acero combinados con varillas lisas (Figura 5).

El nuevo sistema de piso se probó mediante la acumulación de una gran cantidad de bultos de arena. Una vez perfeccionado el sistema constructivo, se registra en Bruselas (el 9 de febrero de 1892) y posteriormente en París (patente número 223546 del 8 de agosto), la primera patente de concreto reforzado intitulada "*Combinación particular del metal y del cemento enfocada a la creación de viguetas muy ligeras de alta resistencia*" (Delhumeau, 1999).

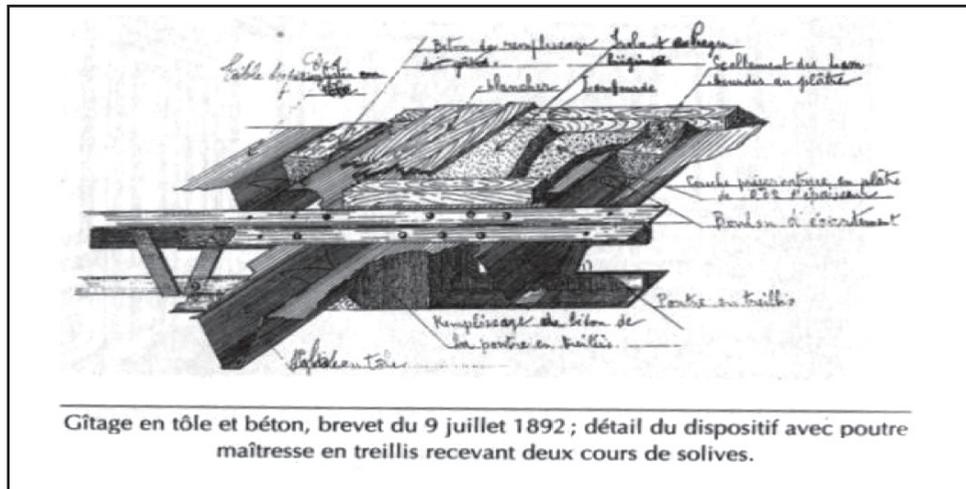


Figura 5. Interacción entre láminas de acero y concreto: detalle de dispositivo con viga maestra estilo armadura. Extracto de la patente del 9 de julio de 1892.

Primeros estudios científicos en torno a la adherencia

El primer trabajo conocido sobre el fenómeno de la adherencia data de 1899 y estuvo a cargo de Considère (Delhumeau, 1999), consistió en medir el desplazamiento de los extremos de unos cables o "hilos" de acero ahogados en un mortero, al ser sometidos a una carga de tensión: de esta prueba se deducía una relación de fuerza-desplazamiento que hasta los años cincuenta se impuso como la prueba estándar para la medición de la adherencia.

En 1958 Rehm (1957, 1961) presenta los resultados de sus trabajos experimentales sobre adherencia, en los cuales por primera vez se realiza la prueba de extracción de varillas del concreto ("the pull-out test"): en cada espécimen de concreto se ahogó una barra de acero especialmente perfilada, con el objeto de producir un "diente" de concreto encajado en el cuerpo de acero (Figura 6a). Sus resultados permitieron distinguir dos tipos de falla en la adherencia: en la primera, la falla ocurre por la ruptura de la adherencia (extracción de la barra de acero con grietas radiales en el concreto propagándose a partir de la superficie de la barra); en la segunda, la falla ocurre por el daño del concreto al desarrollar una alta tensión interna (aparición de fisuras longitudinales paralelas al eje de la barra y propagándose en esa misma dirección).

Poco después, Lutz *et al.* (1966) retoma la prueba experimental de Rehm, aunque adaptándola de modo que ahora se agrega una nervadu-

ra o "diente" en la barra de acero, la cual queda "anclada" en el concreto, con ello cambia la respuesta obtenida por Rehm (Figura 6b). Haciendo variaciones graduales en la geometría de la nervadura (esto es, aumentando el ángulo de la cara lateral de la nervadura medido a partir del eje longitudinal de la barra), se observó que cuando el ángulo es superior a 40°, la forma de la nervadura ya no tiene mayor efecto en la respuesta global.

Posteriormente, Lutz y Gergely (1967) redefinen por primera vez a la adherencia como "fenómeno de interacción acero-concreto", el cual acopla tres mecanismos: a) adherencia química; b) fricción entre las superficies en contacto; y c) interacción mecánica entre la nervadura de acero y el concreto circundante. Hasta antes de este trabajo, se tenía la idea generalizada de que la adherencia dependía únicamente de la forma de las varillas de acero, como si fuese una propiedad intrínseca en ellas, sin tomar en cuenta el comportamiento del concreto. Hacia 1971, Goto (1971) aporta datos cualitativos sobre cómo son transferidas las fuerzas de la varilla de acero hacia el concreto a través de la zona de interacción, y cómo el concreto se daña de forma irreversible por estas acciones. Así surge el ensayo de tirante (cuerpo de concreto con una barra de acero ahogada, cuyos extremos son sometidos a tensión pura), al cual se le inyecta tinta en las grietas con el objeto de apreciar la distribución de éstas.

Numéricamente, el primer trabajo conocido es de Bresler y Bertero (1968), en el cual introdu-

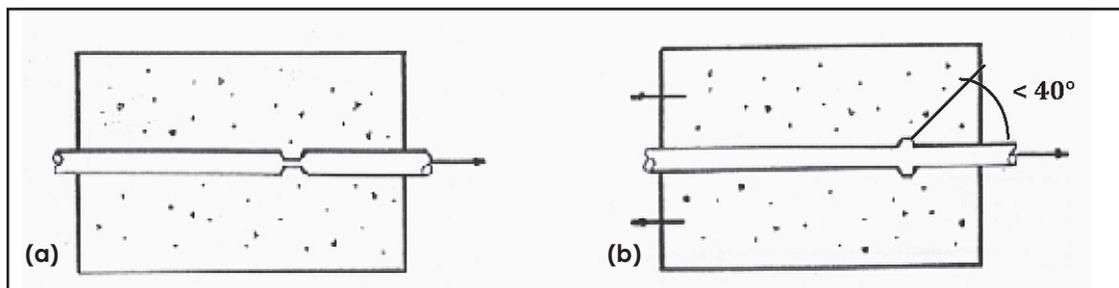


Figura 6. Prueba de: (a) Rehm con un diente de concreto; (b) de Lutz et al. con una nervadura.

cen el concepto de la “capa límite homogeneizada” que consiste en simular a la interacción como una capa con propiedades elásticas reducidas que representan el daño alrededor de la barra de acero. Posteriormente, Tepfers (1979) presenta una de las primeras investigaciones sobre la predicción de la resistencia de la interacción en función de las características de las barras nervadas. En su estudio, la interfaz se modela analíticamente como si fuese una capa en la que intervienen simultáneamente el cortante y la presión interna, y de este modo propone que la resistencia de la interacción está determinada por la capacidad del concreto circundante para soportar el esfuerzo circunferencial producido por la barra de acero.

Evolución de la investigación de la adherencia

A partir de las investigaciones presentadas previamente, el estudio del fenómeno de interacción acero-concreto ha tenido un desarrollo significativo durante los últimos cuarenta años, de modo particular en tres aspectos diferentes:

- Las investigaciones experimentales y fenomenológicas.
- La conceptualización teórica y la modelación numérica.
- La implementación en los códigos, normas y reglamentos internacionales.

En las siguientes secciones se describirán de forma sucinta y cronológica algunas de estas investigaciones, y en caso de requerir una descripción detallada y una comparativa, se recomienda consultar los trabajos de Lowes (1999) y de Domínguez (2005).

La investigación experimental

Entre las investigaciones experimentales significativas, pueden mencionarse los trabajos de Viawathanatapa (1979), quien estudió la influen-

cia del refuerzo pasivo en el anclaje de las varillas activas, así como la respuesta cíclica de la interacción. En esta misma línea, resaltan por su amplitud los resultados de Mirza y Houde (1979) derivados de pruebas de extracción, con diferentes diámetros de barras de acero. Destaca particularmente la campaña conducida por Elieghausen *et al.* (1983) realizada en la Universidad de California en Berkeley. En dicha investigación, se analizó la influencia de diversos parámetros en el comportamiento de la interacción (resistencia del concreto, forma de colado, diámetro de varillas, tamaño de nervaduras, etc.), así como los efectos producidos en la respuesta estructural, luego de la aplicación de cargas variantes en el transcurso del tiempo (Figuras 7 y 8).

Desde principios de los años noventa, en la Universidad de Milán se inician una serie de trabajos (Bamonte *et al.*, 2002; Coronelli *et al.*, 2001; Gambarova y Rosati, 1997), que abordan los efectos de escala y los efectos del confinamiento o presión externa en la respuesta de la interacción. Paralelamente en Francia (Clément, 1987) se realiza una serie de pruebas de tirantes sometidos a doble tensión para analizar el daño en el concreto, así como un estudio que evalúa la influencia del confinamiento y de las condiciones límite en la adherencia (La Borderie y Pijaudier-Cabot, 1987) (Figuras 9a y 9b).

En lo que se refiere al estudio de la degradación de la interacción en el caso de cargas cíclicas pueden mencionarse los recientes trabajos experimentales sobre barras múltiples llevados a cabo por Zuo y Darwin (2000), los ensayos de extracción-empuje efectuados en especímenes confinados con placas de acero realizados por Lundgren (1999, 2000), los ensayos de estados límite en pruebas de extracción de tipo reversible, realizados por Koch y Balazs (2002).

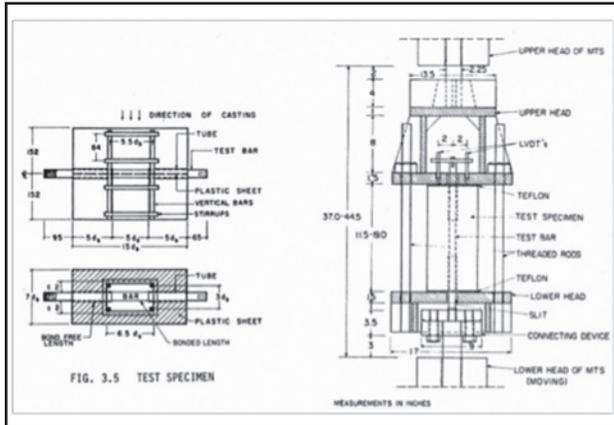


Figura 7. Prueba cíclica de Eligehausen et al. (1983): espécimen y equipo de prueba.

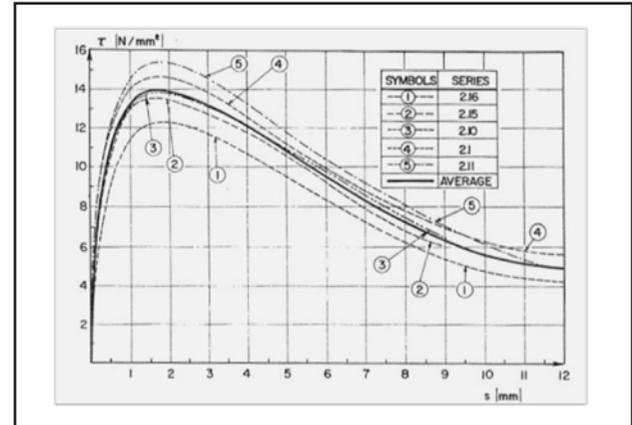


Figura 8. Gráfica Esfuerzo cortante vs. Deslizamiento obtenida por Eligehausen et al. (1983).

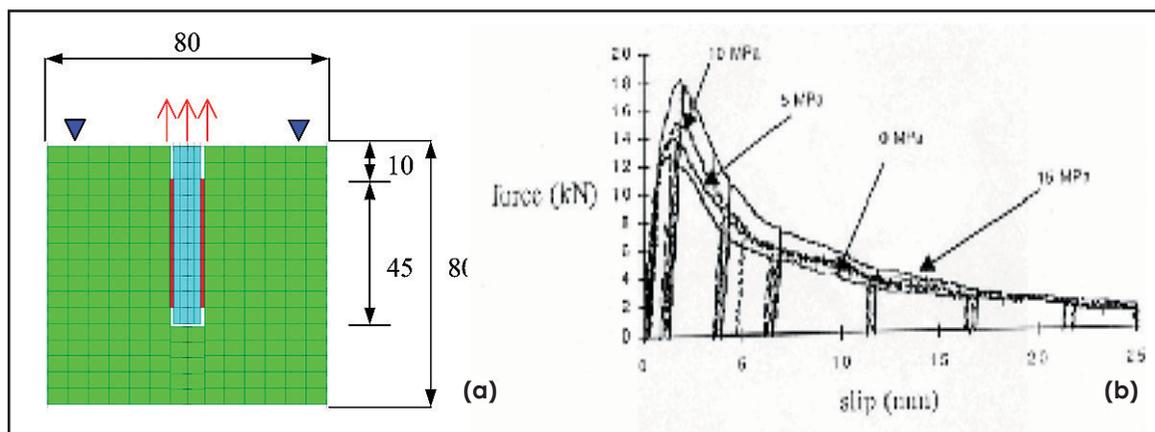


Figura 9. Prueba de confinamiento de Laborde y Pijaudier-Cabot: **a)** espécimen; **b)** curva carga-deslizamiento.

La modelación por medio de métodos computacionales

La simulación numérica de la respuesta de estructuras es una de las líneas con mayor expansión en los últimos tiempos, debido a los grandes avances en informática y cálculos computacionales. Entre éstos se tienen modelos puramente empírico-fenomenológicos, como el caso de los modelos sugeridos por Rehm (1961), Tepfers (1979), Gambarova y Rosati (1997), etc. En el otro extremo, se tienen modelos de interacción puramente matemáticos, entre los que podemos citar los trabajos de Yankelevsky y Jabareen (2002), Khal-fallah (2005), que consisten en un análisis riguroso del fenómeno simulando el comportamiento de adherencia-deslizamiento de elementos esbeltos de concreto reforzado sujetos completamente a tensión. El modelo de interacción acero-concreto de tipo reglamentario más reconocido es el modelo CEB-FIP (1993) el cual está inspirado en el

modelo presentado por Eligehausen *et al.* (1983) mencionado previamente. Este modelo puede considerarse como de estilo semi-empírico/semi-analítico, y una de sus mayores contribuciones es el estimar la resistencia de la interacción en términos de esfuerzos-deformaciones, y no en términos fuerza-desplazamiento, que son los valores típicamente registrados en los ensayos experimentales.

Modelos similares, o bien, modificados, han sido elaborados por diferentes investigadores, entre los que podemos nombrar el modelo analítico de Harajli (1994), o el modelo de Ozbolt *et al.* (2002), que consiste en elementos discretos en tres dimensiones. Entre los modelos escritos en un marco termodinámico basados en una formulación elastoplástica, podemos citar los trabajos de Cox y Hermann (1998, 1999), que utilizan una superficie límite única; el modelo de Lundgren (1999) que permite un acoplamiento entre las

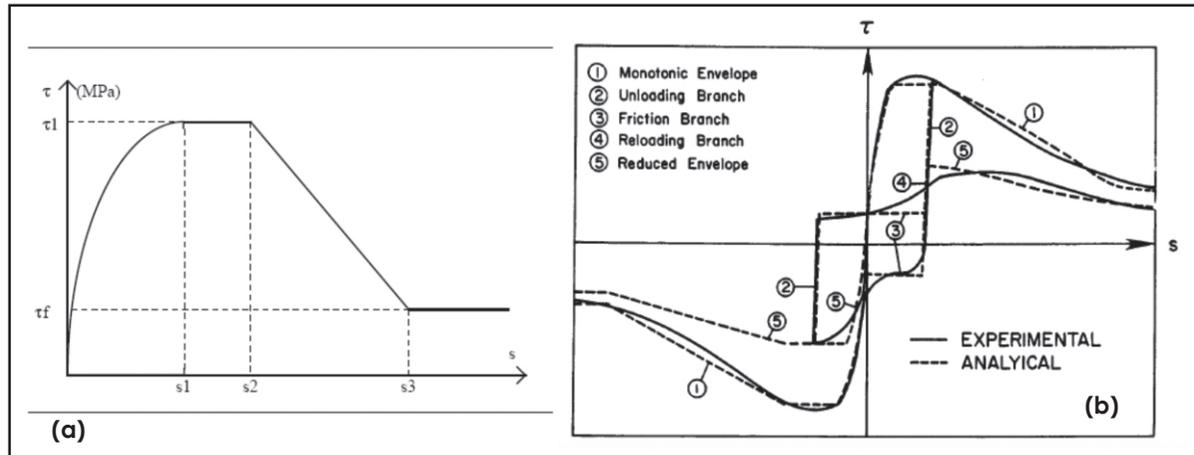


Figura 10. Modelo de comportamiento de la interacción acero-concreto propuesto por Elgehausen et al. (1983): **a)** ante carga monótona; **b)** ante carga cíclica.

deformaciones tangenciales y radiales a nivel de la interfaz; el modelo termodinámico de Désir (1999) y Romdhane (2002), en el que se acopla el daño de la interacción con los efectos de “puente” creados por las varillas expuestas luego de la aparición de una macro-fisura.

Por otra parte, el comportamiento de histéresis de la interacción en estructuras sujetas a cargas cíclicas ha sido analizado y modelado por Monti *et al.* (1997) con el método de las flexibilidades, en el marco de una formulación clásica con elementos finitos. Para este mismo tipo de sollicitación, D’Ambrisi y Filippou (1999) desarrollaron una solución similar, aunque mejor adaptada, para una escala superior de análisis –es decir, para una viga como elemento integrante de una estructura a escala global y con mayor grado de complejidad. Siguiendo la misma línea, una propuesta relacionada con una formulación en desplazamientos fue construida por Ayoub y Filippou (1999). Más tarde, esta misma formulación fue modificada por Fantilli y Vallini (2002) con el objetivo de describir la respuesta última de elementos viga de concreto armado sujetos a sollicitaciones de carga cíclica. En este mismo marco termodinámico, Domínguez *et al.* (2005a, 2005b, 2006, 2012) desarrollaron un modelo no lineal de la interacción acero-concreto que acopla tanto la teoría del daño continuo como una formulación pseudo elastoplástica e identifica además tres etapas en la degradación de la adherencia, íntimamente relacionadas con el grado de deformación alcanzado: una primera etapa pseudo-elástica, seguida de una etapa en donde la

interacción mecánica entre nervadura y concreto es mandatoria, y una última etapa de fricción entre superficies luego de la coalescencia de grietas generada en la etapa previa.

Una formulación interesante es la presentada por Gastebled y May (2000), en la que la evolución no lineal del comportamiento de la interacción es expresada en términos de fuerzas de equilibrio y en función de la disipación de la energía por fractura. En el mismo marco de la mecánica de la fractura, Ghandehari *et al.* (2000) realizó cálculos con el fin de simular el agrietamiento longitudinal en el cuerpo de concreto inducido por la interacción acero-concreto. Existen, asimismo, otros modelos interesantes, cuya formulación está escrita sobre la base de resoluciones numéricas pensadas para contextos completamente diferentes. Por ejemplo, Maker y Laursen (1994) propusieron una solución numérica en tres dimensiones basada en una resolución de tipo “problemas de contacto”. Otro modelo tridimensional recientemente desarrollado por Gebbeken y Greulich (2002), es bastante novedoso ya que está escrito a partir del método “hidrocódigos”, el cual está concebido para ser aplicado en problemas dinámicos y de propagación de ondas. Con un nivel de complejidad superior, Tikhomirov y Stein (1999) presentan la construcción de un elemento especial para concreto armado, en el que la interacción se vuelve un componente adicional del modelo numérico. En dicho modelo –que además es tridimensional- se integran: los comportamientos de los agregados, del cemento y de las interfaces respectivas que constituyen

el concreto, el comportamiento elasto-plástico de la barra de acero y la degradación de la interacción acero-concreto en el marco de los modelos micro-plan. Recientemente, basándose en la formulación XFEM y acoplando el modelo termodinámico de adherencia mencionado previamente, Domínguez *et al.* (2010) desarrollaron un elemento sólido enriquecido que acopla los tres comportamientos no lineales (concreto, acero y adherencia), y que tiene por objeto permitir el modelado de estructuras masivas de concreto reforzado, facilitando la construcción del mallado y evitando la unión nodal entre varillas y concreto (Figura 11).

La inclusión de manera ordinaria del fenómeno de interacción en el análisis y diseño de estructuras de concreto reforzado es aún lejana, y actualmente se considera como "perfecta" en la mayoría de los códigos, ya que las hipótesis de diseño se basan en dicha simplificación. Sin embargo, en problemas de predicción del colapso de estructuras no convencionales (que en la mayoría de los casos escapan a los códigos y reglamentos), se vuelve necesario incluir sus efectos, en la medida en que se requiere una solución analítica lo más próxima a la respuesta real de dichas estructuras.

Recientemente, han comenzado a aparecer publicaciones en las que se presentan simulaciones numéricas que integran explícitamente un modelo completo de interacción acero-concreto (es decir, un elemento finito particular y una ley de comportamiento de la interacción). Pue-

den citarse como ejemplos las simulaciones 2D de Lowes (1999), quien ha estudiado la respuesta de uniones trabe-columna de puentes sujetos a cargas sísmicas; las simulaciones desarrolladas por Assa y Dhanasekar (2002), en las cuales se incluyó el efecto de la interacción en el modelado de columnas de mampostería reforzadas con varillas de acero; el estudio del comportamiento del anclaje en concreto reforzado, específicamente para anclas de acero con cabeza y descabezadas, realizado por Appl *et al.* (2002); la simulación de una sección de un puente en concreto armado llevada a cabo por Nowak y Cho (2002) también en 2002, en la cual introdujeron el acoplamiento entre la corrosión y la resistencia de la interacción acero-concreto; y finalmente, los estudios de torres de enfriamiento y de un túnel de autopista realizados por Lackner y Mang (2001, 2003a, 2003b), en cuyo análisis estructural introdujeron un modelo de interacción desarrollado por ellos mismos.

La integración de la adherencia en la reglamentación y especificaciones de diseño

En general, los resultados de estos trabajos de investigación han sido y están siendo incorporados en muchos reglamentos internacionales, entre los que podemos citar la norma alemana DIN 1045, las recientes recomendaciones europeas del CEB/FIP Model Code 2010 y el Eurocódigo 2. Vale la pena mencionar que al menos cuatro Conferencias Internacionales "Bond in Concrete", enfocadas exclusivamente al estudio de la interacción acero-concreto, ya han tenido lugar en diferentes partes del mundo: la primera en Pais-

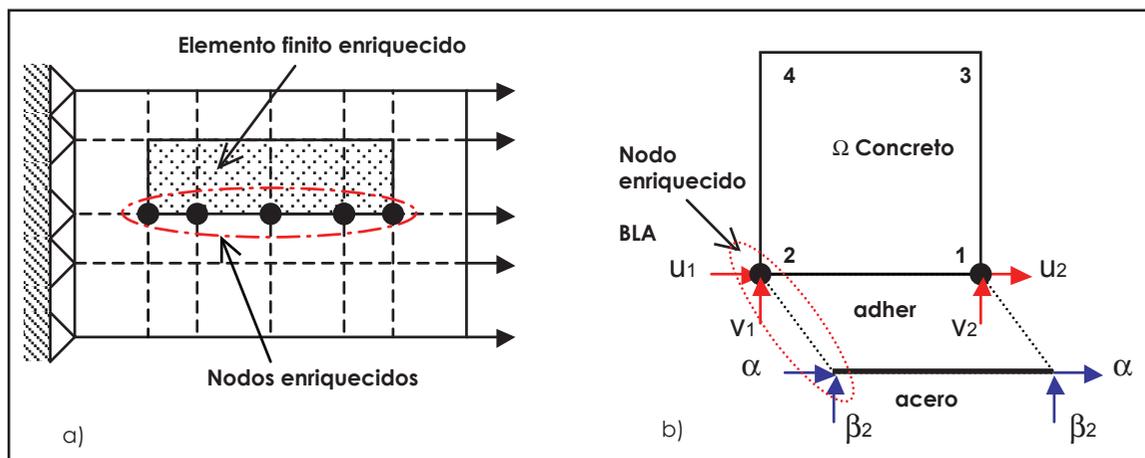


Figura 11. Elemento Finito Enriquecido que incluye tres comportamientos no lineales de tipo termodinámico para concreto, acero y adherencia.

ley, Escocia, en 1982; la segunda en Riga, Letonia, en 1992; la tercera en Budapest, Hungría, en 2002; y la última recientemente en Brescia, Italia, en 2012.

Hasta antes de la versión de 1971, el ACI-1963 consideraba exclusivamente el término "longitud embebida", lo que implicaba especificar el esfuerzo máximo permisible de adherencia con flexión para acero de refuerzo, definido por una ecuación sencilla que relacionaba el diámetro de la varilla y la resistencia a compresión del concreto. Posteriormente, se introdujo el concepto de "longitud de desarrollo", que tiene por objeto simplificar el cálculo de los esfuerzos de cortante en la cara lateral de las barras de acero, además de cubrir algunas de las deficiencias del criterio basado en esfuerzos, pues no toma en cuenta la variabilidad de los esfuerzos de flexión a lo largo de las barras, ni concilia dichos valores con los esfuerzos uniformes de anclaje. Por otra parte, este criterio de longitud de desarrollo asegura que el anclaje se extienda más allá de las zonas con esfuerzos máximos en el refuerzo. Si bien este criterio facilita la labor de diseño, prácticamente hizo desaparecer el concepto de interacción acero-concreto del código ACI. De acuerdo a diversos autores, esta decisión facilitó la comprensión de las recomendaciones de diseño, pero mantuvo muchas inconsistencias, dificultando además la introducción de modelos no lineales simplificados para la adherencia, que son esenciales para la revisión de estructuras existentes, dañadas o que requieren algún tipo de reforzamiento, tal y como lo demuestran las últimas investigaciones. En México, las "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto" del RCDF-2005 han adoptado el mismo concepto de longitud de desarrollo, tal y como lo indican en la sección 5.1: "Anclaje". El estudio y crítica de los criterios ahí mencionados escapa a los alcances del presente trabajo.

CONCLUSIONES

La interacción acero-concreto es la hipótesis fundamental en el diseño del comportamiento del concreto reforzado, y su relevancia queda de manifiesto ante la gran cantidad de investigaciones que se han llevado a cabo desde finales del Siglo XIX. La vocación de este trabajo de investigación ha sido la de relatar brevemente el devenir histórico del estudio de la adherencia y cómo se ha intentado incluir su influencia en el análisis, diseño y reglamentación del concreto reforzado. Si particularmente el concreto reforzado es una invención nacida de un empirismo intuitivo propio de la ingeniería, poco a poco se ha ido sujetando al formalismo técnico-científico, con el único fin de asegurar un alto grado de funcionalidad, durabilidad y confiabilidad estructural.

El análisis histórico-científico del desarrollo de la investigación de la interacción acero-concreto permite identificar tres grandes líneas de investigación en las que pueden agruparse dichos trabajos: las pruebas experimentales a escala local y global, la formulación matemática de la adherencia y sus aplicaciones en las simulaciones numéricas, y la inserción en los reglamentos de construcción y demás prácticas profesionales. Asimismo, muchos de estos trabajos sientan las bases para abordar otro tipo de interacciones como son las interacciones concreto-concreto, concreto-nuevos materiales o adhesivos, o bien concreto con diferentes propuestas de refuerzo. Finalmente, una de las motivaciones en la realización de este documento es la de enfatizar el aspecto humano en la creación, desarrollo y divulgación del concreto reforzado como material innovador, buscando con ello promover la práctica de la innovación entre los ingenieros constructores, sin perder de vista los aspectos formales que deben adoptarse para garantizar la seguridad en todas las aportaciones ingenieriles que puedan generarse en el futuro.

LITERATURA CITADA

- APPL, J. J., ELIGEHAUSEN, R., OZBOLT, J., Numerical analysis of splices with headed deformed reinforcing bars. "Bond in concrete": *Proceedings of the Conference held at the Budapest University of Technology and Economics*; Balazs et al. (Eds.), pp. 463-468, 2002.
- ASSA, B., DHANASEKAR, M., A numerical model for flexural analysis of short reinforced masonry columns including bond-slip. *Computer and Structures*, 80, 547-558, 2002.
- AYOUB, A., FILIPPOU, F. C., Mixed formulation of bond-slip problems under cyclic loads. *ASCE - Journal of Structural Engineering*, 125(6): 661-671, 1999.
- BAMONTE, P., CORONELLI, D., GAMBAROVA, P. G., Size effects in high-bond bars. "Bond in concrete": *Proceedings of the Conference held at the Budapest University of Technology and Economics*, Balazs et al. (Eds.), 43-52, 2002.
- BRESLER B., BERTERO, V. V., Behavior of reinforced concrete under repeated load. *ASCE - Journal of Structural Division*, 94(ST6): 1567-1590, 1968.
- CEB-FIP MODEL CODE *CEB-FIP Model Code 1990. Design Code*. Comité Euro-International du Béton et Fédération Internationale de la Précontrainte; Thomas Telford, London, 437 (ISBN 0 7277 1696 4), 1993.
- CLEMENT, J. L., *Interface acier - béton et comportement des structures en béton armé: caractérisation - modélisation*; Thèse de l'Université Paris VI, 1987.
- CORONELLI, D., GAMBAROVA, P. G., RAVAZZANI, P., Size effect in steel-concrete bond: test results and modelling for smooth bars. *Fracture Mechanics of Concrete Structures (Framcos)*, de Borst et al (Eds.), pp. 669-676, 2001.
- COX J. V., HERRMANN, L. R., Development of a plasticity bond model for steel reinforcement. *Mechanics of Cohesive-Frictional Materials*, 3, 155-180, 1998.
- COX, J. V., HERRMANN, L. R., Validation of a plasticity bond model for steel reinforcement. *Mechanics of Cohesive-Frictional Materials*, 4, 361-389, 1999.
- D'AMBRISI, A., FILIPPOU, F. C., Modeling of cyclic shear behaviour in RC members. *ASCE - Journal of Structural Engineering*, 125(10): 1143-1150, 1999.
- DELHUMEAU, G., *L'invention du béton armé. Hennebique 1890-1914*. France: Editions Norma, 1999.
- DESIR, J. M., ROMDHANE, M. R. B., ULM, F. J., FAIRBAIRN, E. M. R., Steel-concrete interface: revisiting constitutive and numerical modeling. *Computers and Structures*, 71, 489-503, 1999.
- DOMÍNGUEZ, N., *Etude de la liaison acier-béton: de la modélisation du phénomène à la formulation d'un Élément Fini Enrichi « béton armé »*. Thèse de l'ENS de Cachan, 2005.
- DOMÍNGUEZ, N., BRANCHERIE, D., DAVENNE, L., IBRAHIMBEGOVIC, A., Prediction of crack pattern distribution in reinforced concrete by coupling a strong discontinuity model of concrete cracking and a bond-slip of reinforcement model. *Engineering Computations*, 22, (5-6): 558-582, 2005.
- DOMÍNGUEZ, N., FERNÁNDEZ, M. A., IBRAHIMBEGOVIC, A., Enhanced solid element for modelling of reinforced concrete structures with bond-slip. *Computers and Concrete*, 7(4): 347-364, 2010.
- DOMÍNGUEZ, N., IBRAHIMBEGOVIC, A., A non-linear thermodynamical model for steel-concrete bonding. *Computers and Structures*, 106-107, 29-45, 2012.
- ELIGEHAUSEN, R., POPOV, E. P. BERTERO, V. V., Local bond stress-slip relationships of deformed bars under generalized excitations. *University of California*; Report no. UCB/EERC-83/23 of the National Science Foundation, 1983.
- FANTILLI, A. P., VALLINI, P., Bond-slip and concrete fracture in RC members subjected to cyclic actions. "Bond in concrete": *Proceedings of the Conference held at the Budapest University of Technology and Economics*; Balazs et al. (Eds.), pp. 61-78, 2002.
- GAMBAROVA, P. G., ROSATI, G. P., Bond and splitting in bar pull-out: behavioural laws and concrete cover role. *Magazine of Concrete Research*, 49(179): 99-110, 1997.
- GASTEBLED, O. J., MAY, I. M., Numerical simulation of pulled specimens. *ACI Structural Journal*, 97(2): 308-315, 2000.

- GEBBEKEN, N., GREULICH, S., Bond modelling for reinforced concrete under high dynamic loading effects. "Bond in concrete": *Proceedings of the Conference held at the Budapest University of Technology and Economics*; Balazs et al. (Eds.), pp. 529-536, 2002.
- GHANDEHARI, M., KRISHNASWAMY, S., SHAH, S., Bond-induced longitudinal fracture in reinforced concrete. *ASME - Journal of Applied Mechanics*, 67, 740-748, 2000.
- GOTO, Y., Cracks formed in concrete around tension bars. *ACI Journal*, 68(4): 244-251, 1971.
- HARAJLI, M. H., Development/splice strength of reinforcing bars embedded in plain and fiber reinforced concrete. *ACI Structural Journal*, 91(5): 511-520, 1994.
- KHALFALLAH, S., Bond-slip analysis of reinforced concrete members. *Revue Française de Génie Civil*, 9(4): 509-521, 2005.
- KOCH, R. G., BALAZS, G. L., Limit states for long term and cyclic loading. "Bond in concrete": *Proceedings of the Conference held at the Budapest University of Technology and Economics*; Balazs et al. (Eds.), 211-220, 2002.
- LA BORDERIE, C., PIJAUDIER-CABOT, G., Etude expérimentale du comportement des matériaux renforcés. *Rapport intermédiaire: Détermination expérimentale des lois de comportement de l'interface fibre-matrice; Rapport LMT Cachan; Contrat I70/1F 3146 avec Electricité de France*, 1987.
- LACKNER, R., MANG, H. A., Adaptive FE analysis of RC shells. II: applications. *ASCE - Journal of Engineering Mechanics*, 127(12): 1213-1222, 2001.
- LACKNER, R., MANG, H. A., Scale transition in steel-concrete interaction. I: Model. *ASCE - Journal of Engineering Mechanics*, 129(4): 393-402, 2003.
- LACKNER, R., MANG, H. A., Scale transition in steel-concrete interaction. II: Applications. *ASCE - Journal of Engineering Mechanics*, 129(4): 403-413, 2003.
- LOWES, L. N., *Finite element modeling of reinforced concrete beam-column bridge connections*. Ph. D. Thesis, Civil Engineering Graduated Division, University of California, Berkeley, USA, 1999.
- LUNDGREN, K., *Three-dimensional modelling of bond in reinforced concrete: Theoretical model, experiments and applications*. Ph. D. Thesis, Division of Concrete Structures, Department of Structural Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 1999.
- LUNDGREN, K., Pull-out tests of steel-encased specimens subjected to reversed cyclic loading. *Materials and Structures*, 33, 450-456, 2000.
- LUTZ, L. A., GERGELY, P., Mechanics of bond and slip of deformed bars in concrete. *ACI Structural Journal*, 64(11): 711-721, 1967.
- LUTZ, L. A., GERGELY, P., WINTER, G., The mechanics of bond and slip of deformed reinforcing bars in concrete. Cornell University; Structural Engineering Report No. 324, 1966.
- MAKER, B. N., LAURSEN, T. A., A finite element formulation for rod/continuum interactions: the one-dimensional slideline. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 37, 1-18, 1994.
- MIRZA, S. M., HOUDE, J., Study of bond stress-slip relationships in reinforced concrete. *ACI Structural Journal*, 76(1): 19-45, 1979.
- MONTI, G., FILIPPOU, F. C., SPACONE, E., Analysis of hysteretic behaviour of anchored reinforcing bars. *ACI Structural Journal*, 94(2): 248-261, 1997.
- NOWAK, A. S., CHO, T., Reliability models for bond resistance and corrosion in concrete bridges. "Bond in concrete": *Proceedings of the Conference held at the Budapest University of Technology and Economics*; Balazs et al. (Eds.), pp. 137-144, 2002.
- OUGLOVA, A., *Analyse du comportement des structures en béton armé atteintes de corrosion des armatures*. Thèse de Doctorat de l'ENS Cachan, 2004.
- OZBOLT, J., LETTOW, S., KOZAR, I., Discrete bond element for 3D finite element analysis of reinforced concrete structures. "Bond in concrete": *Proceedings of the Conference held at the Budapest University of Technology and Economics*; Balazs et al. (Eds.), 9-19, 2002.
- RAGUENEAU, F., DOMÍNGUEZ, N., IBRAHIMBEGOVIC, A., Thermodynamic-based interface model for cohesive brittle materials: application to bond-slip in RC structures. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 195(issue 52): 7249-7263, 2006.

- REHM, G., The fundamental law of bond. *Proceedings of the Symposium on Bond and Crack Formation in Reinforced Concrete, Stockholm*; RILEM, Paris. (Published by: Tekniska Hogskolans Rotaprinttrynckeri, Stockholm, 1958).
- REHM, G., The basic principle of bond between steel and concrete. *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton*, 138, Wilhelm Ernest and Sohn, Berlin. (C&CA Library Translation No. 134, 1968)
- ROMDHANE, M. R. B., ULM, F. J., Computational mechanics of the steel-concrete interface. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 26, 99-120, 2002.
- TEPFERS, R., Cracking of concrete cover along anchored deformed reinforcing bars. *Magazine of Concrete Research*, 31(106): 3-12, 1979.
- TIKHOMIROV, D., STEIN, E., Anisotropic damage-plastic modelling of reinforced concrete. *European Conference on Computational Mechanics (ECCM '99)*, München, Germany, 1999.
- VIAWANTHANATEPA, S., *Bond deterioration of reinforced bars embedded in confined concrete blocks*. Ph. D. Thesis, University of California, Berkeley, USA, 1979.
- VITRUVIUS, P., *The ten books on architecture*. (M. H. Morgan, translator) USA: Dover Publications Inc., 1960.
- YANKELEVSKY, D. Z., JABAREEN, M., 2-D aspects in modelling of tension stiffening in reinforced concrete. "Bond in concrete": *Proceedings of the Conference held at the Budapest University of Technology and Economics*; Balazs et al. (Eds.), pp. 1-8, 2002.
- ZUO, J., DARWIN, D., Bond slip of high relative rib area bars under cyclic loading. *ACI Structural Journal*, 97(2): 331-334, 2000.

Dictiotopografía

- MOORE, D., Sitio internet sobre historia del concreto en Roma "roman concrete". De: <http://www.romanconcrete.com/index.htm>, 18 may. 2013.
- UNIVERSITY OF ST ANDREWS SCOTLAND, Sitio internet sobre Vitruvius. De: <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Vitruvius.html>, 18 may. 2013.

Política editorial

Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes

Guía para Autores

Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes es una revista arbitrada, científica y multidisciplinaria con periodicidad cuatrimestral, editada por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Tiene como objetivo principal de difundir y promover el desarrollo de la investigación y la producción científica con estándares de calidad en los ámbitos local, nacional e internacional.

El primer número se publicó en el año de 1990 y hasta el momento se han editado más de 50. Su distribución está dirigida a instituciones de educación superior, centros de investigación, bibliotecas y dependencias de gobierno; además, tiene 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 Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del CONACYT, Actualidad Iberoamericana, IRESIE, LATINDEX, PERIÓDICA y REDALYC, y en las bases de datos: DIALNET, DOAJ, HELA, y ULRICH'S Periodicals Directory.

En su estructura considera dos secciones: 1) *Editorial*, que incluye el Directorio, un Consejo Editorial y un Comité Editorial de distinguida trayectoria, y 2) *Artículos Científicos*, inéditos y originales 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 Acces* con el fin de contribuir al aumento de la visibilidad, el acceso y la difusión de la producción científica, por ello, los autores y colaboradores de los artículos ceden los derechos autorales a 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. Sólo 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.

I. Tipos de publicaciones

Investigación y Ciencia acepta tres tipos de contribuciones: artículos científicos de investigación, revisiones y notas científicas o comunicaciones cortas, sin embargo, se da prioridad a los primeros de tal manera que cada número debe contener un máximo de dos artículos de revisión o notas científicas. El autor debe indicar en qué sección desea que su manuscrito sea incluido.

Artículos de investigación: son artículos que informan resultados de investigaciones, cuyos temas queden comprendidos en las áreas del conocimiento anteriormente indicadas y que sean de interés científico por su relevancia.

Artículos de revisión: son artículos que resumen y analizan un tema científico de importancia, pueden ser revisiones del estado actual de un campo de investigación o estudios de caso.

Notas científicas o comunicaciones cortas: son artículos cortos de temas relevantes de ciencia y tecnología que describen o explican un hallazgo, que por su mérito científico ameritan una rápida publicación. Pueden incluirse resultados relevantes que se quieren difundir de forma rápida y no detallada, con información concluyente, pero insuficiente para su análisis en extenso.

II. Estructura del contenido

Artículos 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 cumplirlo se deberá justificar):

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 descripción (departamento, dependencia e Institución) y correo electrónico.

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 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 comprobar la hipótesis y los recursos empleados en ello.

RESULTADOS. Describir los resultados de la investigación. Se podrán presentar datos de medición o cuantificación.

DISCUSIÓN. Presentar la interpretación de los resultados de acuerdo con estudios similares, es decir, correlacionando el estudio con otros realizados, enunciando sus ventajas y aportaciones, evitando adjetivos de elogio.

CONCLUSIONES. Precisar qué resultados se obtuvieron y si permitieron verificar la hipótesis; asimismo, plantear perspectivas del estudio y de su aplicación.

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:

De libros:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, *título (en cursivas)*. volumen, edición, país: editorial, páginas, año.

De publicaciones periódicas:

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.

De páginas electrónicas en sección aparte con el título de Dictiotopografía:

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.

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, *título, portal*. De: URL, fecha de consulta.

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 referidas al 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.

En las figuras 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 al pie de cada Tabla y/o Figura, el contenido de las mismas en *cursivas*.

Además de las tablas o figuras, el artículo se debe acompañar de al menos una 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 *dpi*. 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.

Artículos de revisión

Deben incluir título, nombres de los autores y sus datos, 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, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación. No deberá ser menor de cinco ni mayor de 15 cuartillas.

Notas científicas

Deben incluir título, nombres de los autores y sus datos, 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, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación. No deberá ser mayor de cinco cuartillas.

III. 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 Árbi-

tros que integra la revista, la cual está compuesta por miembros del SNI o investigadores expertos en el área pertenecientes a instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional. Cada trabajo es revisado por al menos dos evaluadores, especificando en el dictamen si se acepta el artículo intacto, con modificaciones o si definitivamente se rechaza. En caso de contar con resultados discrepantes, se enviará el trabajo a un tercer evaluador, cuyo resultado será definitivo.

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 la 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.

IV. 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.

V. 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 Rosa del Carmen Zapata, 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.

VI. 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