

# INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

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

AÑO 27  
ENERO-ABRIL 2019

# 76

EDICIÓN CUATRIMESTRAL  
ISSN 1665-4412  
e-ISSN 2521-9758



- ▲ *Reseda luteola* L. en el estado de Aguascalientes, México
- ▲ Reciclado de plásticos de tapas de botella y defensas automotrices reforzadas con fibra de vidrio para fabricar alcantarillas domésticas
- ▲ Distribución de fuentes de ruido sísmico y una aplicación a la geofísica
- ▲ Determinación experimental y verificación por el método del elemento finito de la frecuencia natural de vibración de barras de madera
- ▲ Determinación de pH por colorimetría en muestras pequeñas de lágrima. Método simple para medición en enfermedades oftalmológicas de la superficie ocular anterior
- ▲ Determinantes de la oferta de frijol por tipo de tecnología en México
- ▲ Reconocimiento del derecho a la educación en las constituciones de México 1812 a 1917
- ▲ Masculinidad en narcocorridos del movimiento alterado en México
- ▲ Construcción identitaria en África. Un análisis desde los estudios de identidad, poder y agencia
- ▲ Comparación de laparoscopia y boroscopia en la inseminación intrauterina de ovejas
- ▲ Alfredo Ignacio Feria y Velasco. *In memoriam*
- ▲ *Del faro al foro: La imaginación novelesca frente a la imaginación teatral de Carmen Leñero. Reseña*



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

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

# INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

**INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES**, año 27, núm. 76, periodo enero-abril 2019, es una publicación periódica, cuatrimestral, multidisciplinaria, editada y distribuida por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Tel./Fax. 449 9 10 74 00, ext. 34113, [www.uaa.mx/investigacion/revista](http://www.uaa.mx/investigacion/revista), [revistaiyc@correo.uaa.mx](mailto:revistaiyc@correo.uaa.mx). Editor responsable: María del Carmen Martínez Serna. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2002-042412342500-102, ISSN: 1665-4412, Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2018-060115052000-203, e-ISSN: 2521-9758. Número de Certificado de Licitud de Título: 12284, Número de Certificado de Licitud de Contenido: 8497, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Registro Postal en SEPOMEX No. PP01-0003. Diseñada e impresa en el Departamento de Procesos Gráficos de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Este número se terminó de imprimir el 31 de enero de 2019 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

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

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

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

## ÍNDICES:

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

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

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

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

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

**PERIÓDICA** (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias), [periodica.unam.mx](http://periodica.unam.mx)

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

## BASES DE DATOS:

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

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

**INFORME ACADÉMICO**, [www.gale-la.com/galeiberoweb/products/db/informe-academico.php](http://www.gale-la.com/galeiberoweb/products/db/informe-academico.php)

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

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



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

## FOTOGRAFÍAS DE PORTADA:

- Detalle de flor • *Reseda luteola* L. siendo visitada por una abeja • Tapas plásticas de botellas para fabricar alcantarillas domésticas
- Molde de tres piezas para la rejilla de la alcantarilla • Prueba de vibraciones transversales • Portada de la edición original de la Constitución de 1857 • El carácter inmensamente diverso y plural de África en términos de identidad • Se estudia la inseminación artificial intrauterina sustituyendo el laparoscopia por un boroscopia y su análisis económico

# DIRECTORIO

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González  
**Rector**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## CONSEJO EDITORIAL

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

## COMITÉ EDITORIAL

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

# CONTENIDO

## INVESTIGACIÓN

Pág.

### CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

- **Reseda luteola L. en el estado de Aguascalientes, México**  
*Reseda luteola L. in the state of Aguascalientes, Mexico*

5-10

Manuel Higinio Sandoval-Ortega  
María Elena Siqueiros-Delgado

- **Reciclado de plásticos de tapas de botella y defensas automotrices reforzadas con fibra de vidrio para fabricar alcantarillas domésticas**  
*Recycling plastics bottle caps and fiberglass-reinforced car bumpers plastics for domestic sewers production*

11-18

Ángel García-Velázquez  
María Guadalupe Amado-Moreno  
Lydia Toscano-Palomar  
Ofelia Jasmín Seufert-García  
Paola Lizeth Beltrán-Félix

### INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS

- **Distribución de fuentes de ruido sísmico y una aplicación a la geofísica**  
*Distribution of seismic noise sources and an application to geophysics*

19-31

Jovan Ezequiel Basaldúa-Sánchez  
Norberto Flores-Guzmán  
Rafael Ávila-Carrera  
Alejandro Rodríguez-Castellanos

- **Determinación experimental y verificación por el método del elemento finito de la frecuencia natural de vibración de barras de madera**  
*Experimental determination and verification by the finite element method of the natural vibration frequency of wooden bars*

32-40

Javier Ramón Sotomayor-Castellanos  
Víctor López-Garza

### CIENCIAS DE LA SALUD

- **Determinación de pH por colorimetría en muestras pequeñas de lágrima. Método simple para medición en enfermedades oftalmológicas de la superficie ocular anterior**  
*Determination of pH by colorimetry in small tear samples. Simple method for pH measuring in ophthalmological diseases of the anterior ocular surface*

41-48

Luis Fernando Barba-Gallardo  
Martín Humberto Muñoz-Ortega  
Guillermo Andrés Díaz-Parra  
Pedro Garzón-de la Mora  
Sergio Alberto Ramírez-García  
José Rafael Villafán-Bernal

### CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

- **Determinantes de la oferta de frijol por tipo de tecnología en México**  
*Determinants of the supply of bean by type of technology in Mexico*

49-59

Eugenio Guzmán-Soria  
María Teresa de la Garza-Carranza



# CONTENIDO

José Alberto García-Salazar  
Samuel Rebollar-Rebollar  
Juvencio Hernández-Martínez

## CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

- **Reconocimiento del derecho a la educación en las constituciones de México 1812 a 1917** 60-69  
*Right to Education: its development in Mexican Constitutions, 1812 to 1917*

José Bonifacio Barba-Casillas

- **Masculinidad en narcocorridos del movimiento alterado en México** 70-80  
*Masculinity in narcocorridos of the altered movement in Mexico*

Lucila del Rosario Nuño-Parra  
Rosálva Enciso-Arámbula  
Gelacio Alejo-Santiago  
Ana Luisa Estrada-Esquivel  
Circe Aidín Aburto-González

## REVISIÓN CIENTÍFICA

- **Construcción identitaria en África. Un análisis desde los estudios de identidad, poder y agencia** 81-88  
*Construction of identity in Africa. An analysis from the studies of identity, power and agency*

Goualo Lazare Flan

## NOTA CIENTÍFICA

- **Comparación de laparoscopia y boscopia en la inseminación intrauterina de ovejas** 89-92  
*Comparison of laparoscopy and borescopy in the intrauterine insemination of ewes*

Jaime Jorge Martínez-Tinajero  
Daniel Cruz-Zavala  
Alejandro Muñoz-Bedoya  
Francisco Indalecio Juárez-Lagunes  
Miguel Arcángel Rodríguez-Chessani

## OBITUARIO

- **Alfredo Ignacio Fera y Velasco. *In memoriam*** 93-94

Carlos Beas-Zárate

## RESEÑA

- **Del faro al foro: La imaginación novelesca frente a la imaginación teatral de Carmen Leñero** 95-96

Ximena Gómez-Goyzueta

## Reseda luteola L. en el estado de Aguascalientes, México

### Reseda luteola L. in the state of Aguascalientes, Mexico

Manuel Higinio Sandoval-Ortega\*✉, María Elena Siqueiros-Delgado\*

Sandoval-Ortega, M. H., & Siqueiros-Delgado, M. E. (2019). *Reseda luteola* L. en el estado de Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 5-10.

#### RESUMEN

El estado de Aguascalientes se encuentra ubicado en la zona centro norte del país y ocupa alrededor del 0.3% de la superficie nacional. Florísticamente pertenece a la región Xerofítica Mexicana y, en menor proporción, a la Mesoamericana de Montaña. El objetivo de este trabajo es realizar el tratamiento taxonómico de la familia Resedaceae en el estado de Aguascalientes, donde está representada por *Reseda luteola* L., una especie introducida originaria del viejo mundo donde se utiliza para la producción de colorantes y que es una maleza distribuida en varios estados de la República Mexicana. En Aguascalientes es una planta común, principalmente como elemento de vegetación secundaria derivada de matorral xerófilo, que prospera en orillas de camino y en áreas verdes urbanas.

#### ABSTRACT

The state of Aguascalientes is located in the north central zone of the country and occupies around

**Palabras clave:** flora; taxonomía; biodiversidad; botánica; vegetación; ecosistemas.

**Keywords:** flora, taxonomy, biodiversity, botany, vegetation, ecosystems.

**Recibido: 2 de junio de 2018, aceptado: 18 de septiembre de 2018**

\* Herbario HUAA, Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: m.higinio.s@hotmail.com; masiquei@correo.uaa.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1396-9024>; <http://orcid.org/0000-0002-0865-3589>.

✉ Autor para correspondencia

0.3% of the national surface. About floral territory, Aguascalientes belongs to the Mexican Xerophytic region and, to a lesser extent, to the Mesoamerican of Mountain. The objective of this work is to perform the taxonomic treatment of the Resedaceae family in the state of Aguascalientes, where it is represented by *Reseda luteola* L., a species which was introduced from the old world where it is used for the production of dyes and which is a weed distributed in several states of the Mexican Republic. In Aguascalientes, it is a common plant, mainly as an element of secondary vegetation derived from xerophilous scrub, which thrives on the banks of the road and in urban green areas.

#### INTRODUCCIÓN

El estado de Aguascalientes se encuentra ubicado en la zona centro norte del país, posee una extensión de 5,616 km<sup>2</sup>, que representan aproximadamente 0.3% de la superficie nacional; consta de once municipios: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, El Llano, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San Francisco de los Romo, San José de Gracia y Tepezalá (INEGI, 2016).

Florísticamente, pertenece a dos regiones: la Xerofítica Mexicana y, en menor proporción, la Mesoamericana de Montaña (Rzedowski, 2006). La vegetación templada es la más ampliamente distribuida en el estado, ocupa la zona montañosa o picos aislados y cubre 30.48% de la superficie total de Aguascalientes; alrededor de 30% es vegetación primaria; se distinguen diferentes asociaciones de bosques de encino, pino y mixtos, además de matorrales y pastizales templados. La vegetación

subtropical ocupa solo 6.58% de la superficie total del estado, donde 16.8% se encuentra en condición primaria, aunque con alto grado de disturbio, se distribuye en el suroeste de Aguascalientes y está representada por el bosque tropical bajo caducifolio y el matorral subtropical en las partes más accesibles, el cual es considerado como vegetación secundaria (Siqueiros-Delgado, Rodríguez-Ávalos, Martínez-Ramírez, & Sierra-Muñoz, 2016).

La vegetación xerófila ocupa 21.52% de la superficie total de Aguascalientes; alrededor de 55% tiene vegetación primaria, especialmente pastizal natural y se distribuye principalmente en las planicies centrales formada por comunidades de mezquitales, matorrales y pastizales con diferentes asociaciones vegetales. Por último, la vegetación hidrófila ocupa una reducida superficie, con 0.37% del área y 35% se conserva con vegetación primaria (Siqueiros-Delgado, Rodríguez-Ávalos, Martínez-Ramírez, & Sierra-Muñoz, 2016).

Aunque existen estudios sobre flora de Aguascalientes, algunas familias necesitan ser revisadas para determinar el número de especies y la situación de sus poblaciones. Entre estas familias se encuentra Resedaceae, descrita por primera vez por Martinov en 1820 y está integrada por ocho géneros y 96 especies (Stevens, 2001), que se distribuyen en las regiones templadas del hemisferio norte, principalmente en Europa, Asia y África. Las especies de esta familia prefieren lugares soleados como estepas, sabanas, desiertos y varios de sus integrantes pueden ser vistos como invasores de zonas de reciente disturbio o como malezas ruderales y arvenses (Abdallah, 1967).

A partir de agosto de 2012 hasta abril de 2017 se llevó a cabo el proyecto JF140 de CONABIO "Inventario florístico de familias selectas de dicotiledóneas del estado de Aguascalientes" y actualmente se está trabajando en la flora dicotiledónea del estado, de donde se desprende el presente trabajo, con el objetivo de realizar el tratamiento taxonómico de la familia Resedaceae para el estado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo recolectas en 195 puntos distribuidos en todo el estado siguiendo la metodología propuesta por Engelmann (1986). En cada uno de estos sitios se tomaron coordenadas geográficas con base en Datum WGS 84, se registró el tipo de vegetación

de acuerdo con Rzedowski (2006) y con Siqueiros-Delgado, Rodríguez-Ávalos, Martínez-Ramírez, Sierra-Muñoz y García-Regalado (2017). El material fue identificado por medio de claves taxonómicas especializadas (Abdallah, 1967; Calderón de Rzedowski, 1995, 2001; Moreno & Escamilla, 1984; Valdés-Berméjo, 1993) y cotejado con ejemplares depositados en el Herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA). Con base en los ejemplares y bibliografía revisados se elaboraron descripciones taxonómicas de familia, género y especie, así como un mapa de distribución por medio del programa QGIS.

## RESULTADOS

### Resedaceae Martinov

**Plantas** herbáceas, subarborescentes, arbustivas o arborescentes, glabras o puberulentas. **Tallos** erectos a ascendentes, simples o ramificados. **Hojas** caulinares o en una roseta basal, pecioladas, sésiles o subsésiles, alternas o fasciculadas; láminas simples, enteras o pinatífidas, estípulas presentes y modificadas en glándulas, venación pinnada. **Inflorescencias** terminales rara vez axilares, espigas o racimos, brácteas presentes. **Flores** sésiles o pediceladas, ligeramente zigomorfas, hermafroditas o unisexuales, pequeñas. **Cáliz** con 2-8 sépalos libres o brevemente connados en la base, iguales o subiguales, persistentes o deciduos en fruto. **Corola** presente o ausente, cuando presente de 2-8 pétalos pequeños y poco evidentes, libres o connados, lobulados a laciniados; **estambres** 3-40, con frecuencia colocados a un lado de un disco hipógino, filamentos libres o connados basalmente, persistentes o deciduos, anteras bitecas, de dehiscencia longitudinal; nectario presente o ausente, cuando presente en forma de disco, asimétrico; **ovario** de 2-8 carpelos libres o connados, unilocular, con 2-8 dientes apicales con el mismo número de estigmas sésiles; óvulos por lo común numerosos, placentación parietal, campilotropos. **Fruto** generalmente una cápsula angular, membranosa o papirácea, ovada, oblongo-ovada, cilíndrica o subglobosa, de dehiscencia apical, rara vez una baya. **Semillas** reniformes, testa lisa u ornamentada.

Familia de ocho géneros y 96 especies distribuidas principalmente en el hemisferio norte y unas pocas en el sur de África (Stevens, 2001). Para México se reportan tres géneros (considerando *Forchhammeria*) y un total de nueve especies (Villaseñor, 2016). Sólo un género reportado para Aguascalientes.



**Reseda L.**

**Plantas** herbáceas anuales o perennes, en ocasiones subarborescentes, glabras, pilosas o papilosas. **Tallos** simples o ramificados distalmente, erectos o ascendentes, lisos o estriados longitudinalmente. **Hojas** en roseta basal y caulinares, las de la roseta basal pecioladas, las caulinares alternas, subsésiles o sésiles, láminas simples o pinnatífidas, estípulas glandulares cónicas, espiniformes, base truncada, atenuada o decurrente, ápice agudo, redondeado, obtuso o mucronado, margen entero, ondulado o dentado. **Inflorescencias** terminales, racimos o espigas, con una bráctea en la base de cada flor. **Flores** pediceladas, hermafroditas; **cáliz** de 4-6(8) sépalos, brevemente connados en la base, subiguales, persistentes o deciduos; **corola** presente pétalos 4-6(8), blancos, amarillos o anaranjados, desiguales, uno de ellos más grande que los otros; **estambres** 7-40, saliendo a un lado de un disco unilateral; disco nectarífero presente; ovario de (2) 3-4 (5) carpelos, con el mismo número de dientes apicales. **Fruto** capsular, anguloso, membranoso a papiráceo, ovado, oblongo-ovado, cilíndrico o subgloboso, abriéndose antes de la madurez de las semillas. **Semillas** de testa papilosa, rugosa o lisa.

Género integrado por 68 especies distribuidas principalmente en el Mediterráneo y norte de África, ampliamente naturalizado en zonas templadas y subtropicales del mundo. Sólo una especie reportada para México y, en consecuencia, para Aguascalientes.

**Reseda luteola L.**, Species Plantarum 1: 448 (1753) (figuras 1 y 2)

**Planta** herbácea, anual, glabra. **Tallos** erectos, simples o ramificados de 40-80 (120) cm de alto, estriados longitudinalmente. **Hojas** de la roseta basal con peciolo de (0.5)1-3(6) cm de largo por 0.4-0.6 cm de ancho, estípulas 2-4 en la base de la lámina, espiniformes, de (1)2-3 mm de largo, láminas oblanceoladas a espatuladas, de 8-17(22) cm de largo y 2-3 cm de ancho, base atenuada a brevemente decurrente, ápice obtuso o redondeado, margen ondulado; hojas caulinares sésiles, más pequeñas que las basales, con 2 estípulas basales espiniformes de hasta 1 mm de largo, láminas lineares o lanceoladas de 2-5(7) cm de largo por 0.5-0.7 cm de ancho, base truncada, ápice agudo, redondeado o mucronulado, margen por lo común entero, en ocasiones levemente ondulado. **Inflorescencia** en racimos, de 20-35 cm

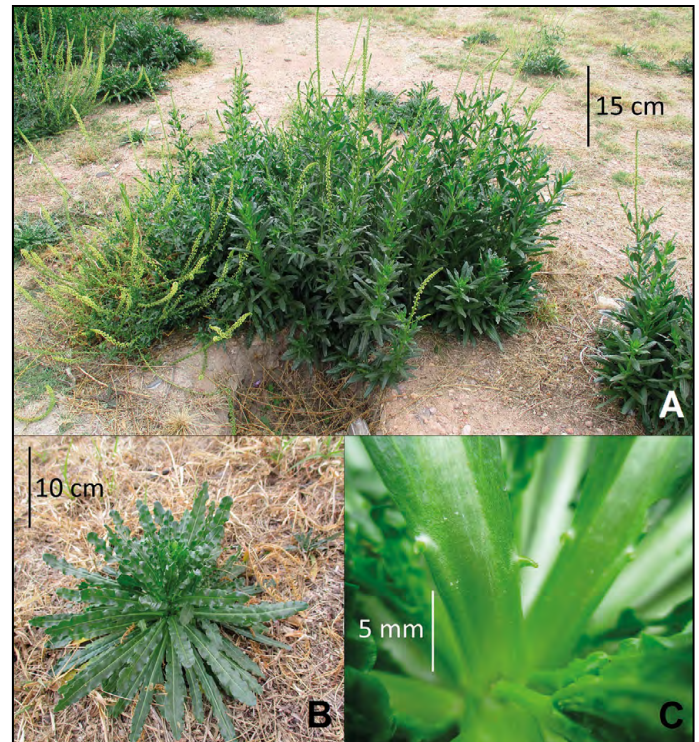


Figura 1. A) Vista general. B) Planta joven con roseta basal. C) Detalle de estípulas.

Fotografías tomadas por los autores.

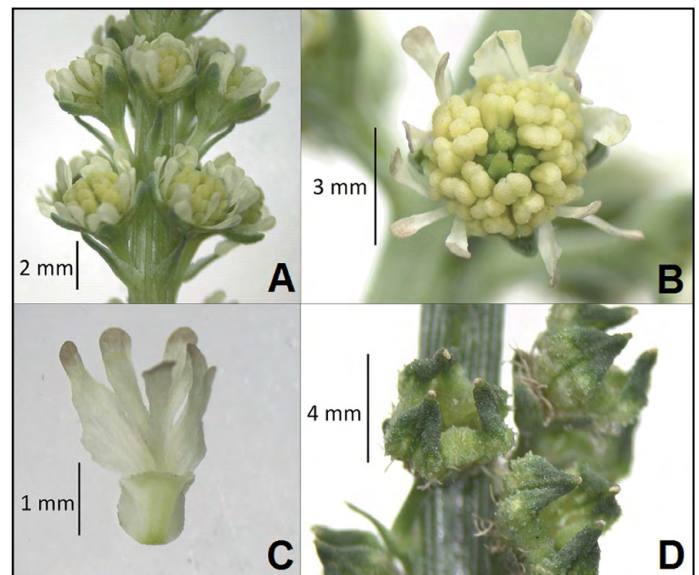


Figura 2. A) Detalle de inflorescencia. B) Detalle de flor. C) Vista adaxial de pétalo. D) Detalle de fruto.

Fotografías tomadas por los autores.

de largo con numerosas flores; brácteas subuladas (2)3-3.5 mm de largo, base truncada y ápice agudo, margen escarioso, persistentes en fruto. **Flores**

cortamente pediceladas, pedicelos de 2-3(4) mm de largo; **cáliz** de 4 sépalos ovados a lanceolados, de 2-2.3 mm de largo por 0.8-1.2 mm de ancho; **corola** de 4 pétalos laciniados, de (2)3-4(5) mm de largo, con una membrana horizontal cercana a la base en la cara adaxial, blancos a amarillentos; **estambres** 20-30, filamentos de 1-1.5 mm de largo, blancos, persistentes en fruto, anteras de hasta 1 mm de largo; **ovario** tricarpelar, obovado, de 2.5-3 mm de largo, c. de 1.5 mm de ancho, superficie cubierta por papilas hialinas persistentes en fruto, 3 dientes apicales. **Fruto** capsular, subgloboso, de 4-5(6) mm de diámetro. **Semillas** reniformes, de 1 mm de largo marrón oscuras a negras, testa lisa y lustrosa.

Se le conoce localmente como "gualda" o "hierba del mosco". Su época de floración es desde finales de otoño hasta invierno, y se le puede encontrar en fruto a finales de enero y principios de febrero. Es de uso forrajero y, debido a que llega a cubrir grandes cantidades de terreno, constituye en muchos casos el único alimento para el ganado durante la temporada invernal. Se le llama hierba del mosco ya que en ésta época es muy visitada por las abejas (figura 3).



Figura 3. *Reseda luteola* L. siendo visitada por una abeja. Fotografía tomada por los autores.

En Aguascalientes es una planta común, principalmente como elemento de vegetación secundaria derivada de matorral xerófilo, crece en orillas de camino y áreas verdes de zonas urbanas (figura 4).

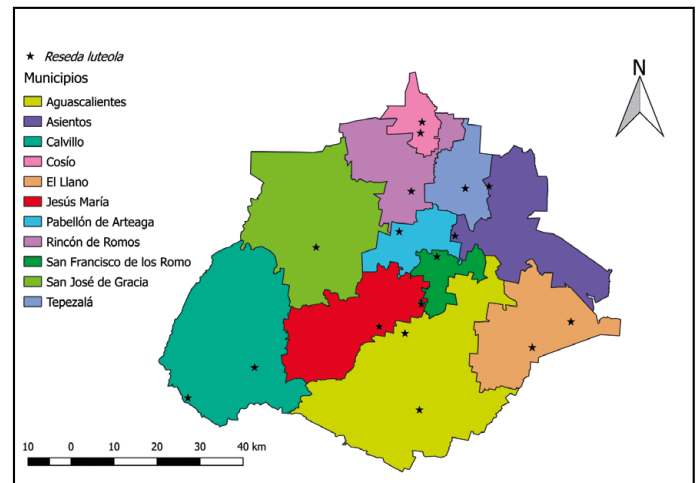


Figura 4. Distribución de *Reseda luteola* L. en el estado de Aguascalientes.

Elaboración propia.

Ejemplares examinados: **Aguascalientes:** Granja el Huizache, 500 metros al NE de San Antonio de Peñuelas, *De la Cerda*, 5323 (HUAA); Jardín Botánico Universidad Autónoma de Aguascalientes, *De la Cerda*, 4558 (HUAA). **Asientos:** Faldas del cerro del Chiquihuite, *Siqueiros*. M.E 2017 (HUAA); Cerro de Microondas, 22°13'5.8"N 102°7'50.3"W, *Sandoval-Ortega* 1010 (HUAA). **Calvillo:** 1.5 km al SE de Malpaso, *Sandoval-Ortega* 1013 (HUAA); Jaltiche de Abajo, *Sandoval-Ortega* 1014 (HUAA). **Cosío:** Pozo del Carrizal, SE de Cosío, *De la Cerda*, 5294 (HUAA). **El Llano:** El Tildio, 21°52'58.3"N 102°2'3.1"W, *Sandoval-Ortega* 1019 (HUAA); El Novillo, 1 km al NE de Palo Alto, 21°56'12.1"N 101°56'50"W, *Sandoval-Ortega* 1020 (HUAA). **Jesús María:** Viñedos San Marcos, *Delgado J. s/n* (HUAA); Curva de la doble A, orilla de la carretera, *Esparza*. S 13 (HUAA). **Pabellón de Arteaga:** El Milagro, ejido Santiago, *De la Cerda*, 5304 (HUAA). **Rincón de Romos:** Ejido de la Víbora (1 km al S de Rincón de Romos), *De la Cerda*, 5285 (HUAA). **San Francisco de los Romo:** Rancho Villa de Guadalupe, *Sandoval-Ortega* 1018 (HUAA). **San José de Gracia:** Potrero de los López, 22°05'30"N 102°31'16.4"W, *Sandoval-Ortega* 1015 (HUAA). **Tepezalá:** 1 km al S de Tepezalá, 22°12'58.0"N 102°11'7.2"W, *Sandoval-Ortega* 1012 (HUAA).



## DISCUSIÓN

En México se han realizado trabajos taxonómicos para esta familia en la región del Bajío (Calderón de Rzedowski, 1995), el valle de México (Calderón de Rzedowski, 2001), Guerrero (Fonseca, 2005) y Veracruz (Nee, 1985), se han reportado hasta la fecha los géneros *Forchhammeria* Liebm., *Oligomeris* Cambess. y *Reseda* L. en el país.

*Forchhammeria* fue anteriormente considerado dentro de la familia Capparaceae (Newman, 2007; Standley, 1924) y actualmente se incluye en Resedaceae (APG IV, 2016; Stevens, 2001). Este género cuenta con alrededor de 10 especies (Newman, 2007), nueve de ellas distribuidas en México, de donde siete son endémicas (Villaseñor, 2016).

Por otro lado, *Oligomeris* está integrado por tres especies, dos de ellas restringidas al suroeste de África y solo *O. linifolia* posee una distribución amplia y disyunta, encontrándose desde el norte de África hasta el suroeste de Asia, y en el sureste de Estados Unidos y norte de México, donde también se le considera nativa (Martín-Bravo, Vargas, & Luceño, 2009).

Por último, el género *Reseda* es el que incluye el mayor número de especies dentro de la familia Resedaceae a nivel global, con un total de 68 (Stevens, 2001). Para el continente americano se han reportado *Reseda alba* L., *R. lutea* L., *R. luteola* L., y *R. odorata* L., todas estas introducidas (Martín-Bravo et al., 2009), para México se reporta solo *R. luteola* L. (Villaseñor & Espinosa-García, 2004).

*Reseda luteola* L. es una especie proveniente de Europa, donde se le cultivaba por su colorante

amarillo (Valdés-Bermejo, 1993) y posiblemente fue introducida en el país con el mismo fin.

De acuerdo con Angelini, Bertoli, Rolandelli y Pistelli (2003) *Reseda luteola* produce flavonoides en sus partes aéreas, principalmente en las hojas e inflorescencias, el más importante de estos es la luteolina, un pigmento amarillo utilizado para teñir lana y seda desde tiempos antiguos. En países como Turquía sigue siendo utilizada para para teñir alfombras y se le considera una especie de alto valor económico (Doğan, 2001).

Actualmente es una maleza distribuida en varios estados de la República Mexicana (Villaseñor & Espinosa-García, 1998) y en Aguascalientes es común en tierras de cultivos como el ajo, alfalfa, avena, brócoli, cebolla y *Lolium*, en suelos generalmente franco arcillosos con un pH de 5.2 a 8.5 (De la Cerda-Lemus, 2002) y se le considera como una especie de importancia melífera, productora de néctar y polen (Franco-Olivares, Siqueiros-Delgado, & Hernández-Ayala, 2012). Además de poseer valor para el ganado, principalmente caprino, ya que de acuerdo a Nagel et al. (2011), su alto contenido en proteína cruda y bajo contenido de fibra la convierten en una planta forrajera excepcional.

## CONCLUSIONES

*Reseda luteola* L. es el único representante de la familia Resedaceae en el estado de Aguascalientes. Es una planta común que se distribuye principalmente en áreas con disturbio y como maleza arvense y ruderal en la zona árida y semiárida del estado, que es de importancia melífera, forrajera y que ha sido utilizada en el viejo mundo como colorante natural desde tiempos antiguos, sin embargo, en Aguascalientes no se le da este uso.



## REFERENCIAS

- Abdallah, M. S. (1967). The Resedaceae. A taxonomical revision of the family. *Mededelingen Landbouwho-geschool Wageningen*, 67(8), 1-98.
- Angelini, L. G., Bertoli, A., Rolandelli, S., & Pistelli, L. (2003). Agronomic potential of *Reseda luteola* L. as new crop for natural dyes in textiles production. *Industrial Crops and Products*, 17(3), 199-207. doi: 10.1016/S0926-6690(02)00099-7
- Angiosperm Phylogeny Group IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20. doi: 10.1111/boj.12385
- Calderón de Rzedowski, G. (1995). Resedaceae. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, 35, 1-6.
- \_\_\_\_\_ (2001). Resedaceae. En G. Calderón & J. Rzedowski (Eds.), *Flora del Valle de México* (2 ed., p. 213). México: Instituto de Ecología, A.C.-CONABIO.
- De la Cerda-Lemus, M. (2002). *Malezas de Aguascalientes*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Doğan, Y. (2001). A study on the autecology of *Reseda lutea* L. (Resedaceae) distributed in Western Anatolia. *Turkish Journal of Botany*, 25, 137-148.
- Engelman, G. (1986). Instructions for the collection and preservation of botanical specimens. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 73(3), 504-507.
- Fonseca, R. M. (2005). Connaraceae y Resedaceae. En N. Diego-Pérez & R. M. Fonseca (Eds.), *Flora de Guerrero* (23, 10 pp.). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Franco-Olivares, V. H., Siqueiros-Delgado, M. E., & Hernández-Ayala, E. G. (2012). *Flora apícola del estado de Aguascalientes*. México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). *Anuario estadístico y geográfico de Aguascalientes 2016*. Aguascalientes, México: Autor.
- Martín-Bravo, S., Vargas, P., & Luceño, M. (2009). Is *Oligomeris* (Resedaceae) indigenous to North America? Molecular evidence for a natural colonization from the Old World. *American Journal of Botany*, 96(2), 507-518. doi: 10.3732/ajb.0800216
- Moreno, N. P. (1984). *Glosario botánico ilustrado* (Ilustraciones de M. Escamilla). México: Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos.
- Nagel, P., Wurzing, M., Iñiguez, L., Echavarría-Chairez, F. G., Flores Nájera, M. de J., Pinos-Rodríguez, J. M., ... Zollitsch, W. (2011). Sistemas de alimentación para las cabras y evaluación cualitativa de los piensos a los que se tienen acceso durante la temporada de seca: Dos estudios de caso del Altiplano mexicano. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XVII(Esp.), 247-258. doi: 10.5154/rchscfa.2010.09.089
- Nee, M. (1985). Resedaceae. En A. Gómez-Pompa (Ed.), *Flora de Veracruz* (48, 5 pp.). México: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.
- Newman, M. (2007). Capparaceae Juss. En *Flora Del Valle De Tehuacán-Cuicatlán* (51, 11 pp.). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Recuperado de [http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf)
- Siqueiros-Delgado, M. E., Rodríguez-Ávalos, J. A., Martínez-Ramírez, J., & Sierra-Muñoz, J. C. (2016). Situación actual de la vegetación del estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences*, 94(3), 455-470. doi: 10.17129/botsci.466
- Siqueiros-Delgado, M. E., Rodríguez-Ávalos, J. A., Martínez-Ramírez, J., Sierra-Muñoz, J. C., & García-Regalado, G. (2017). *Vegetación del estado de Aguascalientes*. México: Universidad Autónoma de Aguascalientes-CONABIO.
- Standley, P. C. (1924). The genus *Forchammeria*. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 14, 269-272.
- Stevens, P. F. (2001). Angiosperm Phylogeny Website [Portal electrónico informativo]. Recuperado el 14 de julio de 2018, de <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- Valdés Bermejo, E. (1993). *Reseda* L. En S. Castroviejo et al. (Eds.), *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares: Vol. 4. Cruciferae-Monotropaceae* (pp. 440-473). Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559-902. doi: 10.1016/j.rmb.2016.06.017
- Villaseñor, J. L., & Espinosa-García, F. J. (1998). *Catálogo de malezas de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- \_\_\_\_\_ (2004). The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions*, 10, 113-123. doi: 10.1111/j.1366-9516.2004.00059.x

## Reciclado de plásticos de tapas de botella y defensas automotrices reforzadas con fibra de vidrio para fabricar alcantarillas domésticas

### Recycling plastics bottle caps and fiberglass-reinforced car bumper plastics for domestic sewers production

Ángel García-Velázquez\*✉, María Guadalupe Amado-Moreno\*, Lydia Toscano-Palomar\*\*, Ofelia Jasmín Seufert-García\*\*, Paola Lizeth Beltrán-Félix\*\*

García-Velázquez, A., Amado-Moreno, M. G., Toscano-Palomar, L., Seufert-García, O. J., & Beltrán-Félix, P. L. (2019). Reciclado de plásticos de tapas de botella y defensas automotrices reforzadas con fibra de vidrio para fabricar alcantarillas domésticas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 11-18.

#### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue reciclar los plásticos de tapas de botella y defensas automotrices con un refuerzo de fibra de vidrio para fabricar alcantarillas domésticas. Se realizó un arreglo experimental considerando las tapas como resina principal, variando la concentración de fibra de vidrio y de plástico de defensa automotriz. Los resultados de las pruebas mecánicas, de absorción de agua, de consistencia y procesabilidad de la mezcla, determinaron que la formulación óptima para fabricar la alcantarilla fue 40% de plástico de defensas automotrices, 40% de fibra de vidrio y 1.5% de agente de acoplamiento. El proceso de elaboración, en comparación con los existentes en el mercado, es más económico y evita el consumo

**Palabras clave:** reciclado; tapas plásticas de botella; plástico de defensas automotrices; reciclado de polipropileno; materiales compuestos poliméricos.

**Keywords:** recycling; plastic bottle caps; car bumper plastic; polypropylene recycling; polymeric composite materials.

Recibido: 12 de diciembre de 2017, aceptado: 19 de septiembre de 2018

\* Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Mexicali, Tecnológico Nacional de México. Avenida Tecnológico s/n, Colonia Elías Calles, C. P. 21376, Mexicali, Baja California, México. Correo electrónico: angel.g20@hotmail.com; lupitaamado@yahoo.com.mx. ORCID: orcid.org/0000-0002-8458-7755; orcid.org/0000-0001-6363-5888

\*\* Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Mexicali, Tecnológico Nacional de México. Avenida Tecnológico s/n, Colonia Elías Calles, C. P. 21376, Mexicali, Baja California, México. Correo electrónico: lydiatos@hotmail.com; jasmínseufert@hotmail.com; paolabel@hotmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0002-2472-4826; orcid.org/0000-0002-8222-0319; orcid.org/0000-0002-7257-8325

✉ Autor para correspondencia

de combustibles fósiles. Es un producto que puede sustituir a las alcantarillas domésticas elaboradas con metales fundidos, es más ligero, fácil de moldear, resistente a la oxidación y duradero.

#### ABSTRACT

The purpose of this research was to recycle plastic bottle caps and fiberglass-reinforced car bumpers for domestic sewer production. An experimental arrangement was made considering the bottle caps as the main resin with different concentrations of both fiberglass and car bumper plastic. The use of mechanic tests, water absorption, consistency and processability tests of mixture determined that the optimal formula to sewers production is composed of: 40% of car bumper plastic, 40% of fiberglass and 1.5% of coupling agent. While this procedure will not require fossil fuel consumption; it will also be found more economical than other procedures in the market. Its lightness; moldability, oxidative resistance and durability, would enable this product to substitute current domestic sewers; which are being produced with melted metals.

#### INTRODUCCIÓN

Reciclar plásticos es una opción para que un material de desecho se convierta en materia prima o en un nuevo producto. Hoy día muchos de los artículos de uso cotidiano se distribuyen en botellas con tapas de plástico, una vez desechadas se acumulan en calles y rellenos sanitarios; existe contaminación debida a plásticos de defensas automotrices, que al dañarse son difíciles de reparar y resulta más económica su

sustitución, pero al no tener ninguna aplicación se acumulan en talleres mecánicos, desmanteladoras y calles.

En 2012 se generaron en México 37.5 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos (a partir de aquí RSU). Baja California fue el octavo estado con mayor generación de RSU en el país, con 1,425.33 miles de t de residuos mixtos. Aproximadamente 10.9% de la basura en el país es plástico. La generación de RSU en 2015 aumentó, alcanzado 53.1 MMt, en donde también incrementó la cantidad de desechos plásticos (SEMARNAT, 2016).

Los residuos plásticos se degradan lentamente, lo que genera contaminación de suelos, ríos y mares, lo que constituye un problema para el país en materia ambiental y demanda a la sociedad la necesidad de reciclar. La contaminación generada por la disposición inadecuada de dichos materiales de desecho hizo posible desarrollar la investigación en el Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM), en Baja California, México. Se utilizó el polipropileno (a partir de aquí PP) de tapas de botella y el plástico de defensas automotrices, ya que contiene aditivos especiales que favorecen las propiedades del material durante el proceso de reciclado (Pukánszky, 1999). Durante dicho proceso el plástico experimenta un decaimiento en sus propiedades mecánicas ocasionado por la modificación de su estructura molecular, en comparación con el material virgen. Para subsanar estas pérdidas se agregan materiales de refuerzo y aditivos, los cuales mejoran las propiedades del material reciclado (Callister & Rethwisch, 2016; Hull, 2003). En los últimos años para mejorar el desempeño físico de los polímeros reforzados con fibras sintéticas se han utilizado diferentes agentes de acoplamiento, los cuales crean enlaces químicos entre el polímero y la fibra de refuerzo, lo que incrementa las propiedades del material compuesto (Sanjuan-Raygoza & Jasso-Gastinel, 2009).

Un material compuesto presenta dos elementos principales: fibra y matriz. La combinación adecuada de estos componentes origina materiales con mejores propiedades que las partes que los componen por separado. Los aditivos proporcionan a los materiales compuestos características peculiares para cada tipo de proceso y aplicación.

La fibra de vidrio es el refuerzo más utilizado debido a su bajo costo y propiedades, como alta

resistencia a la tensión, a la intemperie, excelente estabilidad dimensional y baja conductividad térmica, además de ser incombustible y biológicamente inerte; por lo que cuando se une con un polímero sus propiedades se ven mejoradas (Miravete et al., 2007).

Los agentes de acoplamiento mejoran la adhesión entre el plástico y la fibra, reducen la absorción de agua e incrementan la resistencia mecánica. Además, ayudan a la dispersión de la fibra en la matriz, lo que puede permitir un incremento del porcentaje de fibra dentro del compuesto. Este tipo de aditivos se utiliza en concentraciones de 1 a 2% (Flórez Sastre, 2009). El anhídrido maleico es uno de los mejores agentes de acoplamiento en las industrias del plástico y de los polímeros (Bustamante Rodríguez, Cañada Jaime, Madueña Mendoza, & Medrano Urbano, 2001; Gallego, López, & Gartner, 2006). Bouza Padín (2008) ha encontrado que para elaborar un material compuesto, la concentración de fibra de refuerzo varía de 20 a 40% y la del agente de acoplamiento de 0.5 a 5%.

Existen investigaciones que abordan el reciclado del PP con diversas fibras, agentes de acoplamiento y plásticos. En Cuba se realizó reciclado de PP con bagazo cubano, una fibra vegetal, donde los mejores resultados obtenidos por Brown Gómez et al. (2007, p. 298) fueron "un 20% de fibra molida incorporada al material reforzado resulta el mejor valor para el porcentaje de cristalinidad y un aumento en la carga, dificulta la cristalización del material reforzado formulado", mencionan que se utilizó 5% de agente de acoplamiento para realizar la mezcla polimérica.

En Colombia, Córdoba Barahona, Mera, Martínez y Rodríguez (2010, p. 426) reciclaron PP con polietileno de alta densidad (a partir de aquí PEAD) y fibra vegetal mediante una concentración de 3% de fibra para todas las pruebas, encontraron como resultado que "todas las pruebas de compresión, flexión y tensión, muestran que la fibra no aumenta la resistencia, pero sí incrementa su ductilidad y esto puede ser aprovechado como ventaja para materiales que requieran ser livianos y muy deformables", se obtuvo que la más conveniente contenía 70% de PP y 30% de PEAD.

Rivai, Gupta, Islam y Beg (2014) reportan que en Malaysia se realizó reciclado de PP y como

fibras de refuerzo utilizaron cáscaras de fruta de palma y fibra de vidrio, la mezcla polimérica fue con 40% de fibra, 60% de PP reciclado y 5% de anhídrido maleico Polybond 3200 como agente de acoplamiento. En México también se han realizado investigaciones sobre el reciclado del PP. Sanjuan-Raygoza y Jasso-Gastinel (2009) evaluaron la fibra de agave como refuerzo en un material compuesto con PP virgen y reciclado, en algunas formulaciones utilizaron agente de acoplamiento, encontraron que los mejores resultados en las pruebas mecánicas se obtuvieron cuando se utilizó agente de acoplamiento.

Lázaro León, Gonzáles Mora, Cárdenas Oscanoa y Gago Campusano (2016) evaluaron propiedades físicas de un material compuesto elaborado con PP reciclado y fibras de bambú, los mejores resultados se dieron con 30% de fibra de bambú, 70% de PP reciclado y anhídrido maleico de 0 a 2%. Las investigaciones mencionadas motivaron la realización del presente trabajo, el cual consistió en el reciclaje de tapas plásticas de botella y defensas automotrices con refuerzo de fibra de vidrio y agente de acoplamiento para fabricar alcantarillas domésticas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material compuesto para elaborar las alcantarillas domésticas fue el PP como matriz y la fibra de vidrio como refuerzo. Debido a que dichos materiales son incompatibles químicamente (Miravete et al., 2007) se incorporó a la formulación anhídrido maleico como agente de acoplamiento y para mejorar la procesabilidad se añadió el plástico de defensas

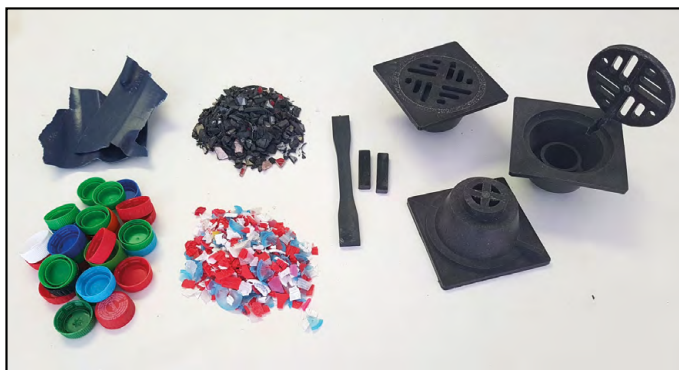


Figura 1. Tapas plásticas de botellas y defensas automotrices para fabricar alcantarillas domésticas. Fotografía tomada por el equipo de investigación.

automotrices, el cual contiene aditivos de ayuda de proceso que se mantienen en las defensas desde su fabricación (Pukánszky, 1999).

El proyecto se realizó en cinco etapas:

### 1) Recolección y trituración de plástico de tapas de botellas y defensas automotrices

Mediante una campaña de acopio las tapas plásticas de botella se recolectaron en el ITM, a su vez, las defensas automotrices se obtuvieron de talleres mecánicos y desmanteladoras en la Ciudad de Mexicali, Baja California, México. Estos materiales se trituraron por separado en un molino de dos hojas American Grinder de 5 HP, hasta un tamaño de partícula entre 2 y 7 mm.

### 2) Arreglo experimental

Las variables en las formulaciones realizadas fueron la concentración de la fibra de vidrio y de plástico de defensa automotriz, el agente de acoplamiento se mantuvo fijo al 1.5% con respecto a la cantidad de polipropileno de tapas de botella que fue la resina principal, en la tabla 1 se observa el arreglo.

Tabla 1  
Arreglo experimental para las formulaciones

% de plástico de defensa automotriz	% de fibra de vidrio			
	0	30	40	50
0	X	X		
20		X		X
30	X	X	X	
40			X	

Nota: Elaboración propia.

Nomenclatura utilizada para las formulaciones:

20 - 50 - 1.5 ← Porcentaje del agente de acoplamiento respecto al total de polipropileno de tapas  
 ↑ Porcentaje de fibra de vidrio respecto al total de polipropileno de tapas  
 ↑ Porcentaje de plástico de defensa respecto al total de polipropileno de tapas

### 3) Elaboración del material compuesto según las formulaciones

Con el material triturado se prepararon las ocho formulaciones señaladas en la tabla 1. Para el



mezclado se utilizó un extrusor monohusillo (ver figura 2) con una relación L/D= 20/1 accionado por una unidad de potencia hidráulica y operando a una velocidad de 40 rpm en el husillo.

Se generó un extruido, con una sección transversal de 3 mm de diámetro, el cual fue enfriado en agua a 3 °C. Una vez a temperatura ambiente fue seccionado en una peletizadora. En la figura 3 se presenta el material compuesto extruido y peletizado.



Figura 2. Extrusor monohusillo.  
Fotografía tomada por el equipo de investigación.

#### 4) Elaboración de probetas para pruebas del material compuesto

Las dimensiones de las probetas y el procedimiento de prueba se realizaron según las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) mostradas en la tabla 2, así como el equipo utilizado. Se elaboraron las probetas para las ocho formulaciones obtenidas. La técnica utilizada fue moldeado por inyección.



Figura 3. Material compuesto extruido y peletizado.  
Fotografía tomada por el equipo de investigación.

**Prueba de flexión.** Con esta prueba se midió la capacidad que tiene el material de doblarse sin romperse, debido a la aplicación de una carga. Se elaboraron 10 probetas para cada una de las formulaciones.

**Prueba de tensión.** Se determinó el máximo esfuerzo que el material puede resistir antes de su rotura cuando es tensionada por ambos extremos, el módulo elástico y el porcentaje de elongación. En la figura 4 se muestra el molde maquinado en acero inoxidable 304 y la probeta obtenida para la prueba de tensión. Se elaboraron 10 probetas para cada una de las formulaciones.

**Prueba de resistencia al impacto.** Para esta prueba se realizaron cinco probetas para cada formulación, algunas se observan en la figura 5. Posteriormente se midió la energía absorbida en la rotura de las muestras.

**Prueba de absorción de humedad.** Las probetas fueron secadas durante 24 h a 110 °C, pesadas e introducidas en agua destilada durante 24 h, al cumplirse el tiempo se les retiró el agua de la superficie y se pesaron de nuevo. El contenido de

Tabla 2  
Normatividad y equipo para las pruebas mecánicas, absorción de humedad e índice de fluidez

Prueba	Norma	Equipo
Flexión	A S T M D-790-02	Máquina universal de ensayos marca Physical Test Solutions (PTS)
Tensión	A S T M D638	
Resistencia al impacto	A S T M D256-93	Máquina de impacto Monsanto Tensómetro de doble brazo modalidad Charpy
Absorción de humedad	A S T M D-570-98	Método de diferencia de pesos
Índice de fluidez	A S T M D-1238	Medidor de índice de fluidez. Modelo MF1312 marca Physical Test Solutions (PTS)

Nota: Elaboración propia.

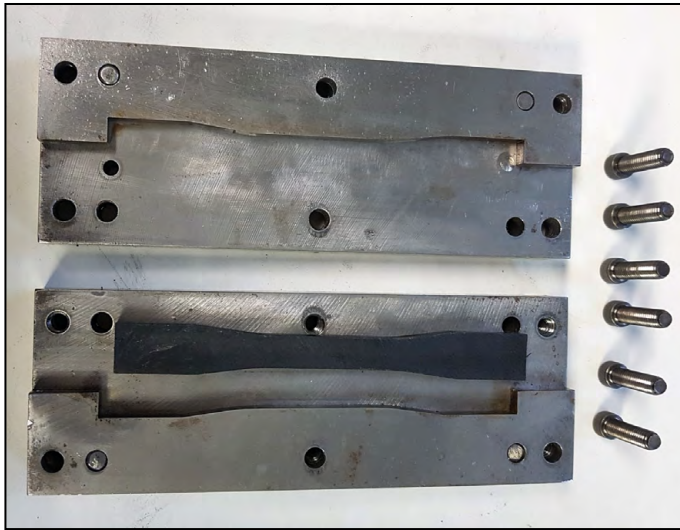


Figura 4. Molde y probeta para la prueba de tensión. Fotografía tomada por el equipo de investigación.



Figura 5. Probetas para la prueba de impacto. Fotografía tomada por el equipo de investigación.

humedad se determinó por diferencia de pesos para cada una de las ocho formulaciones.

**Índice de fluidez.** Es una prueba reológica que se realizó para las ocho formulaciones. Se define como la cantidad de plástico que fluye a través de un dado en 10 min, manteniendo constante presión y temperatura. Se relaciona con el peso molecular del plástico y su procesabilidad.

##### 5) Diseño y elaboración del molde para la fabricación de la alcantarilla doméstica

Se diseñó un molde de dos piezas para el



Figura 6. Molde de dos piezas para el cuerpo de la alcantarilla. Fotografía tomada por el equipo de investigación.

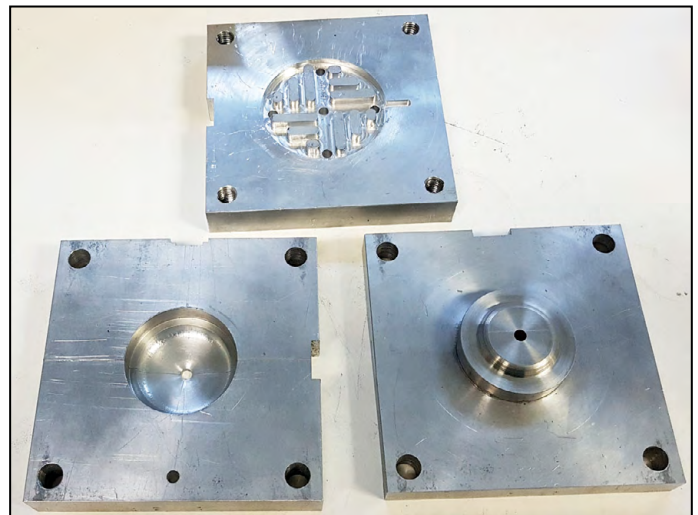


Figura 7. Molde de tres piezas para la rejilla de la alcantarilla. Fotografía tomada por el equipo de investigación.

cuerpo de la alcantarilla y otro de tres piezas para la inyección de la rejilla. En las figuras 6 y 7 se observan los dos moldes. Se elaboró con medidas comerciales: base de 4"x4", entrada para tubo de drenaje de 1.5" y trampa integrada para la retención de sólidos y olores.

## RESULTADOS

Se presentan en la tabla 3 los resultados de la prueba de flexión, las formulaciones que presentaron mayor resistencia a la flexión fueron 20-50-1.5, 40-40-1.5 y 100% de tapas. También es posible visualizar que las dos formulaciones con mayor resistencia a la flexión son las que tienen mayor concentración de fibra de vidrio.



Tabla 3  
 Resultados de la medición de la prueba flexión

Formulación	Resistencia a la flexión (MPa)	Desviación estándar
20-50-1.5	613.443	18.191
40-40-1.5	578.914	35.364
100% tapas	564.321	44.540
30-40-1.5	559.221	23.497
0-30-1.5	434.231	33.867
30-30-1.5	412.174	45.601
20-30-1.5	344.677	17.404
30-0-0	256.736	25.161

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 4 se observó que las formulaciones 20-50-1.5, 40-40-1.5 y 30-40-1.5 presentaron el valor máximo del módulo elástico y mayor cantidad de fibra de vidrio. En cuanto al porcentaje de elongación no se observa mucha variación, a excepción de las formulaciones 30-0-0 y 100% tapas, que presentan mayor porcentaje de elongación, el resto tiene un porcentaje de elongación entre 9 y 19%. Las tres formulaciones con esfuerzo máximo a la rotura fueron 40-40-1.5, 20-50-1.5 y 30-40-1.5, las que tienen mayor concentración de fibra de vidrio.

Las formulaciones que mostraron mayor resistencia al impacto se observan en la tabla 5 y fueron 20-50-1.5, 40-40-1.5, 20-30-1.5, 30-40-1.5 y 30-30-1.5.

Tabla 4  
 Resultados de la medición de la prueba de tensión

Formulación	Módulo elástico (MPa)	Desviación estándar	% de elongación	Desviación estándar	Esfuerzo máximo (MPa)	Desviación estándar
20-50-1.5	3.292	0.251	12.038	1.074	38.928	0.482
40-40-1.5	3.180	0.194	12.939	4.902	40.807	0.335
30-40-1.5	2.920	0.124	13.053	7.152	37.921	1.256
30-30-1.5	2.714	0.188	13.835	1.568	21.473	0.455
20-30-1.5	2.662	0.230	15.200	2.255	21.380	0.633
30-0-0	2.112	0.052	137.918	138.878	19.217	0.231
0-30-1.5	2.100	0.231	9.840	1.687	15.554	0.255
100% tapas	1.482	0.850	18.709	3.613	19.016	0.704

Nota: Elaboración propia.

Tabla 5  
 Resultados de la medición de la prueba de impacto

Formulación	Resistencia al impacto Isod (KJ/m <sup>2</sup> )	Desviación estándar
20-50-1.5	44.344	2.713
40-40-1.5	41.484	4.672
20-30-1.5	40.850	3.806
30-40-1.5	40.830	1.586
30-30-1.5	40.070	3.664
100% tapas	38.560	0.237
0-30-1.5	35.400	3.754
30-0-0	12.787	14.629

Nota: Elaboración propia.

Se observa en la tabla 6 que el porcentaje de absorción de humedad en todas las formulaciones se mantuvo bajo y con una ligera variación.

Tabla 6  
 Resultados de la prueba de absorción de humedad

Formulación	% de absorción de humedad	Desviación estándar
20-50-1.5	0.056	1.251
40-40-1.5	0.042	6.343
30-40-1.5	0.038	2.165
0-30-1.5	0.035	2.851
30-0-0	0.033	3.771
100% tapas	0.032	4.024
20-30-1.5	0.027	3.610
30-30-1.5	0.024	2.186

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 7 se observa que las formulaciones con mayor índice de fluidez fueron 30-0-0, 20-30-1.5, 30-30-1.5, 30-40-1.5 y 40-40-1.5.

Tabla 7  
Resultados de la medición de índice de fluidez

Formulación	Promedio del índice de fluidez (g/10min)	Desviación estándar
30-0-0	39.817	7.493
20-30-1.5	39.713	8.248
30-30-1.5	32.049	4.599
30-40-1.5	31.205	7.593
40-40-1.5	26.278	11.603
0-30-1.5	6.888	4.785
20-50-1.5	6.812	5.222
100% tapas	4.176	3.450

Nota: Elaboración propia.

## DISCUSIÓN

La formulación con mejores propiedades mecánicas fue 20-50-1.5, ya que contiene una concentración alta de fibra de vidrio; sin embargo, durante la extrusión se presentó separación de la fibra y el plástico por un débil anclaje. El índice de fluidez fue de los más bajos, lo cual puede asociarse con el alto porcentaje de fibra de vidrio dificultando la procesabilidad, por lo cual se descartó como formulación para el moldeo por inyección de las alcantarillas domésticas. La formulación 40-40-1.5 fue la segunda con mejores propiedades mecánicas, contiene una concentración alta de fibra de vidrio, presenta consistencia homogénea e índice de fluidez alto, lo cual puede asociarse al alto porcentaje de defensas automotrices y a los aditivos que estas le confieren.

Las formulaciones 30-40-1.5, 30-30-1.5 y 20-30-1.5 presentaron buen anclaje entre la fibra de vidrio y el plástico, así como un índice de fluidez mayor que las formulaciones 20-50-1.5 y 40-40-1.5. Las propiedades mecánicas son superiores en porcentaje de elongación a las de 20-50-1.5 y 40-40-1.5, pero menores en módulo elástico, esfuerzo máximo a la rotura y resistencia al impacto. El porcentaje de absorción de humedad en todas las formulaciones se mantuvo bajo. Los resultados de la prueba de humedad validan que el polipropileno es un material idóneo para reciclar, ya que mantiene la propiedad de no ser higroscópico (Mink, 1990).

Finalmente se seleccionó como formulación óptima la 40-40-1.5, su buena procesabilidad al momento del moldeo por inyección permitió llenar las cavidades de los moldes sin dificultad y con el acabado adecuado, con ella se fabricaron las alcantarillas mostradas en la figura 8.

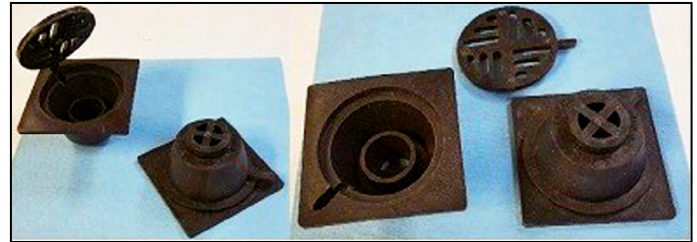


Figura 8. Alcantarilla doméstica elaborada con plástico reciclado. Fotografía tomada por el equipo de investigación.

## CONCLUSIONES

En este proyecto se recicló polipropileno de tapas plásticas de botella y defensas automotrices con refuerzo de fibra de vidrio y agente de acoplamiento. La formulación óptima del material compuesto obtenido fue 40-40-1.5; es decir, aquella que contiene 40% de plástico de defensas de automóvil, 40% de fibra de vidrio y 1.5% de agente de acoplamiento, porcentajes referidos a la cantidad total de polipropileno de las tapas. Con esta formulación se fabricaron las tapas para desagüe domésticas.

Los criterios cuantitativos para la selección de la formulación óptima fueron la resistencia al impacto y a la flexión, el módulo elástico, el porcentaje de elongación, el esfuerzo máximo y el índice de fluidez; mientras que el criterio cualitativo fue la consistencia o anclaje entre la fibra de vidrio y el plástico.

La aportación principal de esta investigación fue la elaboración de alcantarillas domésticas con materiales plásticos de desecho, y se obtuvo una formulación óptima susceptible de ser utilizada para elaborar otros productos.

La alcantarilla producida con plásticos reciclados es un material más ligero, manejable, resistente a la oxidación y duradero con respecto a las tapas para desagüe tradicionales. Es un producto que puede sustituir a los sumideros domésticos elaborados con metales fundidos. El proceso de elaboración de la rejilla obtenida en comparación con las existentes en el mercado es más económico

y evita el consumo de combustibles fósiles, así como la disminución de los residuos plásticos en rellenos sanitarios.

Al reprocesar plásticos sus propiedades disminuyen, la fibra de vidrio permite recuperar propiedades mecánicas pero aumenta la viscosidad, por lo que se requieren ayudas de proceso (aditivos) que se encuentran en otro material plástico que también se encuentra contaminado el medio ambiente: las

defensas automotrices, por lo que combinados son una alternativa para el reciclado.

El reciclaje con materiales plásticos representa un área de oportunidad para aplicaciones en el sector industrial. En la fabricación de tubería para drenaje, conectores, coplees, codos, té, reducciones, cajas de contactos e interruptores, contenedores para pintura, aceites, adhesivos, impermeabilizantes entre otros.

## REFERENCIAS

- Bouza Padín, R. (2008). *Diseño y caracterización de nuevos materiales compuestos polipropileno y madera: Estudio del viniltrimetoxisilano como agente de acoplamiento* (Tesis doctoral, Universidad de A Coruña, España). Recuperado de [http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/7356/Bouza\\_Rebeca\\_TD\\_2008.pdf?sequence=1](http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/7356/Bouza_Rebeca_TD_2008.pdf?sequence=1)
- Brown Gómez, A., Matellanes, L., Álvarez Delgado, A., Momeñe, E., Txarroalde, J. R., Serantes, M., Leal, J. A., & Renté, A. (2007). Disminución del empleo de materiales plásticos a partir de la revalorización del bagazo cubano. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 8(4), 287-299. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2382107>
- Bustamante Rodríguez, A., Cañada Jaime, H., Madueña Mendoza, F. J., & Medrano Urbano, J. C. (2001). *Diseño de una planta para la fabricación de anhídrido maléico vía n-butano* (Proyecto final, Universidad Autónoma Metropolitana, México). Recuperado de [https://www.academia.edu/7924893/J\\_DISE%C3%91O\\_DE\\_UNA\\_PLANTA\\_PARA\\_LA\\_FABRICACION\\_DE\\_ANH%C3%8DDRIDO\\_MAL%C3%89ICO\\_VIA\\_N-BUTANO\\_-\\_AUTORES](https://www.academia.edu/7924893/J_DISE%C3%91O_DE_UNA_PLANTA_PARA_LA_FABRICACION_DE_ANH%C3%8DDRIDO_MAL%C3%89ICO_VIA_N-BUTANO_-_AUTORES)
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2016). *Ciencia e ingeniería de materiales* (2ª. ed.). España: Reverté.
- Córdoba Barahona, C., Mera, J., Martínez, D., & Rodríguez, J. (2010). Aprovechamiento de polipropileno y polietileno de alta densidad reciclados, reforzados con fibra vegetal, tetera (*Stromanthe stromathoides*). *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(7), 417-427. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3694217>
- Flórez Sastre, L. (2009). Desarrollo, tendencias y perspectiva del mercado de las maderas plásticas. *Tecnología del Plástico*, 1-3. Recuperado de <http://www.plastico.com/temas/Desarrollos,-tendencias-y-perspectiva-del-mercado-de-las-maderas-plasticas+3072802>
- Gallego, K., López, B. L., & Gartner, C. (2006). Estudio de mezclas de polímeros reciclados para el mejoramiento de sus propiedades. *Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia*, 37, 59-70. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/430/43003707.pdf>
- Hull, D. (2003). *Materiales compuestos*. España: Reverté.
- Lázaro León, K. C., Gonzáles Mora, H. E., Cárdenas Oscaño, A. J., & Gago Campusano, J. (2016). Evaluación de las propiedades físicas de material compuesto elaborado con bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) y polipropileno. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(38), 79-94. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322016000600079&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322016000600079&script=sci_arttext)
- Mink, W. (1990). *El plástico en la industria. Tratado práctico. Inyección de plásticos*. México: G.Gili.
- Miravete, A., Larrodé, E., Castejón, L., Clemente, R., Jiménez, M. A., Lizaranzu, M., ... Peralta, J. L. (2007). *Materiales Compuestos I*. España: Reverté.
- Pukánszky, B. (1999). Particulate filled polypropylene composites. En J. Karger-Kocsis (Ed.), *Polypropylene: An A-Z Reference* (pp. 574-657). Budapest: Kluwer Publishers.
- Rivai, M., Gupta, A., Islam, M. R., & Beg, M. D. H. (2014). Characterization of oil palm empty fruit bunch and glass fiber reinforced recycled polypropylene hybrid composites. *Fibers and Polymers*, 15(7), 1523-1530. doi: 10.1007/s12221-014-1523-y
- Sanjuan-Raygoza, R. J., & Jasso-Gastinel, C. F. (2009). Efecto de la fibra de agave de desecho en el reforzamiento de polipropileno virgen o reciclado. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 8(3), 319-327. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-27382009000300011](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382009000300011)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Informe de la situación del medio ambiente en México 2015. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde*. Recuperado de [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15\\_completo.pdf](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf)

## Distribución de fuentes de ruido sísmico y una aplicación a la geofísica

### Distribution of seismic noise sources and an application to geophysics

Jovan Ezequiel Basaldúa-Sánchez\*✉, Norberto Flores-Guzmán\*\*, Rafael Ávila-Carrera\*\*\*, Alejandro Rodríguez-Castellanos\*\*\*\*

Basaldúa-Sánchez, J. E., Flores-Guzmán, N., Ávila-Carrera, R., & Rodríguez-Castellanos, A. (2019). Distribución de fuentes de ruido sísmico y una aplicación a la geofísica. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 19-31.

#### RESUMEN

Mediante la correlación del ruido sísmico es posible recuperar una de las características más importantes de la estructura del medio donde se propagan las ondas sísmicas llamada función de Green. Es necesario estudiar la influencia que guarda la distribución del ruido sísmico para poder estimar si la función de Green recuperada será o no precisa. Este trabajo muestra una formulación que permite obtener la función de Green para diferentes distribuciones de fuentes de ruido sísmico. Primero se utilizan las funciones de Green exactas y se estudian los contenidos de energía de las ondas

P y SV. Después, se exhibe la relación de la función de Green exacta y aquella recuperada mediante ruido sísmico. Posteriormente, se analizan varias distribuciones de fuentes sísmicas, principalmente isotrópicas y colineales, y se exponen algunos elementos que permiten valorar cuál de ellas pueden conducir a obtener con buena correlación de la función de Green.

#### ABSTRACT

By correlating the seismic noise, it is possible to recover one of the most important characteristics of the structure of the medium where seismic waves propagate, such characteristic is known as the Green's function. However, it's necessary to study the influence of the seismic noise distribution in order to estimate whether the recovered Green's function will be accurate. This work shows a formulation that allows obtaining the Green function for different distributions of seismic noise sources. First, the exact Green functions are used, and the energy contents of the P and SV waves are studied. Afterwards, the relationship of the exact Green function and that recovered by seismic noise is shown. Subsequently, several seismic source distributions are analyzed, mainly isotropic and collinear, and some elements that allow us to assess which of them can lead to obtain the Green's function with good approximation are exposed.

**Palabras clave:** Ondas P y SV; función de Green; distribución de energía; fuentes sísmicas; campos de desplazamiento.

**Keywords:** P and SV waves; Green's function; energy distributions; seismic sources; displacement fields.

Recibido: 19 de junio de 2018, aceptado: 26 de noviembre de 2018

\* Facultad de Ingeniería, División de investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas s/n, Las Campanas, C. P. 76010, Santiago de Querétaro, Querétaro, México. Correo electrónico: dr.jovanbasalduasanchez@hotmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0002-9307-7618

\*\* Centro de Investigación en Matemáticas, A.C. Callejón Jalisco s/n, Mineral de Valenciana, C. P. 36023, Guanajuato, Guanajuato, México. Correo electrónico: nfloresg@gmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0001-5019-6433

\*\*\* Instituto Mexicano del Petróleo. Eje Central Lázaro Cárdenas 152, Gustavo A. Madero, C. P. 07730, Ciudad de México, México. Correo electrónico: rcarrer@imp.mx; arcastel@imp.mx. ORCID: orcid.org/0000-0002-7490-5780

\*\*\*\* Universidad Politécnica del Valle de México. Av Mexiquense s/n, esq. Av. Universidad Politécnica, Villa Esmeralda, C. P. 54910, Estado de México, México. Correo electrónico: arcastel@imp.mx. ORCID: orcid.org/0000-0003-2762-4502

✉ Autor para correspondencia

#### INTRODUCCIÓN

Como es bien sabido, al producirse un movimiento sísmico se generan diversos tipos de onda que se propagan a lo largo del medio que las rodea, como es el caso de las ondas de cuerpo, las cuales

son divididas en dos grupos: ondas primarias (P) y ondas secundarias (SV). Para el caso de las ondas P, presentan un movimiento longitudinal que comprime y dilata el medio en el que se propaga; mientras que las ondas SV presentan un movimiento transversal en comparación con aquellas y no pueden ser propagadas en medios fluidos. Para el análisis de ondas sísmicas, los sismogramas sintéticos son herramientas de gran utilidad en la determinación del tipo de onda que se está propagando, así como la forma de la misma en función de las propiedades físicas del medio con el que interactúan.

Diversos autores se han apoyado en el ruido sísmico para comprender cómo está conformada la tierra, como es el caso de Aki (1957). Adicionalmente, Sato y Fehler (1998) y Aki y Richards (2002) encontraron que información de relevancia referente a las propiedades, estructura y características del medio en estudio, pueden ser encontradas a través del ruido sísmico. Ryzhik, Papanicolau y Keller (1996) señaló que la propagación de energía proveniente del ruido sísmico se consolida a valores constantes que son independientes de la difracción. Posteriormente, Campillo y Paul (2003) y Shapiro y Campillo (2004) concluyeron la factibilidad de recuperar la función de Green utilizando la técnica de correlación cruzada por movimientos sísmicos, dichos autores mostraron gran dependencia en la precisión al momento de recuperar la función de Green del medio en estudio cuando este contiene o no isotropía en las fuentes de excitación sísmicas, además de si es considerado equiparticionado.

Weaver y Lobkis (2004), Wapenaar (2004) y Van Manen, Curtis y Robertsson (2006) en función de medios heterogéneos y homogéneos establecieron identidades relacionadas con la función de Green y la correlación de movimientos sísmicos. Dichos autores enfatizaron que la función de Green que emerge a partir de las correlaciones es completa, simétrica en tiempo e incluye todas las difracciones del medio de propagación. Garnier (2005) propuso una aplicación para construir imágenes en un medio estratificado mediante la correlación cruzada de señales de ruido, enfocando su estudio en la posibilidad de identificar y localizar fuentes a partir de correlaciones cruzadas de señales de ruido.

Stehly, Campillo y Shapiro (2006) mostraron la importancia en la orientación de los receptores en estudios de correlación cruzada para estimar

adecuadamente las funciones de Green. Pruebas experimentales actuales orientadas a recobrar la función de Green por medio de ruido sísmico han sido desarrolladas, como es el caso de Garus y Wegler (2011), quienes con una red sísmológica europea configuraron una red de 10 estaciones. Los resultados reportados en esta prueba indican que derivado del análisis de ruido sísmico realizado la función de Green no pudo ser reconstruida, a pesar de haber utilizado datos de 17 años de registros.

Por otro lado, Ma y Beroza (2012) pudieron recuperar la función de Green con datos recabados durante 6 meses, mismos que no fueron registrados simultáneamente. Brown y Lu (2016) desarrollaron correlaciones aplicadas tanto a mediciones de ondas en tanques como a mediciones de ondas oceánicas, donde los autores reportaron que las simulaciones teóricas coinciden bien en el caso de mediciones en los tanques; sin embargo, para la correlación de ondas oceánicas es necesario considerar los efectos no lineales.

El presente trabajo muestra una formulación que permite estudiar algunos aspectos relacionados con la recuperación de la función de Green mediante correlaciones de ruido sísmico. Primero se hace uso de las funciones de Green exactas y se estudian sus contenidos de energía. Posteriormente se realiza la correlación de ruido y se recupera la función de Green para dos configuraciones de fuentes sísmicas, con discusión de la precisión alcanzada. La formulación se resume en el siguiente apartado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Funciones de Green y ruido sísmico

Los desplazamientos generados en un medio elástico de volumen  $V$  (ver figura 1) pueden expresarse con ayuda de la ecuación de onda elástica en función de la frecuencia como:

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left( c_{ijkl} \frac{\partial u_i(x, \omega)}{\partial x_k} \right) + \omega^2 \rho u_i(x, \omega) = -f_i(x, \omega) \quad (1)$$

donde  $\omega$  es la frecuencia angular,  $c_{ijkl}$  es el tensor de constantes elásticas,  $\rho$  es la densidad de masa,  $u_i(x, \omega)$  el campo armónico de desplazamientos,  $f_i(x, \omega)$  la distribución de fuerzas de cuerpo



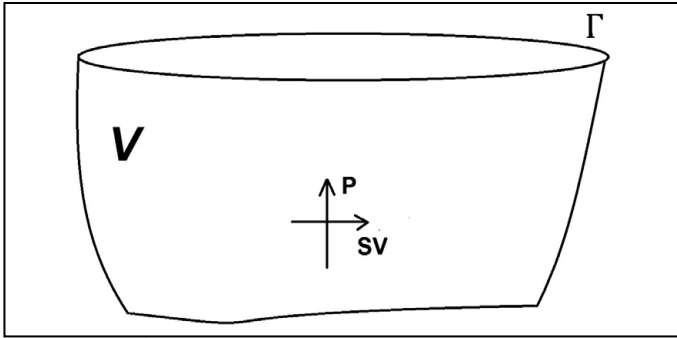


Figura 1. Representación esquemática del medio en estudio, donde V es el volumen del medio, Γ la frontera y P & SV son las fuerzas de cuerpo.

Elaboración propia.

Al aplicar una fuerza unitaria en  $x_A$ , con trayectoria  $m$ , la fuerza es representada por  $f_i(x, \omega) \equiv \delta(x - x_A)\delta_{im}e^{i\omega t}$ . El subíndice  $m$  especifica la orientación de la fuerza, los desplazamientos generados dependen de la función de Green, teniendo la estructura:

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left( c_{ijkl} \frac{\partial G_{lm}(x, x_A, \omega)}{\partial x_k} \right) + \omega^2 \rho G_{lm}(x, x_A, \omega) = -\delta(x - x_A)\delta_{im} \quad (2)$$

El término  $G_{im}(x, x_A, \omega)$  representa la función de Green para desplazamientos; si el término anterior multiplica la ecuación (1), el término  $u_i(x, \omega)$  la ecuación (2), y se lleva a cabo la diferencia de éstas, se tiene:

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left( c_{ijkl} \frac{\partial G_{lm}(x, x_A)}{\partial x_k} \right) u_i(x, \omega) - \frac{\partial}{\partial x_j} \left( c_{ijkl} \frac{\partial u_l(x)}{\partial x_k} \right) G_{im}(x, x_A) = -\delta(|x - x_A|)u_m(x) + f_i(x)G_{im}(x, x_A) \quad (3)$$

Integrando sobre el volumen  $V$  restringido por el contorno  $\Gamma$ , utilizando la formula gaussiana y las relaciones de reciprocidad, la ecuación anterior toma la forma:

$$\int_{\Gamma} \left\{ n_j(x) \left( c_{ijkl} \frac{\partial G_{lm}(x, x_A)}{\partial x_k} \right) u_i(x) - n_j(x) \left( c_{ijkl} \frac{\partial u_l(x)}{\partial x_k} \right) G_{im}(x, x_A) \right\} d\Gamma_x = -u_m(x_A) + \int_V f_i(x)G_{im}(x, x_A)dV_x \quad (4)$$

La frecuencia angular ( $\omega$ ) ha sido omitida debido a que su dependencia es entendida de aquí en adelante. Dado que  $x_A$  se ubica dentro del volumen ( $V$ ),  $t_i(x) = n_j(x) \left( c_{ijkl} \frac{\partial u_l(x)}{\partial x_k} \right)$  expresa la tracción en el punto  $x_A$ , con normal asociada  $n_j(x)$ , en dirección  $i$  en referencia a los desplazamientos  $u_l(x)$ . Además se puede definir  $T_{im}(x, x_A) = n_j(x) \left( c_{ijkl} \frac{\partial G_{lm}(x, x_A)}{\partial x_k} \right)$  como la

tracción en un punto  $x$ , con normal  $n_j(x)$ , en dirección  $i$ , concebida por una fuerza unitaria aplicada en el punto  $x_A$  en dirección  $m$ , obteniendo así:

$$u_m = \int_{\Gamma} \{ G_{im}(x, x_A)t_i(x) - T_{im}(x, x_A)u_i(x) \} d\Gamma_x + \int_V f_i(x)G_{im}(x, x_A)dV_x \quad (5)$$

La expresión anterior se conoce comúnmente como identidad de reciprocidad Betti-Rayleigh, la cual relaciona los desplazamientos internos, así como las tracciones y desplazamientos sobre el contorno. Al tener en cuenta que tanto desplazamientos como tracciones son reversibles en el tiempo y al aplicar una fuerza  $f_i(x) \equiv \delta(x - x_B)\delta_{in}$  en un punto  $x_B$  interno en dirección  $n$ , la ecuación (5) presenta simetría respecto al tiempo y acepta soluciones que también lo son, conduciendo a valores complejos conjugados en el dominio de la frecuencia de la forma  $u_i(x) \equiv G_{in}^*(x, x_B)$  y  $t_i(x) \equiv T_{in}^*(x, x_B)$ , la ecuación (5) se expresa como:

$$\int_{\Gamma} \{ T_{im}(x, x_A)G_{in}^*(x, x_B) - T_{in}^*(x, x_B)G_{im}(x, x_A) \} d\Gamma_x = -G_{mn}^*(x_A, x_B) + G_{mn}(x_A, x_B) \quad (6)$$

Sustituyendo  $x$  por  $\xi$  en la ecuación (6), para exhibir los puntos ubicados en el contorno a lo largo de  $\Gamma$ , la expresión resultante es:

$$Im[G_{mm}(x_A, x_B)] = \frac{-\int_{\Gamma} \{ G_{mi}(x_A, \xi)T_{in}^*(\xi, x_B) - G_{ni}^*(x_B, \xi)T_{im}(\xi, x_A) \} d\Gamma_{\xi}}{2i} \quad (7)$$

donde  $Im$  es la parte imaginaria del tensor de Green. Por otra parte, si se considera que  $u_m(x) = \int G_{mi}(x, \xi)\phi_i(\xi)d\Gamma_{\xi}$  es una representación integral (Sánchez-Sesma & Campillo, 1991) con densidades de fuerzas  $\phi_i(\xi)$  a lo largo de  $\Gamma$  y se asume que  $\phi_i(\xi)$  y  $\phi_i(\xi)$  son recíprocamente no correlacionadas, al considerar además que las funciones de Green de desplazamientos y tracciones son expresadas en términos de funciones asintóticas, es posible escribir la siguiente ecuación:

$$\langle u_i(x_A)u_j^*(x_B) \rangle = -4E_S k^{-2} Im[G_{ij}(x_A, x_B)] \quad (8)$$

Bajo la configuración 2D,  $E_S = \rho\omega^2 S^2$  es el promedio de densidad de energía y  $S^2$  es el promedio de densidad espectral de ondas asociadas a las ondas de corte.  $k$  representa el número de onda (para mayor detalle consultar Sánchez-Sesma, Pérez-Ruiz, Luzón, Campillo y Rodríguez-Castellanos (2008)). La ecuación (8) muestra la relación entre la correlación cruzada del campo de desplazamiento



y la parte imaginaria de la función de Green. Cabe mencionar que esta ecuación implica que la función de Green puede ser recuperada mediante la correlación de movimientos sísmicos; es decir, mediante registros de campo.

Adicionalmente, Sánchez-Sesma et al. (2008) demostraron que en un medio infinito bidimensional se tiene una distribución fija de energía entre dos puntos ( $x_A$  y  $x_B$ ) y que dicha energía se distribuye entre los dos tipos de onda que pueden propagarse en el medio (i.e. ondas P y SV). Para el caso de que se tengan los puntos A y B en la misma ubicación (i.e.  $x_A = x_B$ ), la energía en ese punto puede expresarse como:

$$Im[G_{ij}(x_A, x_A)] = -\frac{1}{8\rho} \left( \frac{1}{\alpha^2} + \frac{1}{\beta^2} \right) \delta_{ij} = E_P^T + E_{SV}^T \quad (9)$$

En este punto puede resaltarse que la parte imaginaria del tensor de Green en un mismo punto (fuente-receptor) tiene un valor fijo, puede entenderse que la energía en cualquier dirección será siempre la misma y podrá ser representada como la suma de  $E_P^T$  y  $E_{SV}^T$  (el superíndice  $T$  significa valor teórico). La ecuación (9) sugiere que la distribución teórica de la energía elástica depende solamente de las velocidades de propagación  $\alpha$  y  $\beta$  (i.e. velocidades de propagación de ondas P y SV, respectivamente). La relación entre las expresiones (8) y (9) es muy valiosa debido a que las correlaciones de movimiento sísmico están relacionadas con la función de Green (ecuación 8) y la función de Green está relacionada con la energía (ecuación 9). Por tanto, es posible expresar el contenido de energía en términos de la correlación del ruido sísmico.

Por otro lado, las contribuciones de energía asociadas a las ondas P y SV pueden extraerse de los sismogramas teóricos y de los sismogramas recuperados resultantes de las correlaciones del ruido sísmico, en términos de la siguiente ecuación:

$$E^T = E_P^T + E_{SV}^T \cong E_P^R + E_{SV}^R = \frac{\rho}{2} \left[ \int G_{ij}^P dt + \int G_{ij}^{SV} dt \right]^2 \quad (10)$$

En la ecuación (10) los superíndices  $T$  y  $R$  representan la contribución de la energía teórica y recuperada en referencia a las ondas P y SV, respectivamente.

### Función de Green exacta

En un medio isotrópico, elástico y sin fronteras, el tensor de Green exacto en 2D expresa los desplazamientos y tracciones en un punto  $x$  cuando una carga unitaria es aplicada en otro punto  $\xi$ . Asumiendo dependencia temporal armónica  $e^{i\omega t}$ , donde  $i = \sqrt{-1}$ ,  $\omega$  es la frecuencia angular, y  $t$  es el tiempo, el desplazamiento en la dirección  $i$  cuando la carga es aplicada en dirección  $j$ , puede escribirse como:

$$G_{ij}(x, \xi) = A\delta_{ij} - B(2\gamma_i\gamma_j - \delta_{ij}) \quad (11)$$

Más aún, la tracción en  $x$  en dirección  $i$ , para cierto vector unitario  $n_i$  normal a  $\Gamma$ , producida cuando una carga unitaria es aplicada a  $\xi$  en dirección  $j$ , puede ser escrita como:

$$T_{ij} = \frac{\mu}{r} \left\{ \left[ -4AB + \lambda \frac{D(\omega r/\alpha)}{2\mu\alpha^2} \right] \gamma_j n_i + \left[ -4B + \frac{D(\omega r/\beta)}{2\beta^2} \right] \times [\gamma_i n_j + \gamma_k n_k \delta_{ij}] \right\} + \frac{\mu}{r} \{ (C + 16B) \gamma_i \gamma_j \gamma_k n_k \} \quad (12)$$

donde:

$$A = \frac{1}{i8\rho} \left[ \frac{H_0^{(2)}(\omega r/\alpha)}{\alpha^2} + \frac{H_0^{(2)}(\omega r/\beta)}{\beta^2} \right] \quad (13)$$

$$B = \frac{1}{i8\rho} \left[ \frac{H_2^{(2)}(\omega r/\alpha)}{\alpha^2} + \frac{H_2^{(2)}(\omega r/\beta)}{\beta^2} \right] \quad (14)$$

$$C = \frac{D(\omega r/\alpha)}{2\alpha^2} - \frac{D(\omega r/\beta)}{2\beta^2} \quad (15)$$

$$D(p) = \frac{i}{2\rho} p H_1^{(2)}(p) \quad (16)$$

Donde  $\lambda$  y  $\mu$  son las constantes de Lamé,  $\rho$  es la densidad,  $\alpha = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\rho}$  y  $\beta = \sqrt{\mu/\rho}$  son las velocidades de onda P y S, respectivamente,  $r = \sqrt{(x_1 - \xi_1)^2 + (x_3 - \xi_3)^2}$ ,  $\gamma_i = (x_i - \xi_i)/r$ ,  $\delta_{ij}$  es la delta de Kronecker (1 si  $i = j$ , 0 si  $i \neq j$ ) y  $H_m^{(2)}(\cdot)$  es la función de Hankel de segundo tipo de orden  $m$ .

## RESULTADOS

### Distribución de ruido sísmico y recuperación de la función de Green

Si se considera un espacio 2D caracterizado por

una relación de Poisson  $\nu = 0.25$  (sólido de Poisson) en el cual se localizan cuatro receptores cuyos puntos son:  $A = \{-11.314, 11.314\}$ ,  $B = \{11.314, 11.314\}$ ,  $C = \{-11.314, -11.314\}$  y  $D = \{11.314, -11.314\}$ , como se indica en la figura 2c), las distancias respectivas entre receptores para  $A \& B = 22.628m$ ,  $B \& D = 22.628m$  y  $A \& D = 32.000m$ , formando un ángulo de  $45^\circ$  entre este último par de receptores con respecto al sistema de referencia. De acuerdo con la definición de la función de Green mencionada anteriormente y mediante el uso de las ecuaciones teóricas exactas, es posible propagar ondas elásticas P y SV desde A a B, de B a D y de A a D.

Sus sismogramas sintéticos (exactos) adquieren la forma de las figuras 2a, 2b y 2d, cuya nomenclatura  $G_{xx}$ ,  $G_{xz}$ ,  $G_{zx}$  y  $G_{zz}$  se refiere a las componentes del tensor de Green y al sistema mostrado en la figura 2c). Para los receptores A & B (figura 2a)), en el caso de los sismogramas sintéticos de las funciones de Green, puede observarse primeramente el arribo de la

onda P (componente  $G_{xx}$ ) y posteriormente el arribo de la onda SV (componente  $G_{zz}$ ). Cabe señalar que los valores de las componentes  $G_{xz}$  &  $G_{zx}$  son nulas debido a la orientación de los receptores A & B con respecto al sistema de referencia, se nota además que las ondas SV propagan una mayor cantidad de energía con respecto a las ondas P.

Para los receptores B & D de la figura 2b), las componentes  $G_{xz}$  &  $G_{zx}$  no presentan valor alguno; sin embargo, la componente  $G_{zz}$  presenta el arribo de la onda P y la componente  $G_{xx}$  el arribo de la onda SV. Por otro lado, para los receptores A & D es posible observar componentes de desplazamiento para  $G_{xx}$ ,  $G_{xz}$ ,  $G_{zx}$  &  $G_{zz}$ , (ver figura 2d)), debido a su orientación con respecto al sistema de referencia. En los tres casos expuestos (figuras 2a), b) y d)) se asume que independientemente de la orientación de los receptores la energía que se propaga entre estos debe ser la misma, la cual debe de mantener proporciones fijas para las ondas P y SV.

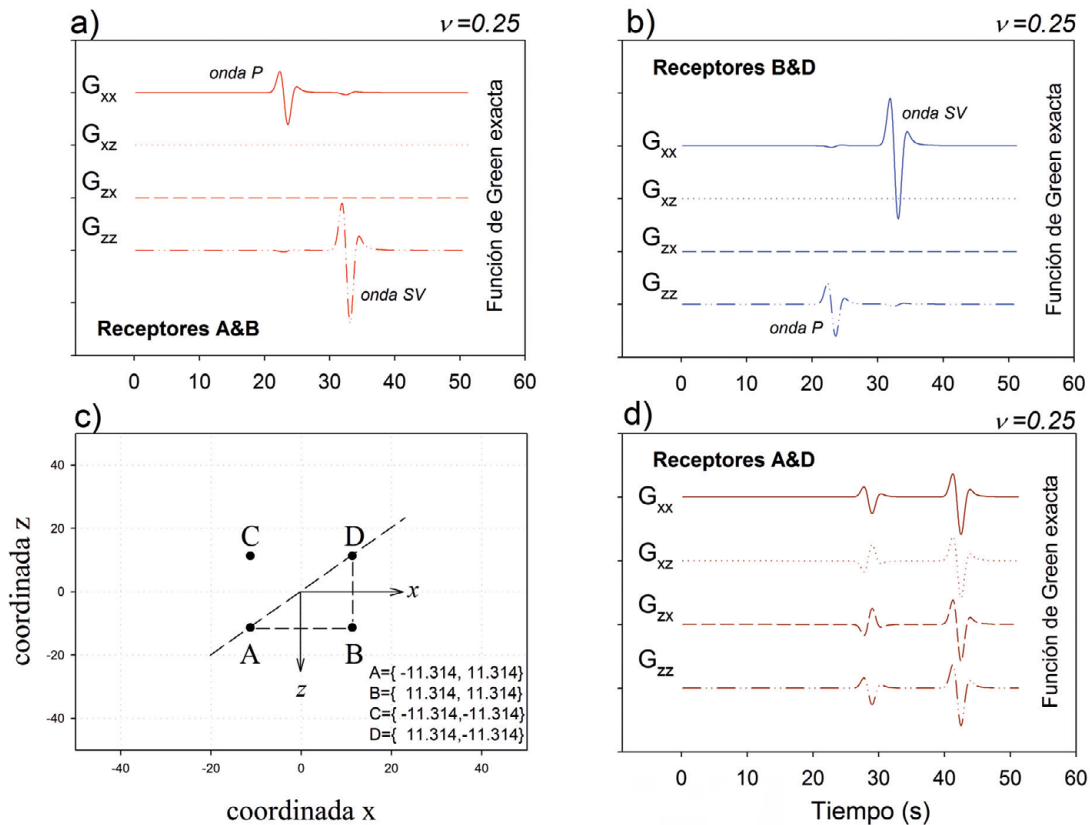


Figura 2. a) Sismogramas sintéticos para receptores A&B; b) sismogramas sintéticos para receptores B&D; c) localización de receptores en un espacio con relación de Poisson de  $\nu = 0.25$ , y d) sismogramas sintéticos para receptores A&D. Elaboración propia.

En cualquiera de los casos anteriores (A a B, B a D y A a D) aunque los sismogramas son diferentes la energía propagada entre ellos, en cualquier caso, es la misma sin importar el sistema de referencia. En la ecuación (9) puede verse que la energía que se propaga en un medio depende únicamente de sus propiedades elásticas ( $\alpha$  y  $\beta$ ), la cual no tiene relación con el posicionamiento de los receptores en un sistema de referencia. Por otro parte, y con el propósito de mostrar las contribuciones de energía de las ondas P y SV para en un medio elástico, se ha adoptado el criterio de expresar el tipo de medio en función de su relación de Poisson ( $\nu$ ). La relación de Poisson puede expresarse como el cociente de las velocidades de propagación  $\beta$  a  $\alpha$  como se muestra en la siguiente expresión:

$$\nu = \frac{2\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2 - 1}{2\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2 - 2} \quad (17)$$

De acuerdo a la ecuación (17) puede concluirse que la energía que se propaga entre un par de receptores es la misma y no depende de la distancia entre ellos o su orientación. De acuerdo con las ecuaciones (9) y (17) se obtiene la figura 3, en la cual se grafican las contribuciones de energía para las ondas P y SV con diferentes relaciones de Poisson ( $\nu$ ). En esta figura es posible resaltar los valores teóricos (línea continua) obtenidos de la ecuación (9) y los valores obtenidos mediante la ecuación (10) (círculos) de los sismogramas sintéticos, puede observarse buena concordancia entre ambos. Es posible observar también que la mayor aportación de energía corresponde a las ondas SV, mientras que las ondas P tienen siempre una menor aportación de energía. Para un medio con  $\nu \cong 0$ , las ondas SV aportan el 66.66% de la energía total, mientras que la onda P contribuye con 33.33% solamente.

Para una relación de Poisson  $\nu = 0.25$ , se puede afirmar que las ondas SV tienen una contribución de energía de 75% y las ondas P aportan 25%. Al observar el comportamiento de las curvas de la figura 3 se percibe que las ondas SV aportan una cantidad mayor de energía conforme la relación de Poisson aumenta; por el contrario, las ondas P aportan menos energía en tales condiciones. Para  $\nu \cong 0.5$ , la aportación máxima es dada por la onda SV con 100% de la energía y sin contribución por parte de la onda P. En la tabla 1 se muestran los valores teóricos de las contribuciones de energía de

las ondas P y SV obtenidas a partir de la ecuación (9) (figura 3, línea continua) versus valores teóricos obtenidos al aplicar la ecuación (10) (figura 3, círculos), en donde se encuentra una gran exactitud con ambas expresiones.

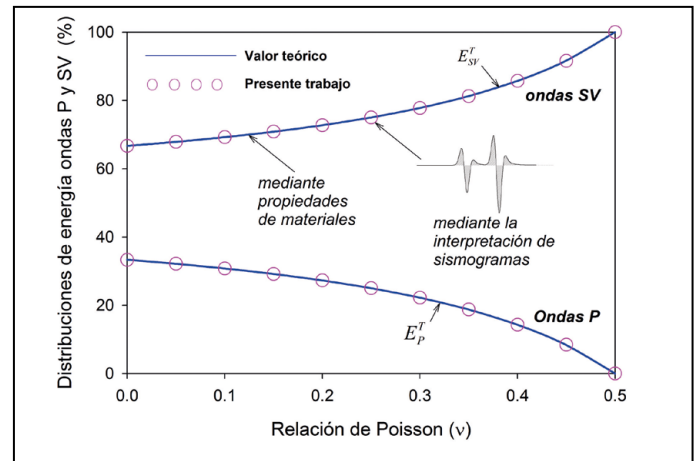


Figura 3. Contribución teórica de las ondas P y SV de la energía total. Elaboración propia.

Con base en la tabla 1 y mediante las ecuaciones (9) y (10) se pueden obtener las contribuciones de energía exactas de las ondas P y SV para diferentes medios caracterizados por la relación de Poisson. Cabe mencionar que para todos los casos es mayor la contribución de energía de la onda SV con respecto a la onda P. Anteriormente (ver figura 2) se planteó el caso para tres pares de receptores localizados en un medio con una relación de Poisson  $\nu = 0.25$  y con un ángulo de referencia para cada par, se mostró que la orientación de los receptores no es un factor que altere la aportación de la energía de las ondas P y SV.

Para los sismogramas sintéticos de la figura 2a) se pudo observar la carencia de energía para las componentes  $G_{xz}$  y  $G_{zx}$ , en cambio, la componente  $G_{zz}$  aporta el 75% de la energía total, mientras que la componente  $G_{xx}$  contribuye con 25%. Este resultado puede verificarse en la figura 3, en donde para un sólido con una relación de Poisson ( $\nu = 0.25$ ) que se ha venido trabajando, las contribuciones totales de energía mantienen esas cantidades, las ondas P con 25% y las ondas SV con 75% de las aportaciones totales de la energía al sistema. Para el caso de la figura 2b), de nuevo se presenta la propagación de ondas P y SV, solo que ahora la contribución a la energía de las

Tabla 1  
Contribuciones de las ondas P y SV a la energía en función de la relación de Poisson

Poisson ratio ( $\nu$ )	Onda P Ecuación (9) (%)	Onda SV Ecuación (9) (%)	Onda P Ecuación (10) (%)	Onda SV Ecuación (10) (%)
0	33.333	66.667	33.333	66.667
0.05	32.143	67.857	32.143	67.857
0.1	30.769	69.231	30.769	69.231
0.15	29.167	70.833	29.167	70.833
0.2	27.273	72.727	27.273	72.727
0.25	25.000	75.000	25.000	75.000
0.3	22.222	77.778	22.222	77.778
0.35	18.750	81.250	18.750	81.250
0.4	14.286	85.714	14.286	85.714
0.45	8.333	91.667	8.333	91.667
0.499	0.002	99.998	0.002	99.998

Nota: Elaboración propia.

ondas SV es aportada por la componente del tensor de Green  $G_{xx}$  y para la onda P la energía tiene su presencia en la componente con un 75% y 25% del total de la energía, respectivamente.

En la figura 2d) debido a la orientación de los receptores ( $\theta = 45^\circ$ ) la contribución de la energía corresponde a las cuatro componentes de tensor de Green ( $G_{xx}, G_{zz}, G_{zx}, G_{xz}$ ), en donde cada una contribuye con 25% de la energía. Por tanto, para todos los casos estudiados de la figura 2 las contribuciones de las ondas P al total de la energía será de 25%, mientras que las ondas SV contribuirán con 75% para una relación de Poisson  $\nu = 0.25$ , independientemente de la orientación de los receptores. En la figura 4 se grafican las componentes de las funciones de Green de acuerdo con la orientación de los receptores (ver detalle en figura 4c)), mostrando para cada caso la aportación total de la energía. Nuevamente se considera un medio con una relación de Poisson  $\nu = 0.25$ .

Al examinar el ángulo  $\theta$  (ver figura 4c)), el cual varía de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , este determina la orientación de los receptores A y B con respecto al sistema de referencia. Como puede verse en las figuras 4a) y 4b), para las ondas P y SV respectivamente, las contribuciones de energía de cada una de las componentes del tensor de Green para las ondas mencionadas se grafican en función del ángulo  $\theta$ . Para el caso  $\theta = 0^\circ$  de la onda P (figura 4a)), puede observarse que las contribuciones de energía están

dadas por las componentes  $G_{xx}$  y  $G_{zz}$ , y aportan 93.65% y 6.34%, mientras que la aportación de las componentes  $G_{xz}$  y  $G_{zx}$  es nula.

Referente a la onda SV se tiene que para  $G_{xx}$  la aportación es de 3.46% y para  $G_{zz}$  una contribución de 96.53% de la energía; del resto de las componentes, es decir,  $G_{xz}$  y  $G_{zx}$ , la aportación tiende a cero. En  $\theta = 45^\circ$ , las contribuciones de energía se presentan en todas las componentes del tensor de Green con la misma aportación tanto para las ondas P como para las ondas SV. En la figura 4a) para las ondas P, las componentes  $G_{xx}, G_{zz}, G_{zx}, G_{xz}$  presentan 25.22%, 24.77%, 24.77% y 25.22%, respectivamente, de la energía en el sistema, mientras que para las ondas SV, que se puede observar en la figura 4b), la aportación es de 25.10%, 24.89%, 24.89% y 25.10% para cada una de las componentes del tensor de Green. Es notable que las cantidades de energía son equitativas debido a la orientación de los receptores, la energía tiende a repartirse como en la figura 2d).

En  $\theta = 90^\circ$ , la onda P tiene la mayor contribución y se presenta en la componente  $G_{zz}$  con 93.65%, mientras que la energía restante, 6.34%, se presenta en la componente  $G_{xx}$ . Nuevamente,  $G_{xz}$  y  $G_{zx}$  tienen contribuciones nulas. Las ondas SV generan un comportamiento similar, obsérvense en conjunto la figura 4b) y la figura 2b), la mayor aportación de la energía, 96.53%, se genera en la componente  $G_{zz}$ , mientras que para la componente  $G_{xx}$  apenas alcanza 3.46%. Al igual que la onda P,

las componentes restantes, es decir,  $G_{xz}$  y  $G_{zx}$ , no presentan contribución. En un medio caracterizado por una relación de Poisson  $\nu = 0.25$ , los gráficos de la figura 4, muestran los valores porcentuales de las contribuciones a la energía de las ondas P y SV obtenidos para cada una de las componentes del tensor de Green para diferentes valores de  $\theta$ .

La figura 4c) muestra las aportaciones conjuntas de las componentes del tensor de Green a la energía total. Para cualquier ángulo  $\theta$  se conservan las contribuciones a la energía del sistema, teniendo que para el caso de la onda P será de 25% y para la onda SV de 75% de la energía (ver figura 3 y figura 4c)). Cuando  $\theta = 0^\circ$ , para la onda P, las aportaciones se hacen por las componentes  $G_{xx}$  y  $G_{zz}$  teniendo el 23.413% y 1.586%, respectivamente, como se detalló anteriormente, las componentes restantes no presentan contribuciones a la energía. Para las ondas SV, descartando igualmente las componentes  $G_{xz}$  y  $G_{zx}$ , se tiene que

$G_{xx}$  contribuye con 2.6%, mientras  $G_{zz}$  genera 72.399%. Para  $\theta = 45^\circ$ , las componentes del tensor de Green para las ondas P aportan 6.307%, 6.192%, 6.192% y 6.307% para  $G_{xx}$ ,  $G_{xz}$ ,  $G_{zx}$ ,  $G_{zz}$ , respectivamente. Para las ondas SV los valores obtenidos de cada componente corresponden a 18.831%, 18.668%, 18.668% y 18.831% de la energía.

Para  $\theta = 90^\circ$ ,  $G_{xx}$  y  $G_{zz}$  contribuyen con 1.586% y 23.413% de energía para el caso de la onda P, como ya ha sido mencionado, el intercambio de energía entre las componentes es notable, puede apreciarse que para las ondas SV ahora la energía mayoritaria tiene presencia en  $G_{xx}$  con 72.399% y  $G_{zz}$  con 2.6% del total de la energía. En todos los casos estudiados, es notorio que la aportación mayoritaria de energía para el medio con relación de Poisson  $\nu = 0.25$  viene por las ondas SV con 75%, mientras que para las ondas P la energía tiende a 25%, como puede verse en la figura 4c).

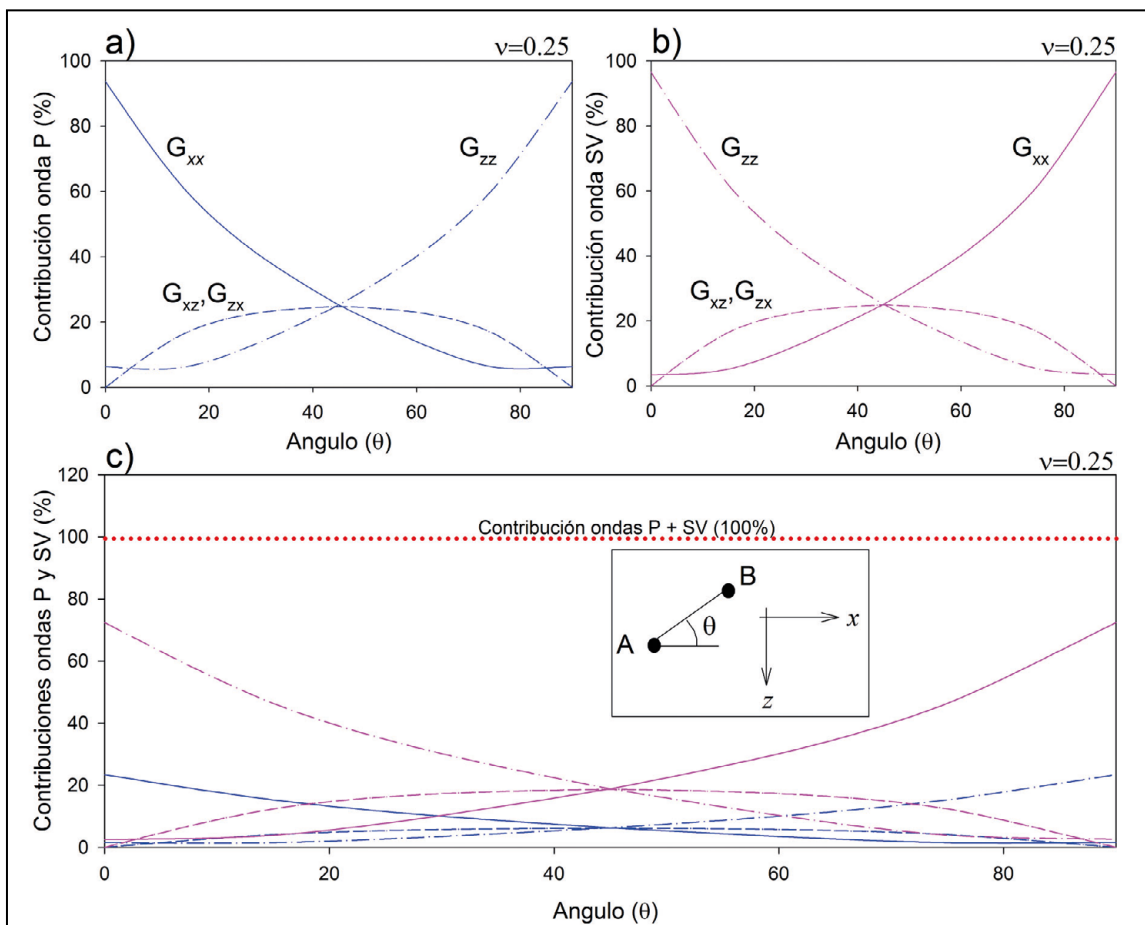


Figura 4. Contribución de energía para cada una de las componentes del tensor de Green en función del ángulo  $\theta$ . Elaboración propia.



En la figura 5c) se han dispuesto un par de receptores A & B, cuyas localizaciones vienen dadas por las coordenadas  $A = \{-11.314, 0\}$  y  $B = \{11.314, 0\}$  en un medio con  $\nu = 0.25$ . Para este par de receptores se proponen tres orientaciones de fuentes de ruido (figuras 5a), 5b) y 5d)), cuyos valores de  $\theta$  son  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $90^\circ$ , respectivamente. Para este caso se pretende conocer para que ángulo  $\theta$  se logra una mejor recuperación de las funciones de Green.

Para la figura 5a) con  $\theta = 0^\circ$  entre fuentes y receptores, es notable que para las componentes  $G_{xx}$  y  $G_{zz}$  la función de Green recuperada concuerda con buena aproximación a la exacta. Para este caso, nuevamente las ondas SV contribuyen con 75% de la energía, mientras que la aportación de las ondas P tienen 25% de la energía total, las componentes restantes ( $G_{xz}$  y  $G_{zx}$ ) tienden a cero y su participación a la energía es nula. Las curvas mostradas con línea continua (figura 5a)) denotan

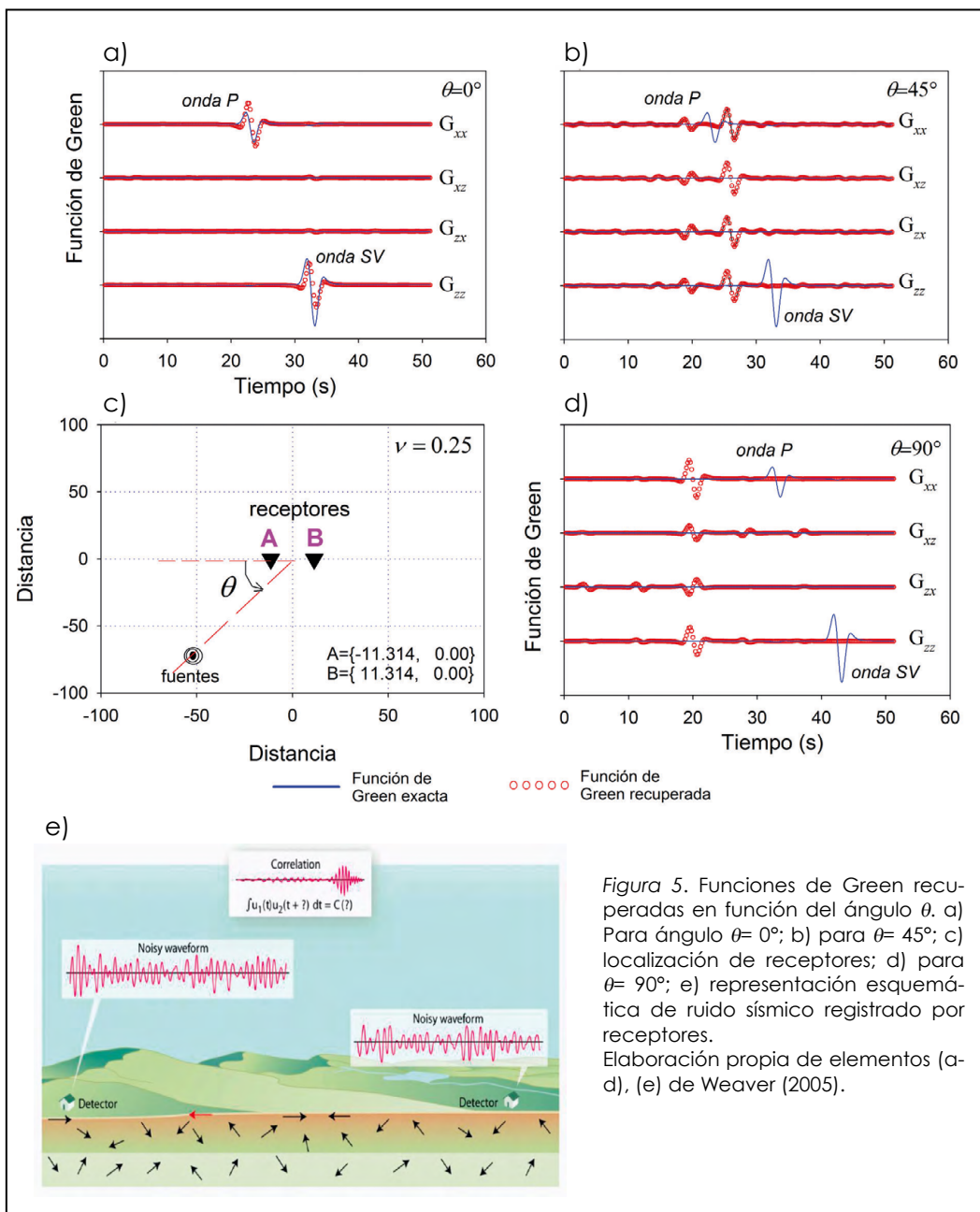


Figura 5. Funciones de Green recuperadas en función del ángulo  $\theta$ . a) Para ángulo  $\theta = 0^\circ$ ; b) para  $\theta = 45^\circ$ ; c) localización de receptores; d) para  $\theta = 90^\circ$ ; e) representación esquemática de ruido sísmico registrado por receptores. Elaboración propia de elementos (a-d), (e) de Weaver (2005).



los valores teóricos (exactos), mientras que con círculos se muestran los valores recuperados. Puede verse que la concordancia entre los valores teóricos y recuperados para este ángulo es excelente. En  $\theta = 45^\circ$  (figura 5b)) y  $\theta = 90^\circ$  (figura 5d)) la recuperación de los valores de Green es muy deficiente.

A partir de la figura 5a) es posible establecer que un sistema de fuerzas orientadas colinealmente con los receptores (A & B) puede resultar en una recuperación de la función de Green con mayor precisión. Con este mismo fin se muestra que un sistema colineal de fuerzas puede conducir a una estabilización del cociente de energía  $E^R/E^T$ , donde la energía recuperada es representada por  $E^R$  y la teórica por  $E^T$ . Más aún, para que exista una excelente recuperación de la función de Green mediante correlaciones de movimientos sísmicos, el cociente  $E^R/E^T$  debe tender a 1, al mismo tiempo, los valores  $E_p^R$  y  $E_{SV}^R$  deben tender a sus contrapartes teóricas  $E_p^T$  y  $E_{SV}^T$ . Mediante el uso de la ecuación (10) es posible obtener  $E_p^R$  y  $E_{SV}^R$  y comparar estos valores con los valores teóricos mostrados en las figuras 3 y 4.

Para mostrar el comportamiento de  $E^R/E^T$  en función del número de fuentes se han seleccionado tres medios con relaciones de Poisson;  $\nu = 0.10, 0.25$  y  $0.45$ . De nueva cuenta, se emplean los receptores y fuerzas colineales según se indica en la figura 6c). Las figuras 6a), b) y d) corresponden a las relaciones de Poisson;  $\nu = 0.10, 0.25$  y  $0.45$ , respectivamente. En estas figuras las líneas sólidas representan la energía recuperada ( $E^R$ ), los valores teóricos ( $E^T$ ) son expresados con líneas raya-punto-rama. Las curvas  $E^R$  muestran un comportamiento similar en las figuras 6a), b) y d) donde puede observarse un fuerte decaimiento desde  $NS \cong 100$  a  $NS \cong 600$ , donde NS es el número de fuentes aleatorias. A partir de este punto, la curva muestra un comportamiento constante hasta alcanzar un  $NS = 10,000$ .

Para el caso de la figura 6a), se observa que la contribución de  $E_{SV}^R$  alcanza un valor constante de 0.6923, que representa una contribución de 69.23% a la energía total. Este valor coincide con el valor teórico esperado ( $E_{SV}^T = 69.23\%$ , ver figuras 3 y 4). Para el caso de la energía asociada a las ondas P,  $E_p^R$  tiende a un valor constante de 0.307, que representa una contribución de 30.7% al total de la energía (este valor coincide con el valor teórico esperado  $E_p^T = 30.77\%$ , ver figuras 3 y 4). Para el caso  $\nu = 0.25$ ,  $E_{SV}^R$  tiende a 0.75 y  $E_p^R$  tiende a

0.25, los cuales coinciden perfectamente con los valores teóricos mostrados en los gráficos de la figura 4. Similarmente, para  $\nu = 0.45$ ,  $E_{SV}^R$  tiende a 0.916 y  $E_p^R$  tiende a 0.083, los cuales coinciden con los valores teóricos esperados (ver figura 4). Lo anterior da la pauta para interpretar la formulación aquí presentada como correcta.

Es de resaltar que en la figura 6 para  $NS < 600$  no se obtiene una relación  $E^R/E^T$  aceptable, para  $NS > 600$  la relación  $E^R/E^T$  se encuentra muy cercana a 1 y, por tanto, es posible recuperar la función de Green con muy buena precisión. Por otra parte, se concluye que en todos los casos mostrados en esta figura se alcanzan mediante correlaciones de movimiento las contribuciones esperadas para las ondas P y SV, empatando precisamente con el valor teórico.

En este punto se detalla el comportamiento para un par de receptores que están expuestos a dos configuraciones de fuentes sísmicas, fuentes colineales (figura 7a)) y fuentes isotrópicas (figura 7b)). Los receptores están localizados en las mismas coordenadas usadas previamente y el material del medio es representado con  $\nu = 0.25$ . Cada una de estas fuentes con dirección aleatoria es aplicada en el punto de la fuente y produce desplazamientos en las direcciones x y z en cada receptor (A & B). Mediante el uso de la ecuación (8) se realiza la correlación de ruido y después se obtiene el sísmograma de las funciones de Green recuperadas.

Posteriormente se emplea la ecuación (10) para determinar las contribuciones de energía por cada tipo de onda (P y SV). Para las dos configuraciones de fuentes sísmicas se va incrementando el número de fuentes aleatorias (NS), de tal manera que permite conocer la tendencia del comportamiento de la energía total. Para valores NS desde 100 hasta 10,000 es posible obtener la figura 7c), donde se compara el comportamiento obtenido en función del tipo de sistema de fuente aplicado (colineal o isotrópico). En esta figura la respuesta para el caso isotrópico se grafica con línea punteada, la respuesta para el caso colineal se grafica con línea rayada y los valores teóricos (ver figura 4) se grafican con círculos.

Se observa que el sistema isotrópico requiere un mayor número de fuentes aleatorias para arribar o tender a un valor constante, coincidente con el valor teórico ( $E_{SV}^T = 75\%$  y  $E_p^T = 25\%$ , y ver figura 4). Este

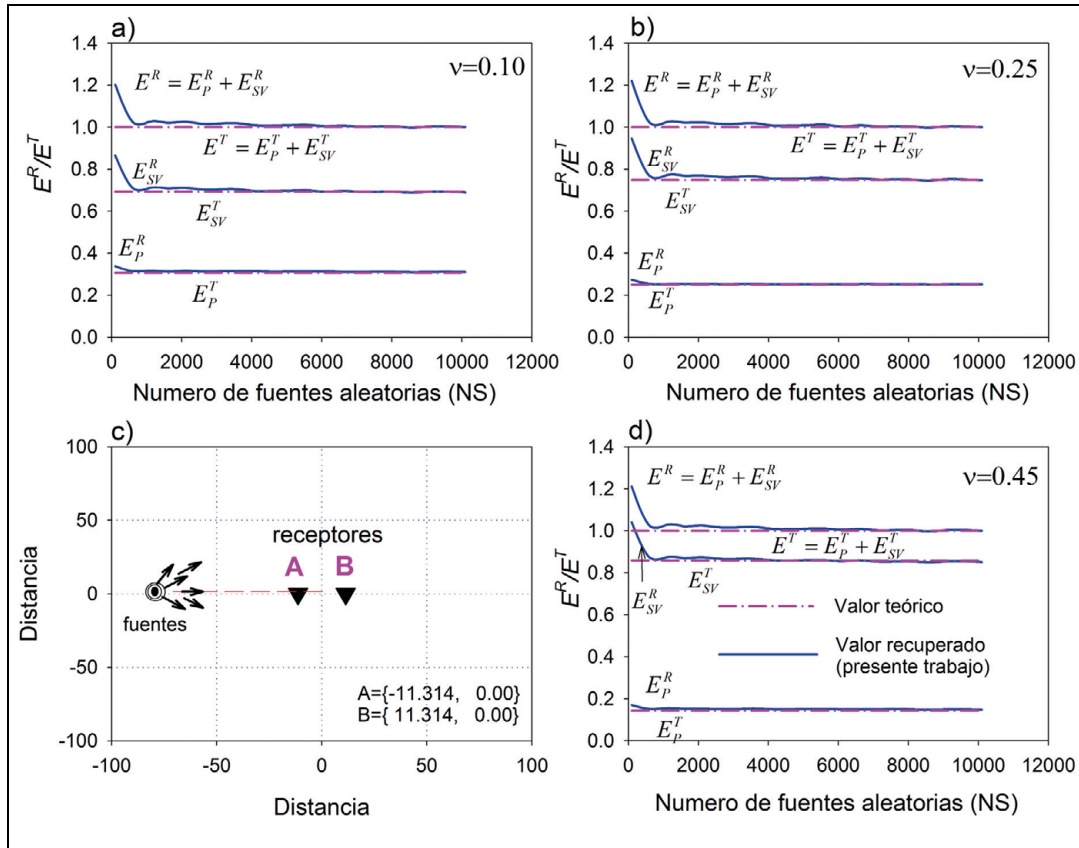


Figura 6. Comportamiento de energía recuperada para un sistema colineal de fuentes sísmicas. Elaboración propia.

sistema de fuentes isotrópicas requiere de al menos 5,000 fuentes para alcanzar la energía teórica y así poder recuperar la función de Green con buena aproximación. Es decir, no es posible obtener en este caso una buena recuperación de la función de Green mediante correlaciones de ruido si se cuenta con número reducido de fuentes de ruido. Por otra parte, para el sistema de fuentes colineales es posible obtener excelentes contribuciones de energía desde la aplicación de 600 fuentes de ruido, arribando rápidamente a los valores esperados de  $E_{SV}^T \cong E_{SV}^R \cong 75\%$  y  $E_p^T \cong E_p^R \cong 25\%$ . En este caso puede concluirse que el sistema colineal de fuentes es más eficiente para recuperar la función de Green con muy buena aproximación.

Obsérvese la línea vertical trazada en el valor de 1000 fuentes aleatorias. Para valores por debajo de esta cantidad, al tenerse una configuración de fuentes sísmicas de ruido isotrópicas, la función de Green no se recupera adecuadamente, mientras al contar con una configuración de fuente colineal la recuperación de la función de Green

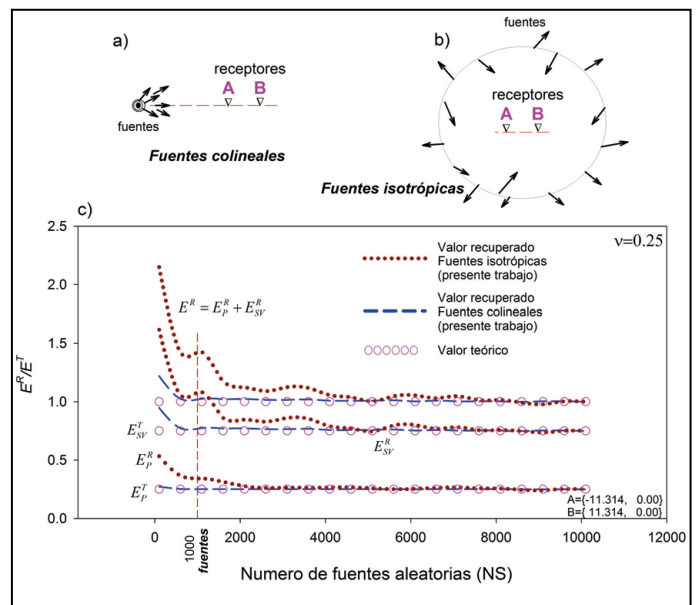


Figura 7. Energía recuperada para dos configuraciones de ruido sísmico. Colineal e isotrópico. Elaboración propia.

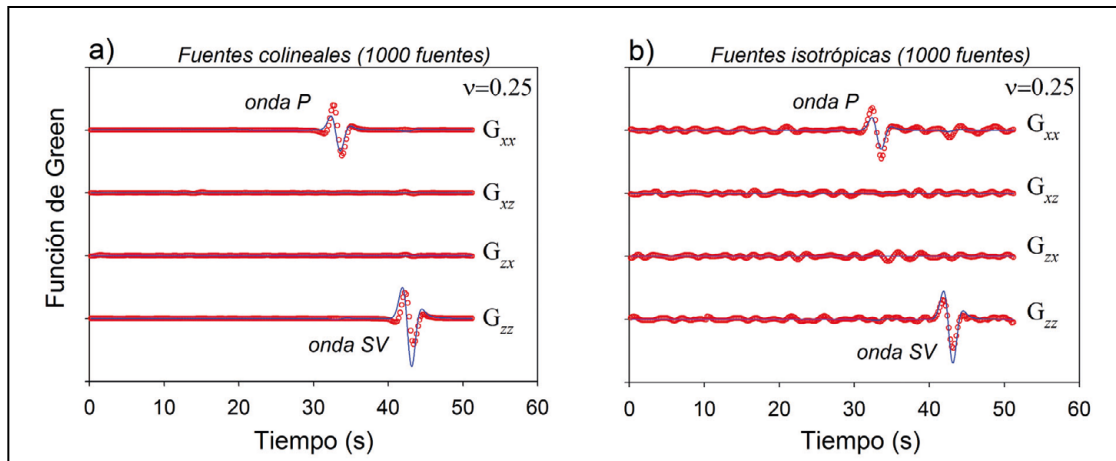


Figura 8. Función de Green recuperadas al aplicar 1000 fuentes aleatorias. a) Sistema colineal de fuentes sísmicas y b) sistema isotrópico de fuentes sísmicas. Elaboración propia.

es sumamente precisa a un número mínimo de 600 aproximadamente. La figura 8 confirma estos resultados para un caso de estudio de 1000 fuentes aleatorias, donde el sistema colineal de fuentes presenta una adecuada recuperación de la función de Green (figura 8a)), la distribución isotrópica de fuentes muestra aún trazas irregulares de la función de Green recuperada comparada con el caso teórico (figura 8b)).

## DISCUSIÓN

Las correlaciones de ruido sísmico han sido usadas recientemente para recuperar una de las características más importantes de los medios donde se propagan las ondas sísmicas (ruido sísmico), la función de Green. En este sentido, es muy importante el desarrollar formulaciones como la mostrada en este trabajo. Como se ha mencionado aquí, la función de Green obtenida recoge todas las reflexiones que se dan en el medio donde se propaga el ruido sísmico y, por tanto, contiene las características del medio como sus velocidades y su propia forma y amplitud. Algunos investigadores han puntualizado que para una adecuada recuperación de la función de Green es necesario que exista isotropía en la distribución de las fuentes sísmicas (ver por ejemplo: Campillo & Paul (2003), Shapiro & Campillo (2004)).

Sin embargo, en este trabajo se ha encontrado que una distribución colineal de fuentes sísmicas conlleva a una más eficiente recuperación de la función de Green con respecto a la distribución isotrópica. También se encontró que es posible arribar

mucho más rápidamente a una función de Green más precisa y con mucha menor cantidad de estas si se aplica un sistema colineal de fuerzas sísmicas. Por otra parte, puede enfatizarse que en todos los casos mostrados en este trabajo fue posible calcular el contenido o distribución de energía por cada tipo de onda sísmica (P y SV) y verificar tal distribución con respecto a los valores teóricos. En este sentido nuestra formulación se muestra como un medio eficiente para el estudio de las correlaciones de ruido sísmico y su relación con la función de Green.

## CONCLUSIONES

Esta investigación muestra una formulación que permite recuperar la función de Green a partir de ruido sísmico. Un aspecto relevante para saber si la recuperación de la función de Green es satisfactoria o no es conocer si la distribución de ruido en el sitio es apropiada y suficiente para recuperar la función adecuadamente. En este contexto se han simulado dos tipos de configuración de ruido sísmico: isotrópico y colineal. También se han estudiado las distribuciones de energía teóricas y aquellas recuperadas mediante ruido, empleando las curvas de distribuciones de energía para observar cuando la recuperación de la función de Green es satisfactoria. Del presente trabajo se pueden enlistar las siguientes conclusiones:

- Una distribución colineal de ruido sísmico conduce a la obtención más precisa de la función recuperada de Green.
- La distribución colineal de ruido sísmico requiere menor número de fuentes sísmicas para obtener

valores precisos de la función de Green en comparación con la distribución isotrópica.

- Los valores teóricos de energía asociados a las ondas P y SV poseen valores fijos dependientes de la relación de Poisson del medio, los cuales pueden también obtenerse a partir de la correlación de ruido sísmico.
- La energía tiende a estabilizarse a valores constantes a medida que se incrementa el número de fuentes de ruido sísmico.
- La distribución colineal de fuentes sísmicas es muy

conveniente, funciona bien para un rango amplio de relaciones de Poisson ( $\nu = 0.10, 0.25$  y  $0.45$ ).

- Una distribución isotrópica de fuentes requerirá mayor cantidad de ruido sísmico para arribar a valores aceptables de la función recuperada de Green.

### Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Instituto Mexicano del Petróleo SENER-CONACYT proyecto (Y.60021) Gas/Oil.

## REFERENCIAS

- Aki, K. (1957). Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors. *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, 35, 415-456.
- \_\_\_\_\_, & Richards, P. G. (2002). *Quantitative seismology* (pp. 11- 34). US: University Science Books.
- Brown, M. G., & Lu, C. (2016). Green's function retrieval in a field of random water waves. *Wave Motion*, 60, 8-19.
- Campillo, M., & Paul, A. (2003). Long-range correlations in the diffuse seismic coda. *Science*, 299(5606), 547-549.
- Garnier, J. (2005). Imaging in randomly layered media by cross-correlating noisy signals. *Multiscale Modeling & Simulation*, 4(2), 610-640.
- Garus, D., & Wegler, U. (2011). The Green's functions constructed from 17 years of ambient seismic noise recorded at ten stations of the German Regional Seismic Network. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 101(6), 2833-2842.
- Ma, S., & Beroza, G. C. (2012). Ambient-field Green's functions from asynchronous seismic observations. *Geophysical Research Letters*, 39(6), L06301. doi: 10.1029/2011GL050755
- Ryzhik, L. V., Papanicolau, G. C., & Keller, J. B. (1996). Transport equations for elastic and other waves in random media. *Wave Motion*, 24(4), 327-370.
- Sánchez-Sesma, F. J., & Campillo, M. (1991). Diffraction of P, SV and Rayleigh waves by topographic features: A boundary integral formulation. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 81(6), 2234-2253.
- Sánchez-Sesma, F. J., Pérez-Ruiz, J. A., Luzón, F., Campillo, M., & Rodríguez-Castellanos, A. (2008). Diffuse fields in dynamic elasticity. *Wave Motion*, 45(5), 641-654.
- Sato, H., & Fehler, M. C. (1998). *Seismic wave propagation and scattering in the heterogeneous Earth*. US: Springer-Verlag.
- Shapiro, N. M., & Campillo, M. (2004). Emergence of broadband Rayleigh waves from correlations of the ambient seismic noise. *Geophysical Research Letters*, 31(7), L07614. doi: 10.1029/2004GL019491
- Stehly, L., Campillo, M., & Shapiro, N. M. (2006). A study of the seismic noise from its long-range correlation properties. *Journal of the Geophysical Research*, 111, B10306. doi: 10.1029/2005JB004237
- Van Manen, D. J., Curtis, A., & Robertsson, J. O. (2006). Interferometric modeling of wave propagation in inhomogeneous elastic media using time-reversal and reciprocity. *Geophysics*, 71(4), SI47-SI60.
- Wapenaar, K. (2004). Retrieving the elastodynamic Green's function of an arbitrary inhomogeneous medium by cross correlation. *Physical Review Letters*, 93, 254301-1-254301-4.
- Weaver, R. L. (2005). Geophysics. Information from seismic noise. *Science*, 307(5715), 1568-1569.
- \_\_\_\_\_, & Lobkis, O. I. (2004). Diffuse fields in open systems and the emergence of the Green's function. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116, 2731-2734. doi: 10.1121/1.1810232

## Determinación experimental y verificación por el método del elemento finito de la frecuencia natural de vibración de barras de madera

### Experimental determination and verification by the finite element method of the natural vibration frequency of wooden bars

Javier Ramón Sotomayor-Castellanos\*✉, Víctor López-Garza\*\*

Sotomayor-Castellanos, J. R., & López-Garza, V. (2019). Determinación experimental y verificación por el método del elemento finito de la frecuencia natural de vibración de barras de madera. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 32-40.

#### RESUMEN

El método del elemento finito se ha utilizado de manera extensiva en la caracterización mecánica de la madera. El objetivo de la investigación fue determinar de manera experimental y verificar numéricamente la frecuencia natural en vibraciones transversales de pequeñas barras de 12 maderas. Se determinaron experimentalmente la densidad, la frecuencia de vibración y el módulo dinámico. Además, se estimó numéricamente la frecuencia correspondiente a los parámetros materiales determinados experimentalmente. El uso del módulo dinámico obtenido experimentalmente y empleado en las simulaciones conduce a valores de frecuencia equivalentes a los obtenidos en las pruebas de vibraciones, probando así la eficiencia del modelado numérico para estimar la frecuencia de una pieza de madera. Además, la correlación

**Palabras clave:** caracterización mecánica; densidad de la madera; módulo dinámico; vibraciones transversales; parámetros materiales; modelado numérico.

**Keywords:** mechanical characterization; density of wood; dynamic modulus; transverse vibrations; material parameters; numerical modeling.

Recibido: 10 de marzo de 2018, aceptado: 15 de octubre de 2018

\* Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Avenida Francisco J. Múgica S/N, Ciudad Universitaria, C. P. 58030, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: madera999@yahoo.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1527-8801>

\*\* Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Avenida Francisco J. Múgica S/N, Ciudad Universitaria, C. P. 58030, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: nepesh@hotmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9090-9119>

✉ Autor para correspondencia

entre la frecuencia numérica y la frecuencia experimental explica 66% de esta dependencia. Así, la regresión lineal calculada indica una buena calidad predictiva del modelo de simulación empleado en la investigación.

#### ABSTRACT

The finite element method has been used extensively in the mechanical characterization of wood. The objective of the research was to determine experimentally and verify numerically, the natural frequency in transverse vibrations of small bars of 12 woods. The density, the frequency of vibration and the dynamic module were determined experimentally. In addition, the frequency corresponding to the material parameters determined experimentally was numerically estimated. The use of the dynamic module obtained experimentally and used on simulations, leads to frequency values equivalent to those obtained in vibration tests, thus proving the efficiency of numerical modeling to estimate the frequency of a piece of wood. In addition, the correlation between the numerical frequency and the experimental frequency explains 66% of this dependence. Thus, the calculated linear regression indicates a good predictive quality of the simulation model used in the investigation.

#### INTRODUCCIÓN

El desarrollo de programas computacionales permite que el modelado numérico sea más accesible en ingeniería y diseño. Sin embargo, las simulaciones requieren datos experimentales de las propiedades físicas de los materiales utilizados (Gonçalves, Trinca,



& Pellis, 2014). El método del elemento finito (MEF) es una técnica recomendada por ser económica y con gran potencial para el análisis de casos prácticos. No obstante, no está exento de incertidumbre y subjetividad en la interpretación de resultados (Gaff, Gašparik, Borůvka, & Babiak, 2015).

El MEF se ha utilizado de manera extensiva en la caracterización mecánica de productos forestales (Mackerle, 2005). Entre otras aplicaciones, para profundizar el estudio de nudos en la resistencia mecánica de la madera (Baño, Arriaga, Soilán, & Guaita, 2011; Hackspiel, De Borst, & Lukacevic, 2014a, 2014b), para estudiar el fenómeno de ruptura mecánica de la madera (Vasic, Smith, & Landis, 2005), el desarrollo de esfuerzos de crecimientos en árboles (Ormarsson, Dahlblom, & Johansson, 2009), la simulación de esfuerzos asociados a la flexión de la madera (Gaff et al., 2015) y la verificación del análisis modal en la evaluación de las frecuencias de vibración en elementos estructurales de madera (Kouroussis, Ben Fekih, & Descamps, 2017).

Por otra parte, el MEF se ha empleado para el estudio de productos de madera. Por ejemplo, Hwang y Suzuki (2016) observaron una fuerte correlación lineal ( $R^2 = 0.99$ ) entre las frecuencias experimentales de tambores de *Zelkova serrata* ( $\rho_{CH} = 620 \text{ kg m}^{-3}$ ) en vibración y las frecuencias teóricas correspondientes pero determinadas con el método del elemento finito. Christoforo et al. (2016), con ayuda del MEF, determinaron el módulo de elasticidad estático en vigas la madera redonda. Por su parte, Kandler, Füssl y Eberhardsteiner (2015) relacionan diferentes enfoques estocásticos, siempre aplicando el método del elemento finito, para la caracterización de productos derivados de la madera.

El análisis modal realizado por el MEF requiere, por una parte, información sobre la configuración geométrica y las condiciones de frontera. Por otra parte, demanda los parámetros materiales densidad, módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson (Gaff et al., 2015). Como resultado, el análisis modal proporciona los modos y las frecuencias de vibración. Por ello, la comparación experimental y numérica se enfoca en las frecuencias observadas experimentalmente durante pruebas de vibraciones y las frecuencias resultantes del MEF (García, Sampaio, & Rosales, 2016).

En el contexto de la investigación, la madera es modelada como un sólido elástico, macroscópicamente poroso pero homogéneo, con propiedades de un medio continuo y con simetrías materiales y elásticas ortotrópicas (Guitard & Gachet, 2004). Sin embargo, la hipótesis de ortotropía material ha sido simplificada para considerar a la madera como un material isotrópico y así estudiar toda la probeta como un volumen sólido. Así, la probeta es idealizada como una viga continua, de geometría uniforme y de masa estructuralmente homogénea. Estas hipótesis simplificadoras de la descripción de la estructura del material y del cuerpo sólido en estudio han sido propuestas entre otros autores por De Amicis, Riggio, Girardi y Piazza (2011), De Borst et al. (2013) y Hofstetter, Hellmich y Eberhardsteiner (2004).

A partir de la medición de la frecuencia de resonancia en el primer modo de vibración de probetas de madera las vibraciones transversales permiten determinar de manera no destructiva su módulo dinámico (Machek, Militz, & Sierra-Alvarez, 2001) y viceversa, a partir del módulo dinámico es posible determinar la frecuencia natural (Kouroussis et al., 2017). Por consiguiente, si se determinan la frecuencia y el módulo de elasticidad de la madera, obtenidos de manera experimental o numérica, se podrá facilitar la caracterización dinámica de piezas de madera.

La revisión de la bibliografía revela escasa información acerca de las propiedades dinámicas de las especies estudiadas (Sotomayor-Castellanos, 2015). Por su parte, Tamarit Urias y López Torres (2007) y Silva Guzmán et al. (2010) reportan módulos de elasticidad determinados en condiciones de carga estáticas. De la misma manera, no se encontró información sobre el modelado por el método del elemento finito del comportamiento dinámico de las especies estudiadas.

El objetivo de la investigación fue determinar experimentalmente y verificar por el método del elemento finito la frecuencia natural de barras de madera ensayadas en vibraciones transversales. Para eso se experimentó con muestras de madera de 12 especies endémicas de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material experimental consistió en piezas de madera aserrada recolectadas en aserraderos

del estado de Michoacán, México (longitud Oeste 101° 49' 59.99'', latitud Norte 19° 10' 0.01''). Analizar un amplio rango de densidades aparentes de la madera fue el criterio para la selección de especies. La lista de especies estudiadas se presenta en la tabla 1. De cada especie se prepararon 32 probetas orientadas en las direcciones radial (R), tangencial (T) y longitudinal (L) y con dimensiones de 0.02 m x 0.02 m x 0.32 m (International Organization for Standardization, 2012). Las probetas se prepararon con madera sin anomalías estructurales y libre de defectos naturales. Las especies fueron identificadas en el Laboratorio de Mecánica de la Madera, de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia, Michoacán, México.

La madera se almacenó durante 6 meses en una cámara de acondicionamiento con una temperatura de 20 °C ( $\pm 1$  °C) y una humedad relativa de 60% ( $\pm 2\%$ ), hasta que su peso fue constante. El contenido de humedad de la madera se calculó de acuerdo con la norma ISO 13061-1:2014 (International Organization for Standardization, 2014a). La densidad aparente de la madera al momento del ensayo se calculó según la norma ISO 13061-2:2014 (International Organization for Standardization, 2014b). En lo subsecuente se escribirá *densidad*.

La determinación experimental del módulo dinámico siguió el procedimiento reportado por Villaseñor-Aguilar y Sotomayor-Castellanos (2015). Las pruebas de vibraciones transversales consistieron en medir la frecuencia natural de vibración perpendicular a la dirección longitudinal de la probeta. A este parámetro se le define como frecuencia experimental ( $f_{exp}$ ). Con tal propósito se utilizó un analizador de frecuencias *Grindosonic*® MK7 (Rango: 20 kHz - 100 kHz). La figura 1 muestra una fotografía de las pruebas de vibraciones transversales. El impulso elástico inicial fue aplicado en el centro geométrico de la cara superior de la probeta, en la dirección transversal a la misma, apoyada sobre dos soportes rígidos de tipo simple a una distancia nodal de 0.224 l. El ensayo dinámico en cada probeta fue repetido tres veces y el promedio de valores fue considerado para su análisis posterior.

A partir de la ecuación de movimiento de una viga en vibraciones transversales (1) (Weaver, Timoshenko, & Young, 1990):

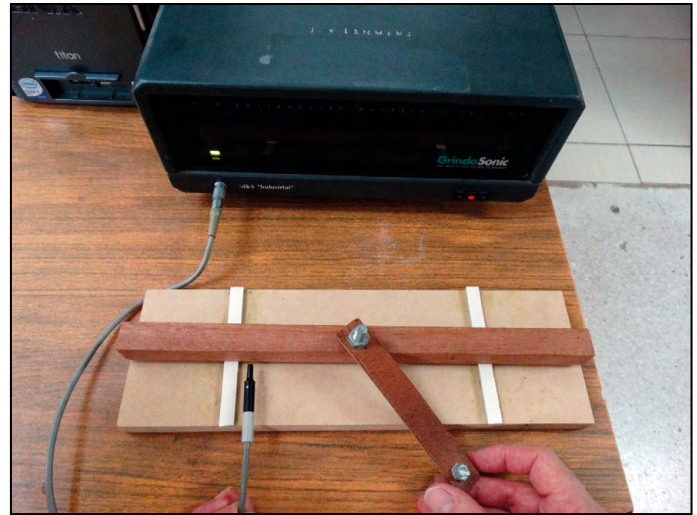


Figura 1. Prueba de vibraciones transversales. Fotografía del equipo de investigación.

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + m_l \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \left( m_l r^2 + \frac{EI m_l}{K' AG} \right) \frac{\partial^4 y}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{m_l^2 r^2}{K' AG} \frac{\partial^4 y}{\partial t^4} = 0 \quad (1)$$

Donde:

- E = Módulo de elasticidad (N m<sup>-2</sup>)
- I = Momento de inercia de la sección transversal de la probeta (m<sup>4</sup>)
- m<sub>l</sub> = Masa por unidad de longitud de la probeta (kg m<sup>-1</sup>)
- A = Área de la sección transversal de la probeta (m<sup>2</sup>)
- G = Módulo de Rigidez de la madera (N m<sup>-2</sup>)
- y = Desplazamiento en la dirección transversal de la probeta (m)
- x = Distancia en la dirección longitudinal de la probeta (m)
- t = Tiempo (s)
- K' = Factor de forma en cortante (0.833 para probetas prismáticas)
- r = Radio de giro de la sección transversal de la probeta (m<sup>2</sup>), con:  $r = \sqrt{I/A}$

El módulo dinámico se calculó con la ecuación (2) (Machek et al., 2001):

$$E_{exp} = \frac{4 \pi^2 L^4 f_{exp}^2 \rho_{CH}}{m^4 r^2} \left( 1 + \frac{r^2}{l^2} K \right) \quad (2)$$

Donde:

- E<sub>exp</sub> = Módulo dinámico (N m<sup>-2</sup>)
- L = Largo de la probeta (m)

- $l$  = Distancia entre apoyos (m)  
 $f_{exp}$  = Frecuencia natural experimental de la probeta (Hz)  
 $\rho_{CH}$  = Densidad de la madera a un contenido de humedad CH ( $\text{kg m}^{-3}$ )  
 $m, K$  = Constantes adimensionales (12, 65, 49, 48)  
 $r$  = Radio de giro de la sección transversal de la probeta ( $\text{m}^2$ ) con:  $r = \sqrt{I/A}$   
 $I$  = Momento de inercia de la sección transversal de la probeta ( $\text{m}^4$ )  
 $A$  = Área de la sección transversal de la probeta ( $\text{m}^2$ )

Los datos experimentales del contenido de humedad de la madera, de su densidad, de su módulo dinámico, así como al de las frecuencias naturales de vibración corresponden a los antecedentes de las especies reportadas por Sotomayor-Castellanos (2015). El experimento numérico consistió en introducir en el modelo los parámetros materiales: dimensiones (R, T, L), densidad ( $\rho_{CH}$ ) y módulo dinámico experimental ( $E_{exp}$ ) para estimar la frecuencia natural de vibración del sistema en movimiento, nombrada frecuencia numérica ( $f_{MEF}$ ).

El cálculo por el método del elemento finito (MEF) siguió el procedimiento reportado por Sotomayor-Castellanos y López-Garza (2016). El modelado consideró los aspectos siguientes: El programa utilizado para el análisis numérico fue ANSYS® 15. Se realizó un estudio de convergencia de la malla. Se modeló la probeta como una viga compuesta de un material isotrópico. Los valores de la densidad ( $\rho_{CH}$ ) y del módulo dinámico experimental ( $E_{exp}$ ) empleados corresponden a los resultados experimentales presentados en la tabla 1. El coeficiente de Poisson fue 0.3, valor sugerido por Sotomayor-Castellanos y López-Garza (2016). Los principales parámetros que se utilizaron en el MEF fueron geometría 3D; Tipo de elemento: Hexaédrico SOLID186; Tamaño de malla: 0,002 (m); Número de elementos: 16700; Número de nodos: 77495 (figura 2); y Función de forma: lineal.

No obstante que el número de probetas por cada muestra fue de 32, cantidad suficiente para considerar la teoría de las grandes muestras en el análisis, se calculó a posteriori el tamaño de la muestra necesario para validar las pruebas estadísticas. El tamaño de la muestra (número de probetas) se calculó con la ecuación (3) (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2012):

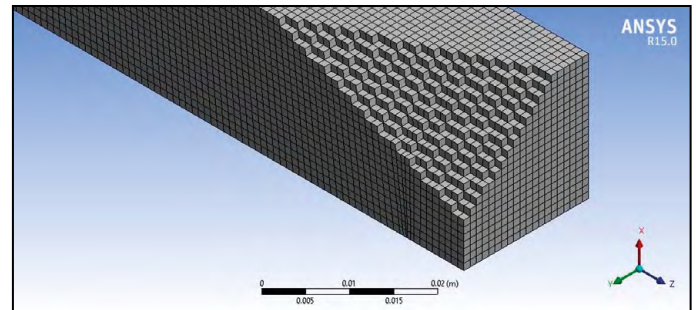


Figura 2. Mallado. Imagen adaptada de Sotomayor-Castellanos y López-Garza (2016).

$$n = \frac{2 \sigma^2}{e^2} \quad (3)$$

Donde:

- $n$  = Tamaño de la muestra  
 $\sigma$  = Desviación estándar  
 $e$  = Error de estimación aceptable

### Diseño experimental

Las variables de respuesta fueron la frecuencia experimental ( $f_{exp}$ ) y la frecuencia numérica ( $f_{MEF}$ ). La densidad de la madera ( $\rho_{CH}$ ) y el módulo dinámico ( $E_{vt}$ ) fueron variables de referencia utilizadas en el modelo numérico. El contenido de humedad de la madera (CH) se consideró parámetro de referencia. El cálculo numérico de las frecuencias se consideró el tratamiento. Los resultados experimentales se contrastaron con los numéricos. Para esto, se calculó el estadístico media ( $\bar{X}$ ) y se realizaron pruebas de normalidad calculando el sesgo estandarizado ( $S$ ) y la curtosis estandarizada ( $C$ ). El estadístico descriptivo y las pruebas de normalidad de las variables experimentales  $\rho_{CH}$ ,  $E_{vt}$  y  $f_{exp}$  fueron calculados con los resultados de 32 probetas diferentes de cada especie en estudio.

Una vez confirmada la normalidad de las muestras y verificada la conformidad de varianzas se realizó un análisis de varianza de muestras independientes para un nivel de confianza de 95%. Suponiendo una distribución normal con media cero ( $\bar{X} = 0$ ) y varianza constante ( $\sigma^2$ ) e independientes entre sí, para cada prueba de diferencia de medias se verificó la hipótesis nula  $H_0: \bar{X}_{exp} - \bar{X}_{FEM} = 0$ , y se contrastó con la hipótesis alterna  $H_A: \bar{X}_{exp} - \bar{X}_{FEM} \neq 0$ . Los subíndices exp y FEM representan el valor correspondiente a la frecuencia experimental ( $f_{exp}$ ) y a la frecuencia numérica ( $f_{MEF}$ ). Se calcularon regresiones lineales ( $y = ax \pm b$ ) y sus coeficientes

de determinación ( $R^2$ ) entre  $f_{exp}$  en función de  $\rho_{CH}$ , y entre  $f_{exp}$  en función de  $f_{MEF}$ .

## RESULTADOS

La tabla 1 presenta los resultados de la densidad, del módulo dinámico, de la frecuencia experimental

y de la frecuencia numérica de las especies en estudio. La figura 3 presenta la deformación de una probeta de *Cedrela odorata* en el primer modo de vibración. El contenido de humedad de la madera promedio fue de 10,8% con un coeficiente de variación de 1,1%. Este parámetro se consideró constante y sin influencia en los resultados.

Tabla 1  
 Densidad, módulo dinámico, frecuencia experimental y frecuencia numérica

	Especie		$\rho_{CH}$ (kg m <sup>-3</sup> )	$E_{exp}$ (MN/m <sup>-2</sup> )	$f_{exp}$ (Hz)	$f_{MEF}$ (Hz)
1	<i>Spathodea campanulata</i>	$\bar{x}$	357	3765	655	670
		$\sigma$	25	516	68	-
		CV	7,0	13,7	10,4	-
2	<i>Gyrocarpus americanus</i>	$\bar{x}$	392	6107	786	814
		$\sigma$	14	822	33	-
		CV	3,6	13,5	4,2	-
3	<i>Cupressus lindleyi</i>	$\bar{x}$	440	10815	987	1023
		$\sigma$	60	1540	131	-
		CV	13,6	14,2	13,3	-
4	<i>Cedrela odorata</i>	$\bar{x}$	566	9795	873	858
		$\sigma$	51	1262	89	-
		CV	9,0	12,9	10,2	-
5	<i>Tabebuia rosea</i>	$\bar{x}$	628	9753	797	812
		$\sigma$	34	907	42	-
		CV	5,4	9,3	5,3	-
6	<i>Guazuma ulmifolia</i>	$\bar{x}$	730	8765	686	715
		$\sigma$	46	1165	55	-
		CV	6,3	13,3	8,0	-
7	<i>Pinus douglasiana</i>	$\bar{x}$	734	11805	931	827
		$\sigma$	64	1421	46	-
		CV	8,7	12,0	4,9	-
8	<i>Swietenia humilis</i>	$\bar{x}$	757	9098	756	715
		$\sigma$	31	1186	79	-
		CV	4,1	13,0	10,4	-
9	<i>Quercus spp.</i>	$\bar{x}$	841	13922	806	839
		$\sigma$	29	1868	53	-
		CV	3,4	13,4	6,6	-
10	<i>Quercus scytophylla</i>	$\bar{x}$	852	13922	747	834
		$\sigma$	15	1505	42	-
		CV	1,8	10,8	5,6	-
11	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	$\bar{x}$	866	14077	823	832
		$\sigma$	33	1637	40	-
		CV	3,8	11,6	4,9	-
12	<i>Acacia farnesiana</i>	$\bar{x}$	901	13965	946	812
		$\sigma$	41	1539	92	-
		CV	4,6	11,0	9,7	-

Nota:  $\rho_{CH}$  = Densidad;  $E_{exp}$  = Módulo dinámico;  $f_{exp}$  = Frecuencia experimental;  $f_{MEF}$  = Frecuencia numérica;  $\bar{x}$  = Media;  $\sigma$  = desviación estándar; CV = Coeficiente de variación en porcentaje.  
 Elaboración propia.



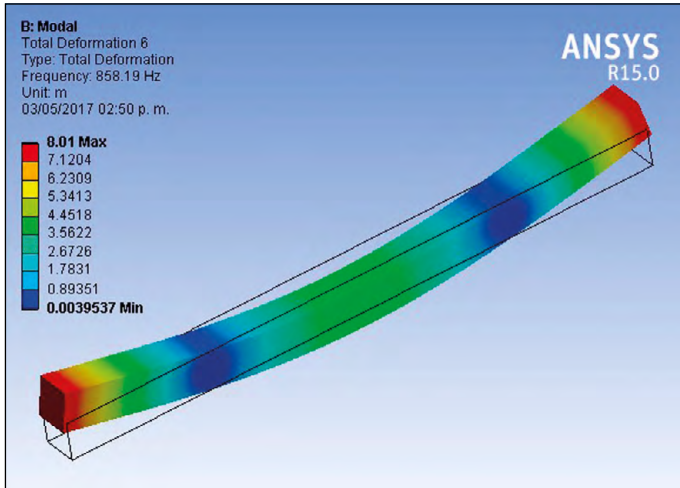


Figura 3. Deformación de una probeta de *C. odorata* en el primer modo de vibración.  
 Elaboración propia.

## DISCUSIÓN

Las magnitudes de la densidad cubrieron un intervalo de  $544 \text{ kg m}^{-3}$ , con un mínimo para *Spathodea campanulata* de  $357 \text{ kg m}^{-3}$  y un máximo para *Acacia farnesiana* de  $901 \text{ kg m}^{-3}$ . Los valores del módulo dinámico experimental comprendieron un intervalo de  $10312 \text{ MN m}^{-2}$ , con un mínimo de  $3765 \text{ MN m}^{-2}$  para *S. campanulata* y un máximo de  $14077 \text{ MN m}^{-2}$  para *Platymiscium dimorphandrum*. Asimismo, los valores de la frecuencia experimental cubrieron un rango de 291 Hz, con un mínimo para *S. campanulata* de 655 Hz, y un máximo de 987 Hz para *Cupressus lindleyi*.

Para las frecuencias experimental y numérica, los valores del sesgo y de la curtosis estandarizados se situaron al interior del intervalo  $-2, +2$ . Conjuntamente, el valor  $P = 0.4197$  de la prueba de conformidad de varianzas verificó igualmente que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las muestras observadas. Asimismo, el valor  $P = 0.9308$  del análisis de varianza confirmó que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos variables. En consecuencia, desde el punto de vista estadístico, las magnitudes de la frecuencia predichas numéricamente equivalen a las determinadas experimentalmente.

Sin embargo, los resultados de la tabla 1 sugieren, para cada especie, diferencias aritméticas entre las frecuencias experimentales y numéricas. En

efecto, se puede observar una diferencia máxima entre  $f_{exp}$  y  $f_{MEF}$  de 14.1% para *A. farnesiana*, especie que presentó la máxima densidad. Con todo, esta diferencia no es proporcional en función de la densidad de la madera. En efecto, la diferencia mínima entre frecuencias es de 1.7% y corresponde a *Cedrela odorata* con densidad de  $566 \text{ kg m}^{-3}$ . Esta tendencia se indica en la figura 4 que muestra la correlación de la frecuencia experimental en función de la densidad de la madera y su coeficiente de determinación. En las figuras 4 y 5 la leyenda de los puntos corresponde a la numeración de las especies de la tabla 1.

En efecto, el coeficiente de determinación de la regresión  $f_{exp} = f(\rho_{CH})$  es  $R^2 = 0.71$ , valor aceptable de acuerdo con el paradigma vigente para ciencias y tecnología de la madera, el cual considera a la densidad como predictor de sus características elásticas, en este caso, del módulo dinámico (Niklas & Spatz, 2010). Sin embargo, no se observa una correspondencia inequívoca entre módulo dinámico y densidad de la madera, ambos experimentales.

Como consecuencia, los resultados numéricos que utilizan estos datos como parámetros materiales en el modelo resultan en una variación correspondiente y/o similar. Este resultado se explica en la figura 5 que presenta la correlación de la frecuencia experimental ( $f_{exp}$ ) en función de la frecuencia numérica ( $f_{MEF}$ ), con un coeficiente de determinación aceptable, pero menor ( $R^2 = 0.66$ ).

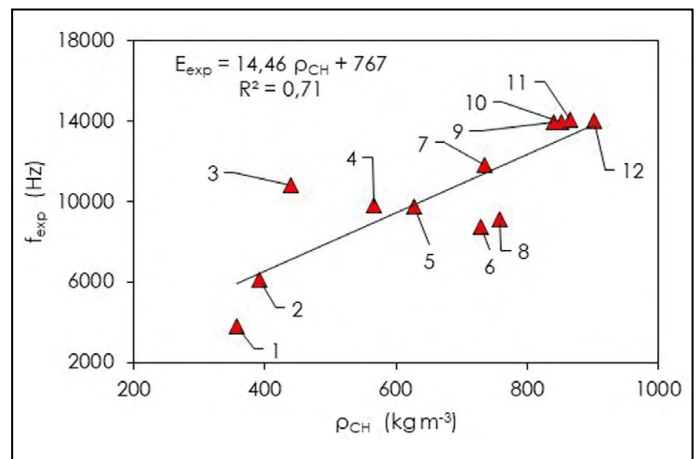


Figura 4. Dispersión de la frecuencia experimental ( $f_{exp}$ ) en función de la densidad de la madera ( $\rho_{CH}$ ), su regresión y coeficiente de determinación ( $R^2$ ).  
 Elaboración propia.

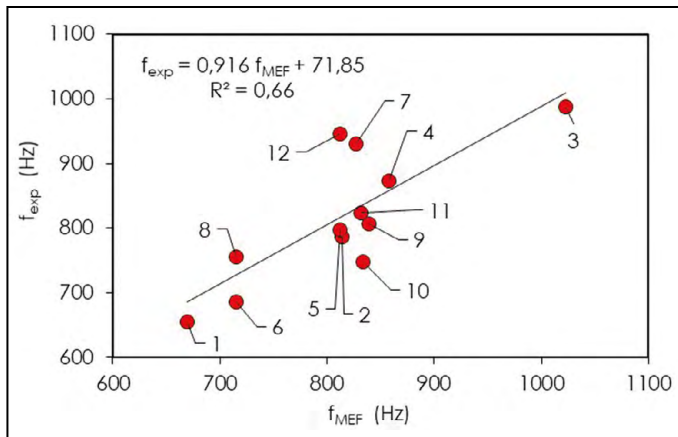


Figura 5. Dispersión de la frecuencia experimental ( $f_{exp}$ ) en función de la frecuencia numérica ( $f_{MEF}$ ), su regresión y coeficiente de determinación ( $R^2$ ).  
Elaboración propia.

La calidad de un procedimiento de caracterización mecánica de la madera está delimitada principalmente por dos factores: el primero es la precisión del parámetro medido para explicar el parámetro dependiente, esta capacidad es cuantificada por medio del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) derivado del análisis de regresión, y el segundo factor es el error introducido en la predicción del parámetro, el cual puede ser valorado por el coeficiente de variación (CV) de las mediciones. Si el análisis de regresión entre dos parámetros o variables se deriva de mediciones realizadas en las mismas condiciones experimentales y con el mismo aparato, el efecto del error de medición y del coeficiente de variación ya está incluido en el valor de  $R^2$  directamente (Hanhijärvi, Ranta-Maunus, & Turk, 2005). Retomando este argumento, el coeficiente de determinación entre  $f_{exp}$  versus  $\rho_{CH}$  fue de 0.71 (figura 4) y en comparación con el coeficiente de determinación entre  $f_{MEF}$  versus  $\rho_{CH}$  que fue de 0.66 (figura 5), es decir, una disminución de 7%.

La estrategia de comparar resultados experimentales con numéricos es reportada recientemente por Christoforo et al. (2016), quienes determinaron para *Pinus elliotii* ( $570 \text{ kg m}^{-3}$ ) los módulos de elasticidad estáticos de manera experimental y compararon sus resultados con los módulos estimados con el MEF. Estos autores encontraron un coeficiente de determinación entre los dos módulos de 94.5%. Por su parte, Kandler, Füssl, Serrano y Eberhardsteiner (2015) encontraron coeficientes de correlación entre los módulos

dinámicos experimentales y numéricos de 0.88. Por su parte, Lukacevic, Füssl, Griessner y Eberhardsteiner (2014) reportan igualmente que la simulación numérica es capaz de reproducir adecuadamente el comportamiento estructural básico de piezas de madera de tamaño estructural de *Picea abies* ( $\rho_{CH} = 390 \text{ kg m}^{-3}$ ) y completa la validación. Sus resultados experimentales y numéricos de resistencia mecánica en flexión resultaron con un coeficiente de determinación de 0.79. Comparando con los resultados de esta investigación (2017), los coeficientes de determinación fueron menores que los reportados en la literatura.

## CONCLUSIONES

Se determinó experimentalmente y se verificó por el método del elemento finito la frecuencia natural de barras de madera ensayadas en vibraciones transversales. El modelo fue validado experimentalmente comparando las predicciones del modelo para 12 especies leñosas, con los resultados promedio de 32 especímenes ensayados en vibraciones transversales para cada una de las mismas especies.

Desde el punto de vista estadístico las magnitudes de la frecuencia predichas numéricamente son equivalentes a las determinadas experimentalmente. El uso del módulo dinámico obtenido experimentalmente y empleado en las simulaciones del movimiento de probetas de 12 especies de madera conduce a valores de frecuencia equivalentes a los obtenidos en las pruebas de vibraciones, probando así la eficiencia del modelado numérico para estimar la frecuencia de una pieza de madera. Este corolario es particular para las condiciones experimentales y específicas a este estudio de caso. Para prospecciones más generales se recomienda realizar estudios intensivos para las condiciones de carga y para la configuración de las pruebas correspondientes.

La densidad de la madera predice su módulo dinámico hasta en 71%. La comparación de la predicción del modelo numérico con los resultados experimentales, en términos de la correlación entre la frecuencia numérica y la frecuencia experimental, explica 66% de esta dependencia. Así, la regresión lineal calculada indica una moderada calidad predictiva del modelo de simulación empleado en la investigación.

Con todo, los coeficientes de determinación reportados en la bibliografía y citados anteriormente son mayores que los obtenidos en esta investigación. El modelo numérico aquí utilizado parte de que el material con el cual está conformado el volumen puesto en vibración es homogéneo e isotrópico. Esta hipótesis material introducida para simplificar el tratamiento numérico no satisface necesariamente las características materiales de las probetas estudiadas experimentalmente. En efecto, la estructura anatómica de cada una de las especies es diferente y particular, argumento que sugiere

para futuras simulaciones similares a las propuestas en esta investigación detallar más el modelo material de la madera.

### Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Doctor Juan Zárate Medina, profesor de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por su colaboración en la realización de las pruebas de vibraciones transversales. La investigación estuvo patrocinada por la Coordinación de la Investigación Científica, de la misma universidad.

## REFERENCIAS

- Baño, V., Arriaga, F., Soilán, A., & Guaita, M. (2011). Prediction of bending load capacity of timber beams using a finite element method simulation of knots and grain deviation. *Biosystems Engineering*, 109(4), 241-249. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2011.05.008
- Christoforo, A. L., Panzera, T. H., Silveira, M. E., Lopes Silva, D. A., Vasconcelos Pinheiro, R., & Rocco Lahr, F. A. (2016). Numerical evaluation of the bending modulus of elasticity in *Pinus elliottii* round timber beams. *Ciência Florestal*, 26(4), 1271-1279. doi: 10.5902/1980509825138
- De Amicis, R., Riggio, M., Girardi, G., & Piazza, M. (2011). Morphology-based macro-scale finite-element timber models. *Computer-Aided Design*, 43(1), 72-87. doi: 10.1016/j.cad.2010.09.003
- De Borst, K., Jenkel, C., Montero, C., Colmars, J., Gril, J., Kaliske, M., & Eberhardsteiner, J. (2013). Mechanical characterization of wood: An integrative approach ranging from nanoscale to structure. *Computers and Structures*, 127, 53-67. doi: 10.1016/j.compstruc.2012.11.019
- Gaff, M., Gašparik, M., Borůvka, V., & Babiak, M. (2015). Simulating stresses associated with the bending of wood using a Finite Element M. *BioResources*, 10(2), 2009-2019. doi: 10.15376/biores.10.2.2009-2019
- García, D. A., Sampaio, R., & Rosales, M. B. (2016). Eigenproblems in timber structural elements with uncertain properties. *Wood Science and Technology*, 50(4), 807-832. doi: 10.1007/s00226-016-0810-8
- Gonçalves, R., Trinca, A. J., & Pellis, B. P. (2014). Elastic constants of wood determined by ultrasound using three geometries of specimens. *Wood Science and Technology*, 48(2), 269-287. doi: 10.1007/s00226-013-0598-8
- Guitard, D., & Gachet, C. (2004). Paramètres structuraux et/ou ultrastructuraux facteurs de la variabilité intra-arbre de l'anisotropie élastique du bois. *Annals of Forest Science*, 61(2), 129-139. doi: 10.1051/forest:2004004
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos* (3ª. ed). México: McGraw-Hill.
- Hackspiel, C., de Borst, K., & Lukacevic, M. (2014a). A numerical simulation tool for wood grading model development. *Wood Science and Technology*, 48(3), 633-649. doi: 10.1007/s00226-014-0629-0
- \_\_\_\_\_ (2014b). A numerical simulation tool for wood grading: Model validation and parameters studies. *Wood Science and Technology*, 48(3), 651-669. doi: 10.1007/s00226-014-0630-7
- Hanhijärvi, A., Ranta-Maunus, A., & Turk, G. (2005). *Potential of strength grading of timber with combined measurement techniques. Report of the Combigrade-project-phase 1*. Finland: VTT Publications. Recuperado de <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2005/P568.pdf>
- Hofstetter, K., Hellmich, C., & Eberhardsteiner, J. (2004). Hierarchical organization of wood revisited in the framework of continuum micromechanics. En P. Neittaanmäki et al. (Eds.), *European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering* (pp. 1-21). Jyväskylä: University of Jyväskylä. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/267236732\\_Hierarchical\\_organization\\_of\\_wood\\_revisited\\_in\\_the\\_framework\\_of\\_continuum\\_micromechanics](https://www.researchgate.net/publication/267236732_Hierarchical_organization_of_wood_revisited_in_the_framework_of_continuum_micromechanics)
- Hwang, Y. F., & Suzuki, H. (2016). A finite-element analysis on the free vibration of Japanese drum wood barrels under material property uncertainty. *Acoustical Science and Technology*, 37(3), 115-122. doi: 10.1250/ast.37.115
- International Organization for Standardization. (2012). ISO 3129:2012. *Wood. Sampling methods and general requirements for physical and mechanical testing of small clear wood specimens*. Geneva: International Organization

- for Standardization. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/52489.html>
- International Organization for Standardization. (2014a). ISO 13061-1:2014. *Wood. Determination of moisture content for physical and mechanical tests*. Geneva: International Organization for Standardization. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/60063.html>
  - International Organization for Standardization. (2014b). ISO 13061-2:2014. *Wood. Determination of density for physical and mechanical tests*. Geneva: International Organization for Standardization. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/60064.html>
  - Kandler, G., Füssl, J., & Eberhardsteiner, J. (2015). Stochastic finite element approaches for wood-based products: Theoretical framework and review of methods. *Wood Science and Technology*, 49(5), 1055-1097. doi: 10.1007/s00226-015-0737-5
  - Kandler, G., Füssl, J., Serrano, E., & Eberhardsteiner, J. (2015). Effective stiffness prediction of GLT beams based on stiffness distributions of individual lamellas. *Wood Science and Technology*, 49(6), 1101-1121. doi: 10.1007/s00226-015-0745-5
  - Kouroussis, G., Ben Fekih, L., & Descamps, T. (2017). Assessment of timber element mechanical properties using experimental modal analysis. *Construction and Building Materials*, 134, 254-261. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.12.081
  - Lukacevic, M., Füssl, J., Griessner, M., & Eberhardsteiner, J. (2014). Performance assessment of a numerical simulation tool for wooden boards with knots by means of full-field deformation measurements: Performance assessment of a numerical simulation tool for wooden boards. *Strain*, 50(4), 301-317. doi: 10.1111/str.12093
  - Machek, L., Militz, H., & Sierra-Alvarez, R. (2001). The use of an acoustic technique to assess wood decay in laboratory soil-bed tests. *Wood Science and Technology*, 34(6), 467-472. doi: 10.1007/s002260000070
  - Mackerle, J. (2005). Finite element analyses in wood research: A bibliography. *Wood Science and Technology*, 39(7), 579-600. doi: 10.1007/s00226-005-0026-9
  - Niklas, K. J., & Spatz, H. C. (2010). Worldwide correlations of mechanical properties and green wood density. *American Journal of Botany*, 97(10), 1587-1594. doi: 10.3732/ajb.1000150
  - Ormarsson, S., Dahlblom, O., & Johansson, M. (2009). Finite element study of growth stress formation in wood and related distortion of sawn timber. *Wood Science and Technology*, 43(5-6), 387-403. doi: 10.1007/s00226-008-0209-2
  - Silva Guzmán, J. A., Fuentes Talavera, F. J., Rodríguez Anda, R., Torres Andrade, P. A., Lomelí Ramírez, M. A., Ramos Quirarte, J.,... & Richter, H. G. (2010). *Fichas de propiedades tecnológicas y usos de maderas nativas de México e importadas*. México: Comisión Nacional Forestal.
  - Sotomayor-Castellanos, J. R. (2015). *Banco FITECMA de características físico-mecánicas de maderas mexicanas* (65 p.). Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/276841418\\_Banco\\_FITECMA\\_de\\_caracteristicas\\_fisico-mecanicas\\_de\\_maderas\\_Mexicanas](https://www.researchgate.net/publication/276841418_Banco_FITECMA_de_caracteristicas_fisico-mecanicas_de_maderas_Mexicanas)
  - Sotomayor-Castellanos, J. R., & López-Garza, V. (2016). Verificación por el método del elemento finito del comportamiento mecánico de la madera en flexión estática. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, 12(3), 4-54. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/311651698\\_Verificacion\\_por\\_el\\_metodo\\_del\\_elemento\\_finito\\_del\\_comportamiento\\_mecanico\\_de\\_la\\_madera\\_en\\_flexion\\_estatica](https://www.researchgate.net/publication/311651698_Verificacion_por_el_metodo_del_elemento_finito_del_comportamiento_mecanico_de_la_madera_en_flexion_estatica)
  - Tamarit Urias, J. C., & López Torres, J. L. (2007). *Xilotecología de los principales árboles tropicales de México*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias campo experimental San Martinito.
  - Vasic, S., Smith, I., & Landis, E. (2005). Finite element techniques and models for wood fracture mechanics. *Wood Science and Technology*, 39(1), 3-17. doi: 10.1007/s00226-004-0255-3
  - Villaseñor-Aguilar, J. M., & Sotomayor-Castellanos, J. R. (2015). Caracterización dinámica de la madera de *Fraxinus americana* y *Fraxinus uhdei*. *Revista de Aplicación Científica y Técnica*, 1(1), 43-53. Recuperado de [http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Aplicacion\\_Cientifica\\_y\\_Tecnica/vol1num1/Aplicacion-Cientifica-y-Tecnica--50-60.pdf](http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Aplicacion_Cientifica_y_Tecnica/vol1num1/Aplicacion-Cientifica-y-Tecnica--50-60.pdf)
  - Weaver, W., Timoshenko, S., & Young, D. H. (1990). *Vibration problems in engineering* (5a. ed.). New York: Wiley.



## Determinación de pH por colorimetría en muestras pequeñas de lágrima. Método simple para medición en enfermedades oftalmológicas de la superficie ocular anterior

### Determination of pH by colorimetry in small tear samples. Simple method for pH measuring in ophthalmological diseases of the anterior ocular surface

Luis Fernando Barba-Gallardo\*, Marín Humberto Muñoz-Ortega\*\*, Guillermo Andrés Díaz-Parra\*\*\*, Pedro Garzón de la Mora\*\*\*, Sergio Alberto Ramírez-García\*\*\*\*, José Rafael Villafán-Bernal\*\*\*\*\*✉

Barba-Gallardo, L. F., Muñoz-Ortega, M. H., Díaz-Parra, G. A., Garzón de la Mora, P., Ramírez-García, S. A., & Villafán-Bernal, J. R. (2019). Determinación de pH por colorimetría en muestras pequeñas de lágrima. Método simple para medición en enfermedades oftalmológicas de la superficie ocular anterior. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 41-48.

#### RESUMEN

No existen métodos sencillos en la práctica clínica para cuantificar el pH de lágrima. El objetivo fue estandarizar un método para la determinación del pH en pequeñas muestras de lágrima de pacientes. Se construyó una escala colorimétrica en un rango de pH de 6 a 8.0 utilizando como indicador azul de bromotimol, con  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.1M (constante) y volúmenes ascendentes de NaOH

0.1M. El método se validó en 20 uL de lágrima de 73 sujetos, en quienes permitió distinguir cambios en el pH de 0.2 en 0.2 en un rango de 6.0 a 8.0 con un coeficiente de variación intrasujeto de 0.8 a 4.0%. El método aquí presentado, es preciso, con baja variación interensayo. Esto, aunado a su simpleza, bajo costo y poco volumen de muestra necesario, lo convierten en una alternativa para el monitoreo del pH de la lágrima, ya sea en la cama del paciente o el consultorio.

**Palabras clave:** azul de bromotimol; superficie ocular anterior; lágrima; pH.

**Keywords:** bromothymol blue; anterior ocular surface; tear; pH.

Recibido: 8 de junio de 2018, aceptado: 21 de noviembre de 2018

\* Departamento de Optometría, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: barbaluis@yahoo.com. ORCID: orcid.org/0000-0002-1514-8230

\*\* Departamento de Química, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: mhmunoz@correo.uaa.mx. ORCID: orcid.org/0000-0002-1961-6919

\*\*\* Departamento de Biología Molecular, Universidad de Guadalajara. Sierra Mojada 950, Col. Independencia, C. P. 44340, Guadalajara, Jalisco, México. Correo electrónico: guillermo.andres.dp@hotmail.com; pgarzonm@yahoo.com. ORCID: orcid.org/0000-0001-7502-4152; orcid.org/0000-0002-6823-9208

\*\*\*\* Instituto de Investigación sobre la Salud Pública, Universidad de la Sierra Sur, Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca (SUNEO). Calle Guillermo Rojas Mijangos s/n, esq. Av. Universidad, Col. Ciudad Universitaria, C. P. 70800, Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca, México. Correo electrónico: sergio7genetica@hotmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0002-6343-9278

\*\*\*\*\* Cátedras CONACYT-Departamento de Cirugía, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: joravibe@hotmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0002-6135-4270

✉ Autor para correspondencia

#### ABSTRACT

There are no simple methods in clinical practice to quantify tear pH. Our objective was to standardize a method for the determination of pH in small tear samples of patients. A colorimetric scale was constructed in a pH range of 6 to 8.0 using bromothymol blue as indicator, with 0.1M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (constant) and ascending volumes of 0.1M NaOH. The method was validated in 20 uL of tear of 73 subjects, in whom it was possible to distinguish changes in the pH from 0.2 in 0.2 in a range of 6.0 to 8.0 with a coefficient of intrasubject variation of 0.8 to 4.0%. The method presented here is precise, with low inter-assay variation. This, combined with its simplicity, low cost and small sample volume, make it an alternative for monitoring the pH of the tear either, in the patient's bed or in primary care.

#### INTRODUCCIÓN

El pH de la lágrima normal se considera de 7.45, con un rango entre 7.14 y 7.82 (Carney & Hill, 1976; Holly & Lemp, 1977). El mantenimiento del pH de la

lágrima dentro del rango fisiológico por el sistema de amortiguación contribuye a mantener la homeostasis del segmento o superficie ocular anterior del ojo (Carney, Mauger, & Hill, 1989). En pacientes con uso extendido de lentes de contacto, el pH tiende a disminuir, lo que tiene implicaciones en el desarrollo de patologías e infecciones (Carney, Mauger, & Hill, 1990). Otras situaciones en las que cambia el pH lagrimal es en el post-operatorio de cirugía de catarata (Thygesen & Jensen, 1987), y con el uso de lubricantes oculares como la hipromelosa, cuyo pH es alcalino (8.34) (Rahman, Chuah, Macdonald, Trusler, & Ramaesh, 2012).

Los cambios anormales del pH de la lágrima pueden afectar el grado de ionización de fármacos tópicos (Iwata, 1973; Longwell, Birss, Keller, & Moore, 1976), alterar la barrera epitelial y los mecanismos anti-adherencia contra patógenos, lo que aumenta el riesgo de infecciones (Bergmanson, Söderberg, & Estrada, 1987; Fleiszig, Zaidi, Ramphal, & Pier, 1994), asimismo, podrían favorecer cambios conformacionales en proteínas (Rahman et al., 2012), alterar las propiedades de la película lagrimal (Murube, Paterson, & Murube, 1996), y contribuir a la aparición de patologías oculares como úlceras corneales, penfigoide, distrofia endotelial, conjuntivitis alérgica, estenosis de la vía lagrimal y queratitis, entre otras enfermedades del campo de trabajo del cirujano oftalmólogo y optometrista (Sullivan, Dartt, & Meneray, 1996).

Por tanto, en la práctica clínica de la oftalmología y optometría se requiere un método simple y rápido para la medición de pH a partir de volúmenes pequeños de lágrima. En especial porque en condiciones basales la lágrima puede obtenerse en poco volumen y no debe estimularse el lagrimeo reflejo para poder conocer el pH real de la lágrima. Un método óptimo para la determinación del pH en lágrima es el colorimétrico, que se basa en cambios de coloración de un indicador de pH, en este caso azul de bromotimol, al mezclarse con una muestra de lágrima.

El azul de bromotimol es un colorante con propiedades de ácido o base débil, cuya forma disociada tiene diferente color a la forma sin disociar, ello se debe a que está formado por sistemas resonantes aromáticos, que pueden modificar la distribución de carga según la forma que adopten. Esta alteración por el desplazamiento hacia una

forma más o menos disociada hace que la absorción energética del sistema se modifique y con ello el color cambie su intensidad de acuerdo con los cambios del pH (Izquierdo-Sañudo, Peral-Fernández, Plaza-Pérez, & Trotino-Núñez, 2003).

El presente trabajo tiene como finalidad estandarizar un método colorimétrico para la determinación del pH en pequeñas muestras de lágrima de pacientes utilizando azul de bromotimol.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### a) Instrumentación

Se utilizó un espectrofotómetro marca Clima Plus (RAL-Barcelona, Spain) para la lectura de absorbancias de las soluciones, tanto de las curvas de calibración como de las muestras de lágrima. También se utilizó el potenciómetro portátil modelo HI 8915 MV/°C (Hanna, Madrid, España) como herramienta para medir el pH de las soluciones de la curva colorimétrica.

### b) Reactivos

Se utilizaron los siguientes materiales y reactivos: fosfato monobásico de potasio 0.1M ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 3246-01, JT Baker, Center Valley, PA, EE. UU.), hidróxido de sodio 0.1M (NaOH, 6697-01, JT Baker, Center Valley, PA, EE. UU.), azul de bromotimol (114413, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.), etanol absoluto (8025.1000, JT Baker, EE. UU., Center Valley, PA, EE. UU.) y agua destilada desionizada (AG4029-4220-20, JT Baker, Center Valley, PA, EE. UU.). Se preparó una solución 0.1% de azul de bromotimol más etanol (relación 1:10) con 0.1 gr de azul de bromotimol más 1 mL de etanol absoluto.

### c) Preparación de la escala colorimétrica en un rango de pH de 6-8

Para la construcción de la escala colorimétrica en un rango de pH de 6 a 8.0 primero se seleccionó un indicador (azul de bromotimol) con actividad iónica en este rango de pH, sensible a cambios de 0.2 en 0.2 (tabla 1). Para ello se prepararon 11 tubos con un rango de pH conocido (6.0 – 8.0), utilizando un volumen constante de fosfato monobásico de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 0.1M (pH= 5.4 a 25 °C) mezclado con volúmenes ascendentes de hidróxido de sodio 0.1M y ajustándose a 5 ml con agua destilada (tabla 2). El cambio del pH con la adición de cantidades ascendentes de NaOH y su ajuste al valor deseado fue verificado por el potenciómetro. Posteriormente

se adicionaron 100 uL de azul de bromotimol a cada tubo y tras una agitación en el vórtex 30 segundos se logró que la mezcla adquiriera un color desde amarillo (a pH 6.0) hasta azul (a pH 8.0; figura 1A),

en donde permaneció el color estable por al menos 2 h a temperatura ambiente. Una vez obtenida la escala colorimétrica se valoró la absorbancia del vire de color utilizando un espectrofotómetro UV visible (tabla 3).

Tabla 1  
Indicadores, colores y rango de útil pH (Izquierdo-Sañudo, Peral-Fernández, Plaza-Pérez, & Trotino-Núñez, 2003)

Nombre común	pK	Color	pH mínimo	Color	pH máximo
Azul de timol	1.7	Rojo	1.2	Amarillo	2.8
Anaranjado de metilo	3.5	Rojo	3.1	Amarillo	4.4
Verde de bromocresol	4.7	Amarillo	3.8	Azul	5.5
Azul de bromofenol	4.0	Amarillo	3.0	Azul	4.6
Rojo de metilo	5.1	Rojo	4.2	Amarillo	6.3
Rojo de clorofenol	6.0	Amarillo	5.1	Rojo	6.7
Púrpura de bromocresol	6.2	Amarillo	5.4	Púrpura	7.0
Azul de bromotimol	7.0	Amarillo	6.0	Azul	8.0
Rojo de fenol	7.9	Amarillo	6.8	Rojo	8.4
Rojo de cresol	8.3	Amarillo	7.2	Rojo	8.8
Azul de timol	8.9	Amarillo	8.0	Azul	9.6
Fenolftaleína	9.7	Incoloro	8.3	Rojo	10.0
Timolftaleína	9.9	Amarillo	9.3	Azul	10.5
Rojo neutro	6.85	Amarillo	6.8	Naranja	8.0

Nota: Elaboración propia.

Tabla 2  
Preparación de soluciones para la escala colorimétrica

No. de tubo	pH a preparar	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.1 M	NaOH 0.1 M	H <sub>2</sub> O destilada
1	6.0	5 ml	0.6 ml	4.4 ml
2	6.2	5 ml	0.8 ml	4.2 ml
3	6.4	5 ml	1.2 ml	3.8 ml
4	6.6	5 ml	1.7 ml	3.3 ml
5	6.8	5 ml	2.3 ml	2.7 ml
6	7.0	5 ml	2.9 ml	2.1 ml
7	7.2	5 ml	3.4 ml	1.6 ml
8	7.4	5 ml	3.9 ml	1.1 ml
9	7.6	5 ml	4.2 ml	0.8 ml
10	7.8	5 ml	4.5 ml	0.5 ml
11	8.0	5 ml	4.6 ml	0.4 ml

Adicionar en 1° lugar      Adicionar en 2° lugar      Adicionar en 3° lugar

Nota: Elaboración propia.

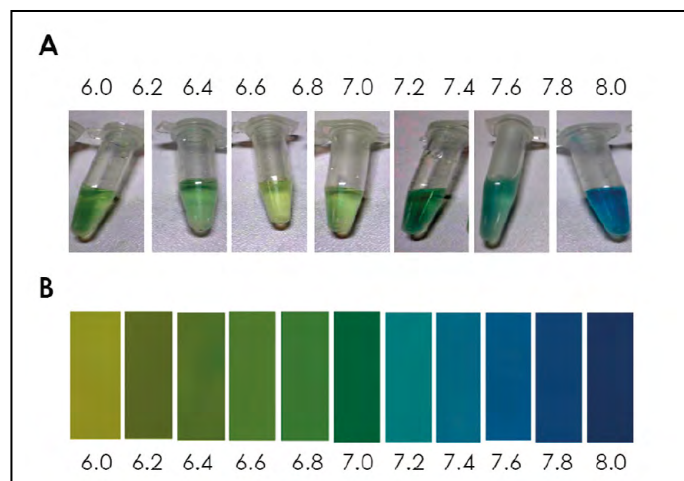


Figura 1. A) Adquisición de colores según el nivel de pH en la mezcla. B) Escala de colores de referencia en el rango de pH 6.0-8.0. Elaboración propia.

Tabla 3  
 Absorbancia a 445 nm según la escala de pH

pH	Absorbancia a 445 nm
6.0	0.106
6.2	0.127
6.4	0.144
6.6	0.184
6.8	0.242
7.0	0.339
7.2	0.398
7.4	0.407
7.6	0.55
7.8	0.654
8.0	0.770

Nota: Elaboración propia.

#### d) Extracción de la muestra de lágrima

Las muestras de lágrimas se recolectaron durante un periodo de 3 h (entre las 8:00 y 11:00 a. m.) del menisco lagrimal inferior sin tocar el ojo ni los párpados con una pipeta manual con bulbo (BRAND®, número de catálogo BR747775; Sigma-Aldrich; Merck KGaA, Darmstadt, Alemania). En total se obtuvo una muestra de 20 µl por vez. Inmediatamente después de la recolección las muestras se colocaron en el tubo correspondiente para la cuantificación del pH.

Todos los sujetos incluidos eran individuos sanos, con peso normal, menores de 30 años porque en este grupo de edad son comunes alteraciones

Tabla 4  
 Características generales de los sujetos de estudio

Características de los sujetos	Total (n= 50)
Edad (años)	20.5 ± 0.5 (18.8 -22.2)
% femeninos/masculinos	50/50
IMC	22.78 ± 1.2 (18.1-24.2)
Peso (kg)	69.25 ± 8.9 (54.9-94.7)
Talla (m)	1.78 ± 0.9 (1.59-1.82)

Nota: Los valores se presentan como media, ± DE, rango o porcentaje cuando así se indica. Elaboración propia.

que cursan con cambios en pH como es el uso de lentes de contacto. Fueron excluidos pacientes que padecían enfermedades sistémicas como diabetes mellitus, hipertensión, falla renal crónica o neoplasias. También aquellos con diagnóstico previo de enfermedades oculares tipo infecciosas, inflamatorias, alérgicas, congénitas ni glaucoma, o patologías corneales o que a la exploración física tuvieron signos de enfermedades del ojo. Las características demográficas y antropométricas de los participantes se presentan en la tabla 4.

El tamaño de muestra se calculó con el software MedCalc (MedCalc, Ostende, Bélgica) de acuerdo con las recomendaciones de Machin y Campbell para estudios de coeficiente de variación para mediciones por duplicado; con intervalo de confianza de 95%, coeficiente de variación máximo esperado de 6% con ancho de intervalo de confianza de 4%, dando una *n* mínima de 21. Sin embargo, se incluyeron más pacientes a petición de los revisores (Machin, Campbell, Tan, & Tan, 2009).

#### e) Consideraciones éticas

El presente estudio se realizó de acuerdo a las recomendaciones para investigación médica en seres humanos establecidas en la declaración de Helsinki y al reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación en Seres Humanos de los Estados Unidos Mexicanos. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

## RESULTADOS

A partir de las lecturas de absorbancia del espectrofotómetro de cada uno de los 11 tubos con cantidades de fosfato de sodio monobásico e



hidróxido de sodio, se construyó una curva que al compararse con el pH de soluciones conocidas se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.94 (figura 2). Por tanto, se construyó una regleta de colores de referencia (figura 1B) y, con base en el color adquirido en la mezcla lágrima-solución indicadora, se obtuvo el valor de pH de cada paciente.

Para evaluar el desempeño del método en lágrima de humano se determinó el pH en lágrima de 50 sujetos sanos por triplicado, colocando 20 µl de lágrima en la mezcla de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.1 M, NaOH 0.1 M y agua destilada (tabla 5). El coeficiente de variación (% CV) osciló de 0.8 a 4.4, con un promedio de 2.5%. Se pueden observar los valores de pH por triplicado, la media de las tres mediciones, la desviación estándar de las tres medidas y el porcentaje de variación de las tres lecturas, donde se puede demostrar que la variación tuvo como mayor valor 4.4% y como menor

valor 0.8%, con lo que se obtuvo el coeficiente de variación intrasujeto.

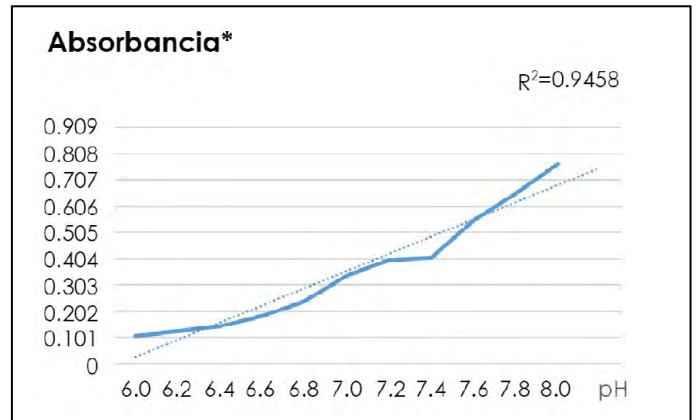


Figura 2. Curva de absorbancia según la escala de pH (\* a 445 nm). Elaboración propia.

Tabla 5  
 Lecturas de pH de lágrima por triplicado de 21 pacientes sanos, con su media, DS y %CV intrasujeto

	pH 1	pH2	pH3	Media de tres lecturas	DE de tres lecturas	% CV intrasujeto
1	7.3	7.5	7	7.3	0.3	3.5
2	7.4	7.6	7.3	7.4	0.2	2.1
3	7.5	7.8	7.2	7.5	0.3	4
4	7.2	7.7	7.2	7.4	0.3	3.9
5	7.5	7.4	7.4	7.4	0.1	0.8
6	7.6	7.4	7.3	7.4	0.2	2.1
7	7.1	7.3	7.4	7.3	0.2	2.1
8	7.5	7.5	7.3	7.4	0.1	1.6
9	7.4	7.3	7.2	7.3	0.1	1.4
10	7.3	7.2	7.2	7.2	0.1	0.8
11	7.5	7.5	7.2	7.4	0.2	2.3
12	7.4	7.6	7.4	7.5	0.1	1.5
13	7.2	7.4	7.3	7.3	0.1	1.4
14	7.4	7.5	7.4	7.4	0.1	0.8
15	7.5	7.4	7.3	7.4	0.1	1.4
16	7.6	7.3	7.3	7.4	0.2	2.3
17	7.1	7.4	7.2	7.2	0.2	2.1
18	7.2	7.4	7.1	7.2	0.2	2.1
19	7.5	7.3	7.3	7.4	0.1	1.6
20	7.6	7.2	7.4	7.4	0.2	2.7
21	7.5	7.5	7.4	7.5	0.1	0.8

Continuación de la tabla 5

22	7.8	7.5	7.2	7.5	0.3	4
23	7.4	7.4	7.6	7.5	0.1	1.5
24	7.3	7.6	7.4	7.4	0.2	2.1
25	7.1	7.3	7.4	7.3	0.2	2.1
26	7.2	7.4	7	7.2	0.2	2.8
27	7.3	7.2	7.1	7.2	0.1	1.4
28	7.4	7.6	7.8	7.6	0.2	2.6
29	7	7	7.2	7.1	0.1	1.6
30	7.4	7.4	7.2	7.3	0.1	1.6
31	7.6	7.3	7.5	7.5	0.2	2
32	7.8	7.4	7.6	7.6	0.2	2.6
33	7.8	7.4	7.6	7.6	0.2	2.6
34	7.4	7	7.2	7.2	0.2	2.8
35	7	7.2	6.8	7	0.2	2.9
36	7.4	6.8	7.2	7.1	0.3	4.3
37	7	6.6	6.8	6.8	0.2	2.9
38	7.2	6.8	6.6	6.9	0.3	4.4
39	7.6	7.8	8	7.8	0.2	2.6
40	7.4	7.2	6.8	7.1	0.3	4.3
41	7	6.8	7.4	7.1	0.3	4.3
42	6.8	7	7.2	7	0.2	2.9
43	7	7.6	7.4	7.3	0.3	4.2
44	6.8	6.6	7	6.8	0.2	2.9
45	7.2	7	6.6	6.9	0.3	4.4
46	7.4	7	7.2	7.2	0.2	2.8
47	7	7.2	7.4	7.2	0.2	2.8
48	7.6	7.8	7.4	7.6	0.2	2.6
49	7.6	7.4	7.2	7.4	0.2	2.7
50	7	7.6	7.2	7.3	0.3	4.2
Promedio	7.3	7.3	7.3	7.3	0.2	2.5

Nota: DE= Desviación estándar, % CV= Coeficiente de variación.  
 Elaboración propia.

## DISCUSIÓN

Este estudio aporta un método simple no invasivo para cuantificar pH de lágrima en humanos, que podría ayudar a detectar cambios en pacientes con patologías oftalmológicas de la superficie ocular anterior. El método descrito es altamente preciso con desviaciones estándar bajas y coeficientes de variación intraensayo inferiores a 3%, lo que, aunado a su simpleza y bajo costo, lo convierten en una alternativa para el biomonitorio en el hospital o en el consultorio. Las patologías que cursan con

desviaciones del pH de la lágrima son la presencia de infecciones, rosácea, alergia, ojo seco.

Las desviaciones anormales de pH, además de predisponer a estas patologías, podrían afectar la respuesta terapéutica a antibióticos y la intolerancia a lentes de contacto. Por tanto, el monitoreo del pH en la práctica clínica podría ser de gran utilidad (Coles & Jaros, 1984; Pinna, Usai, Sechi, Carta, & Zanetti, 2011; Yetisen, Jiang, Tamayol, Ruiz-Esparza, & Zhang, 2017). Además, en usuarios nuevos o crónicos de lente de contacto, conocer y modular el pH de

la lágrima podría favorecer una adaptación más suave al lente, dado que la aceptación de este es más confortable en aquellos casos en que el pH es más alcalino (cercano a 8.0) (Motolko & Breslin, 1981).

Pocos métodos se han desarrollado para evaluar el pH en la lágrima, entre los que se encuentran el uso de un microelectrodo de cristal colocado en el fórnix lateral inferior, que después de 5 a 10 s de periodo de estabilización hace la lectura del pH; misma que se realiza por triplicado y se obtiene una media (Coles & Jaros, 1984). Sin embargo, este método es considerado invasivo pues se introduce en el saco conjuntival inferior y es probablemente afectado por las capas totales de la película lagrimal y por el metabolismo de las células epiteliales (Coles & Jaros, 1984). Además, existe riesgo de tocar la conjuntiva con el microelectrodo y en consecuencia estimular el parpadeo reflejo e inducir la liberación de una mayor cantidad de lágrima refleja, afectándose así la obtención de lágrima basal (Abelson, Sadun, Udell, & Weston, 1980). A diferencia de lo que ocurre con el microelectrodo, con el método aquí reportado no se estimula la respuesta refleja porque se toma lágrima basal y aún más, por su sencillez y bajo costo, tiene el potencial de transferir a un método colorimétrico de aplicación a la práctica clínica diaria.

Carney et al. (1989) reportaron un método mediante una cámara cerrada con microelectrodos y temperatura estabilizada (36 °C) para la medición de pH de lágrima con alta precisión y exactitud, al comparar las lecturas con las de seis buffers estándar de pH conocido (Carney et al., 1989). Sin embargo, el uso de microelectrodos para la medición de pH no se ha transferido a un dispositivo comercializable y por ello no se utiliza en la práctica clínica diaria.

En otro estudio Avetisov, Safonova, Novikov, Pateiuk y Griboedova (2014) diseñaron tiras reactivas

con papel tornasol que tras la colocación de la lágrima cambiaban de color, después de lo cual mediante un programa computacional determinaban el pH analizando los colores adquiridos por la tira, esto debido a que el papel tornasol adquiere tonalidades (según el pH) difíciles de diferenciar a simple vista, que hacen indispensable el uso de dicho programa (Avetisov et al., 2014). Con el método reportado en el presente trabajo, por realizarse con soluciones, se obtienen colores más nítidos y homogéneos en el tubo Eppendorf o de ensaye, que son más fáciles de interpretar al compararlos con la escala de colores de referencia.

El método aquí reportado deberá aplicarse en estudios ulteriores de réplica en muestras de lágrima de pacientes con enfermedades que afecten la superficie ocular anterior del globo ocular, para obtener valores de referencia y de predicción de alteraciones del ojo. Asimismo, sería importante transferir este principio a una prueba disponible para el consultorio del optometrista y el oftalmólogo.

## CONCLUSIONES

Se estableció un método colorimétrico simple no invasivo para estimación del pH, basado en cambios de coloración al mezclar una muestra de lágrima con una solución que contiene azul de bromotimol, lo cual permitirá estudios ulteriores de réplica en muestras de lágrima de pacientes con enfermedades que afecten la superficie ocular anterior del ojo para estimar su impacto como biomarcador clínico.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer por el financiamiento a los Departamentos de Cirugía y Optometría del Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

## REFERENCIAS

- Abelson, M. B., Sadun, A. A., Udell, I. J., & Weston, J. H. (1980). Alkaline tear pH in ocular rosácea. *American Journal of Ophthalmology*, 90(6), 866-869. doi: 10.1016/S0002-9394(14)75203-1
- Avetisov, S. E., Safonova, T. N., Novikov, I. A., Pateiuk, L. S., & Griboedova, I. G. (2014). [Ocular surface acidity and buffering system (by studying the conjunctival sac)]. *Vestnik Oftalmologii*, 130(5), 5-10.
- Bergmanson, J. P. G., Söderberg, P. G., & Estrada, P. (1987). Comparison between the measure and desirable quality of hydrogel extended wear contact lenses. *Acta Ophthalmologica*, 65(4), 417-423. doi: 10.1111/j.1755-3768.1987.tb07017.x.
- Carney, L. G., & Hill, R. M. (1976). Human tear pH: diurnal variations. *Arch Ophthalmol*, 94(5), 821-824. doi:10.1001/archophth.1976.03910030405011
- Carney, L. G., Mauger, T. F., & Hill, R. M. (1989). Buffering in human tears: pH responses to acid and base challenge. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 30(4), 747-754.
- \_\_\_\_\_ (1990). Tear buffering in contact lens wearers. *Acta Ophthalmologica (Copenhagen)*, 68(1), 75-79. doi: 10.1111/j.1755-3768.1990.tb01653.x
- Coles, W. H., & Jaros, P. A. (1984). Dynamics of ocular surface pH. *British Journal of Ophthalmology*, 68(8), 549-552. doi: 10.1136/bjo.68.8.549
- Fleiszig, S. M., Zaidi, T. S., Ramphal, R., & Pier, G. B. (1994). Modulation of *Pseudomonas aeruginosa* adherence to the corneal surface by mucus. *Infection and Immunity*, 62(5), 1799-1804.
- Holly, F. J., & Lemp, M. A. (1977). Tear physiology and dry eyes. *Survey of Ophthalmology*, 22(2), 69-87. doi: 10.1016/0039-6257(77)90087-X
- Iwata, S. (1973). Chemical composition of the aqueous phase. En F. J. Holly, & M. A. Lemp (Eds.), *The Preocular Tear Film and Dry Eye Syndromes* (pp. 29-46). Boston, US: Little, Brown and Company.
- Izquierdo-Sañudo, M. C., Peral-Fernández, F., Plaza-Pérez, A., & Trotino-Núñez, M. D. (2003). *Evolución histórica de los principios de la Química* (pp. 353-371). Madrid: Ediciones UNED.
- Longwell, A., Birss, S., Keller N. & Moore, D. (1976). Effect of topically applied pilocarpine on tear film pH. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 65(11), 1654-1657. doi: 10.1002/jps.2600651123
- Machin, D., Campbell, M. J., Tan, S. B., & Tan, S. H. (2009). *Sample size tables for clinical studies*. UK: John Wiley & Sons.
- Motolko, M., & Breslin, C. W. (1981). The effect of pH and osmolarity on the ability of tolerate artificial tears. *American Journal of Ophthalmology*, 91(6), 781-784. doi: 10.1016/0002-9394(81)90012-X
- Murube, J., Paterson, A., & Murube, E. (1996). Classification of artificial tears. En D. A. Sullivan, D. A. Dartt, & M. A. Meneray (Eds.), *Lacrimal Gland, Tear Film, and Dry Eye Syndromes 2* (pp. 693-704). Springer Science.
- Pinna, A., Usai, D., Sechi, L. A., Carta, A., & Zanetti, S. (2011). Detection of virulence factors in *Serratia* strains isolated from contact lens-associated corneal ulcers. *Acta Ophthalmology*, 89(4), 382-387. doi: 10.1111/j.1755-3768.2009.01689.x
- Rahman, M. Q., Chuah, K. S., Macdonald, E. C., Trusler, J. P. M., & Ramaesh, K. (2012). The effect of pH, dilution, and temperature on the viscosity of ocular lubricants-shift in rheological parameters and potential clinical significance. *Eye (London)*, 26(12), 1579-1584. doi:10.1038/eye.2012.211
- Sullivan, A., Dartt, D. A., & Meneray, M. A. (Eds.). (1996). *Lacrimal gland, tear film, and dry eye syndromes 2*. Springer Science.
- Thygesen, J. E. M., & Jensen, O. L. (1987). pH changes of the tear fluid in the conjunctival sac during postoperative inflammation of the human eye. *Acta Ophthalmologica*, 65(2), 134-136. doi: 10.1111/j.1755-3768.1987.tb06990.x
- Yetisen, A. K., Jiang, N., Tamayol, A., Ruiz-Esparza, G. U., & Zhang, Y. (2017). Paper-based microfluidic system for tear electrolyte analysis. *Lab on a Chip*, 17(6), 1137-1148. doi: 10.1039/C6LC01450J



## Determinantes de la oferta de frijol por tipo de tecnología en México

### Determinants of the supply of bean by type of technology in Mexico

Eugenio Guzmán-Soria\*✉, María Teresa de la Garza-Carranza\*, José Alberto García-Salazar\*\*, Samuel Rebollar-Rebollar\*\*\*, Juvencio Hernández-Martínez\*\*\*\*

Guzmán-Soria, E., De la Garza-Carranza, M. T., García-Salazar, J. A., Rebollar-Rebollar, S., & Hernández-Martínez, J. (2019). Determinantes de la oferta de frijol por tipo de tecnología en México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 49-59.

#### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el cambio en los factores que determinan la oferta de frijol en México, diferenciándola en riego y temporal, se formuló un modelo de ecuaciones simultáneas compuesto por dos de oferta, tres de transmisión de los precios y una identidad; usando datos anuales de 1980 a 2016 y el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E). Los resultados indican que la oferta total de frijol, responde inelásticamente ante cambios en su precio, producido bajo riego (0.2814) y temporal (0.2575); el precio del bien competitivo que más le

impacta es el del garbanzo producido en temporal (-0.4594). Por tipo de tecnología las elasticidades precio-propias de la oferta de frijol en riego y temporal, fueron de 0.9087 y 0.3730; los cambios en los bienes competitivos que más impactan sobre los dos tipos de ofertas, son los registrados en el precio del arroz (-0.4498) y del garbanzo (-0.6654).

#### ABSTRACT

With the goal of evaluating the change in the factors that determine the bean supply in Mexico, differentiating it on irrigation and rain-fed, a model of simultaneous equations was formulated, composed of two of supply, three of prices transmission and one identity; using annual data from 1980 to 2016 and the two-stage least squares method (MC2E). The results indicate that the total bean supply, responds inelastically to changes in its price, produced under irrigation (0.2814) and rain-fed (0.2575); the price of the competitive good that most impacts it is that of the chickpea produced in rain-fed (-0.4594). By type of technology, the price-specific elasticities of the bean supply in irrigation and rain-fed, were 0.9087 and 0.3730; the changes in the competitive goods that have the greatest impact on the two types of offers are those registered in the price of rice (-0.4498) and chickpea (-0.6654).

**Palabras clave:** producción; frijol; riego; temporal; ecuaciones simultáneas; elasticidades.

**Keywords:** production; bean; irrigation; temporary; simultaneous equations; elasticities.

Recibido: 28 de marzo de 2018, aceptado: 13 de noviembre de 2018

\* Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Instituto Tecnológico de Celaya-Campus II. Av. García Cubas 1200, Esquina Ignacio Borunda, C. P. 38010, Celaya, Guanajuato, México. Correo electrónico: eugenio.guzman@itcelaya.edu.mx; teresa.garza@itcelaya.edu.mx. ORCID: orcid.org/0000-0003-4713-7154; orcid.org/0000-0002-4877-3403.

\*\* Programa de Economía, Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Km 26.5 Carr. México-Tezcoco, C. P. 56230, Montecillo, Estado de México, México. Correo electrónico: jsalazar@colpos.mx. ORCID: orcid.org/0000-0002-9892-7618.

\*\*\* Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Barrio de Santiago s/n, C. P. 51300, Temascaltepec, Estado de México, México. Correo electrónico: samrere@hotmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0002-2906-0571.

\*\*\*\* Facultad de Economía, Centro Universitario UAEM Tezcoco, Universidad Autónoma del Estado de México. Av. Jardín Zumpango s/n, Fracc. El Tejocote, C. P. 56259, Tezcoco, Estado de México, México. Correo electrónico: jhmartinez1412@gmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0001-7864-5595.

✉ Autor para correspondencia

#### INTRODUCCIÓN

La producción mundial de frijol de 2010 a 2016 registró una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1.42%, lo que significó un aumento de 2,170 millones de toneladas (Mt) en el periodo. Históricamente, India ha sido el principal productor de frijol en

el mundo, aunque en los últimos cinco años fue superado por Myanmar. En 2016 la producción de frijol superó las 26.8 Mt, Myanmar y la India fueron los principales productores con 19.34% y 14.53% de participación; después Brasil (9.75%), Estados Unidos (4.73%), Tanzania (4.32%), China (4.2%), México (4.06%), Uganda (3.76%) y Kenya (2.71%). De estos países, Kenya registró la TMAC: 2010-2016 más alta con 10.94%, mientras que la más baja con -3.71% fue de la India (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

En cuanto a las exportaciones de frijol en 2016, de los diez países principales que alcanzaron las 2.96 Mt, lo que representa 10.82% de la producción mundial Myanmar exportó 20.39%, seguido por China (19.90%), Estados Unidos (15.99%), Argentina (14.71%), Canadá (11.34%), Etiopía (6.22%), Australia (5.11%), Tanzania (3.30%), Nicaragua (1.89%) y Egipto (1.16%). México ocupó el lugar dieciséis con 32.9 mil t.

Con respecto a las importaciones de frijol, los 10 países principales en 2016 adquirieron 2.03 Mt (7.57% de la producción mundial) y fueron India (35.92%), Brasil (16.89%), Estados Unidos (8.53%), México (8.09%), Italia (6.61%), Pakistán (5.87%), Reino Unido (5.47%), Japón (5.32%), Canadá (3.97%) e Indonesia (3.34%). De 2010 a 2016 la TMAC más alta fue la de Pakistán con 14.15%, seguido por Brasil con 11.18%, India 6.62%, Canadá 5.73%, México 5.70%, Italia 3.68%, Estados Unidos 3.32% e Indonesia 2.05%, mientras que Reino Unido registró un decremento en sus importaciones a una TMAC 1.99% (FAO, 2018).

A nivel nacional, durante 2016 la superficie sembrada de frijol fue de 1.634 Mha; de estas, 10.33% se sembró bajo riego y 89.67% se sembró en temporal. De la superficie sembrada bajo riego, Sinaloa registró la mayor cantidad con 37.1% (462,679 ha), le siguieron los estados de Zacatecas (15.7%), Nayarit (8.5%), Chihuahua (5.7%) y Sonora (4.9%), lo que suma 121,431 ha. La mayor superficie de temporal se registró en Zacatecas (40.1%), Durango (16.5%), Chiapas (7.8%), Chihuahua (7.7%) y San Luis Potosí (6.6%), con lo que alcanzó en conjunto 1.155 Mha (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2018).

En 2016, la producción de frijol en México fue de 1.089 Mt, de las cuales 23.86% provinieron de las zonas de riego y el resto provino de zonas de temporal (76.14%). Los principales estados productores bajo

riego fueron Sinaloa con 35.01%, Zacatecas con 22.17%, Chihuahua con 7.02%, Guanajuato con 6.34% y Nayarit con 6.02%, los que en suma produjeron 0.199 Mt; mientras que los principales estados productores bajo temporal fueron Zacatecas con 39.7%, Durango con 14.65%, Chihuahua con 10.13%, Chiapas con 7.46% y Guanajuato con 4.47%, los que en suma produjeron 0.633 Mt (figura 1).



Figura 1. Cultivo de frijol grano.

Fotografía tomada del sitio Inforural (15 de julio de 2012).

En relación con el rendimiento por hectárea del frijol en 2016 el promedio nacional del producido bajo riego registró 1.57 t/ha y en temporal 0.85 t/ha; cabe señalar que en cada régimen hídrico existen diferencias significativas en los rendimientos entre los estados productores, bajo riego el rango fue de 1.56 t/ha (como extremos Zacatecas y Quintana Roo con 2.35 y 0.79 t/ha), mientras que el rango en temporal fue de 1.3 t/ha (Nayarit 1.65 t/ha y Aguascalientes 0.35 t/ha) (SIAP, 2018).

En México tanto la superficie sembrada como la producción de frijol registraron desde 2010 hasta 2016 TMAC decrecientes de 2.4 y 1%, lo que hizo incrementar las importaciones mexicanas de frijol con el fin de atender el exceso de demanda generado por este alimento básico. En 2016 la producción nacional del sector agrícola en México alcanzó 513,936 millones de pesos y el frijol representó 2.58% (figura 2). Lo anterior resalta, por un lado, la importancia económica marginal del grano y la dependencia de México hacia las importaciones de frijol.

El objetivo de este trabajo fue determinar y analizar los factores que afectan la oferta de frijol grano, clasificada como *de riego* y *de temporal*; además de medir el efecto de transmisión de

los precios, lo que crea escenarios de política económica que coadyuven a una mejor toma de decisión por parte de los productores de frijol mexicano ante cambios que determinan la oferta en riego y temporal; así como en la total.



Figura 2. Variedades de frijol en vaina. Fotografía tomada del sitio Biodiversidad mexicana (s. f.).

La hipótesis de investigación fue que las ofertas de frijol en riego y temporal son determinadas positivamente por sus precios al productor, la disponibilidad de agua para riego y la precipitación promedio (respectivamente); negativamente por los precios de productos competitivos, el precio de los insumos y la temperatura y que la magnitud del efecto en la transmisión de los precios es menos que proporcional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Un sistema de ecuaciones simultáneas puede ser expresado en forma matricial condensada, como lo proponen Gujarati & Porter (2010, pp. 711-719) citados por Guzmán-Soria, De la Garza-Carranza, García-Salazar, Hernández-Martínez y Rebolllar-Rebolllar (2012):

$$(1) \quad \Gamma Y_t + B X_t = E_t$$

donde:  $Y_t$  = Vector de variables endógenas del modelo;  $X_t$  = Vector de variables predeterminadas, más la ordenada al origen;  $\Gamma$  = Matriz de parámetros estructurales asociados a las variables endógenas;  $B$  = Matriz de parámetros estructurales asociados a las variables predeterminadas;  $E$  = Vector de los términos de error aleatorios. Los vectores  $Y_t$  y  $E_t$  son de orden  $m \times 1$ , donde  $m$  es el número de variables endógenas del modelo. Por su parte,  $\Gamma$  es una matriz cuadrada de orden  $m \times m$ . A su vez,  $B$  es una matriz

de orden  $k+1 \times m$ , donde  $k$  es el número de variables exógenas y endógenas retrasadas del modelo más la ordenada al origen; en general,  $k$  puede o no ser igual a  $m$ . Al existir la inversa de  $\Gamma$ , es posible derivar el modelo reducido del sistema:

$$(2) \quad \Pi Y_t + B X_t = E_t$$

donde:  $\Pi = -\Gamma^{-1}B$  es la matriz de los parámetros de la forma reducida;  $V_t = -\Gamma^{-1}E_t$  es la matriz de las perturbaciones de la forma reducida.

La relación entre los determinantes de la oferta de frijol en México, diferenciada por tipo de tecnología, fue establecida mediante las elasticidades económicas, calculadas a partir de los resultados de un modelo de ecuaciones simultáneas, que en su forma estructural fue formulado como sigue:

- (3)  $QPFRI_t = \alpha_{11} + \alpha_{12} PMRFRIRL_{t-1} + \alpha_{13} PMRMRIRL_{t-1} + \alpha_{14} PMRAPRIR2L_{t-2} + \alpha_{15} PMRGRIR_t + \alpha_{16} PFERTR3L_{t-3} + \alpha_{17} PPLAGR_{t-1} + \alpha_{18} DAR_t + \alpha_{19} TEMP_t + \alpha_{110} QPFRIML_{t-1} + \varepsilon_{1t}$
- (4)  $QPFTE_t = \alpha_{21} + \alpha_{22} PMRFTER3L_{t-3} + \alpha_{23} PMRMTERL_{t-1} + \alpha_{24} PMRAPTER2L_{t-2} + \alpha_{25} PMRGTER_t + \alpha_{26} PFERTRL_{t-1} + \alpha_{27} PPLAGR_t + \alpha_{28} PP_t + \alpha_{29} TEMP_t + \alpha_{210} QPFTEML_{t-1} + \varepsilon_{2t}$
- (5)  $PMRFRIR_t = \alpha_{31} + \alpha_{32} PMAYFRL_{t-1} + \alpha_{33} Dt + \varepsilon_{3t}$
- (6)  $PMRFTER_t = \alpha_{41} + \alpha_{42} PMAYFRL_{t-1} + \alpha_{43} Dt + \varepsilon_{4t}$
- (7)  $PMAYFR_t = \alpha_{51} + \alpha_{52} CTRANSRL_{t-1} + \alpha_{53} PINTFIR_t + \alpha_{54} D_t + \varepsilon_{5t}$
- (8)  $QPF_t = QPFRI_t + QPFTE_t$

donde:  $QPFRI_t$  = cantidad producida de frijol bajo riego en México (t);  $PMRFRIRL_{t-1}$  = precio medio rural real del frijol producido bajo riego con un año de retraso (\$/t);  $PMRMRIRL_{t-1}$  = precio medio rural real del maíz producido bajo riego con un año de retraso (\$/t);  $PMRAPRIR2L_{t-2}$  = precio medio rural real del arroz producido bajo riego con dos años de retraso (\$/t);  $PMRGRIR_t$  = precio medio rural real del garbanzo producido bajo riego (\$/t);  $PFERTRL_{t-1}$  y  $PFERTR3L_{t-3}$  = precio real del fertilizante con un año de retraso y con tres años de retraso (\$/t);  $PPLAGR_t$  y  $PPLAGR_{t-1}$  = precio real del plaguicida en el año  $t$  y con un año de retraso (\$/t);  $DAR_t$  = disponibilidad de agua para



riego (millones de  $m^3$ );  $TEMP_t$  = temperatura promedio anual ( $^{\circ}C$ );  $QPFRIL_{t-1}$  = cantidad producida de frijol bajo riego en México con un año de retraso (t);  $QPFTE_t$  = cantidad producida de frijol en temporal en México (t);  $PMRFTER3L_{t-3}$  = precio medio rural real del frijol producido en temporal con tres años de retraso ( $\$/t$ );  $PMRMTERL_{t-1}$  = precio medio rural real del maíz producido en temporal un año de retraso ( $\$/t$ );  $PMRAPTER2L_{t-2}$  = precio medio rural real del arroz producido en temporal con dos años de retraso ( $\$/t$ );  $PMRGTER_t$  = precio medio rural real del garbanzo producido bajo temporal ( $\$/t$ );  $PP_t$  = precipitación promedio anual (mm);  $QPFTEL_{t-1}$  = cantidad producida de frijol en temporal en México con un año de retraso (t);  $PMAYFR_t$  y  $PMAYFR_{t-1}$  = precio al mayoreo real de frijol en el año t y con un año de retraso ( $\$/t$ );  $D_t$  = variable de clasificación con cero desde 1980 hasta 1986, que representa el periodo de economía cerrada y uno de 1987 a 2016 que representa la economía abierta;  $CTRANSRL_{t-1}$  = costo de transporte real con un año de retraso ( $\$/t$ );  $PINTFIR_t$  = precio real internacional del frijol-variable proxy el precio al productor del frijol en India ( $\$/t$ ) y  $QPF_t$  = cantidad producida total de frijol en México (t).

Las ecuaciones 3 y 4 modelan la producción de frijol grano en México bajo riego y temporal. Las ecuaciones 5 y 6 modelan el efecto de transmisión que el precio al mayoreo de frijol en México tiene sobre el precio medio rural del frijol bajo riego y temporal. La ecuación 7 modela el efecto que el costo de transporte y el precio al productor de frijol en India tienen sobre el precio al mayoreo (ya que históricamente durante el periodo de análisis fue el principal país productor del grano) y, por último, la ecuación de identidad 8, establece la cantidad de frijol total producida en México, establecida como suma de las cantidades producidas bajo riego y temporal.

El modelo se basó en evidencia de trabajos de investigación empírica que han analizado económicamente la producción de este grano, así como de otros productos agropecuarios: Benítez-Ramírez, García-Mata, Mora-Flores y García-Salazar (2010), Brescia y Lema (2007), Calderón Chávez, García Mata, López Díaz, Mora Flores y García Salazar (2004), Chembezi y Womack (1987), Coeymans y Mundlak (1993), Cutts y Hassan (2003), Foster y Mwanumo (1995), García Mata, Del Villar Villalón, García Salazar, Mora Flores y García Sánchez (2004), Guzmán-Soria et al. (2012), Imai, Gaiha y Thapa (2011), McKay, Morrissey y Vaillant (1999), Mose, Burger y Kuyvenhoven (2007), Mundlak, Cavallo y

Domenech (1989), Ramírez Gómez, Martínez Covaleda, Ortiz, González, y Barrios (2004), Rao (1989) y Shepherd (2006).

Para cada una de las variables se conformó una serie de tiempo con información anual desde 1980 hasta 2016 y dado que en el mercado la respuesta de la oferta o de la demanda a los cambios de sus factores determinantes rara vez es instantánea (más evidente en el caso de la oferta de productos agropecuarios, los cuales por el proceso biológico requieren de algún tiempo para su producción), ya que con frecuencia responden después de cierto tiempo, lapso que recibe el nombre de rezago o retraso (Gujarati & Porter, 2010, pp. 617-622, citados por Guzmán-Soria et al., 2012) en el modelo citado se supuso que algunas de las variables exógenas están influenciadas con uno, dos o hasta tres periodos de rezago, lo que fue estadísticamente justificado en función de su significancia individual (Guzmán-Soria et al., 2012).

Las cantidades producidas y los precios medios rurales se obtuvieron de SIAP (2018), los precios del fertilizante y plaguicida en el Consejo Nacional Agropecuario (1995) y la FAO (2018), la disponibilidad de agua para riego de la Comisión Nacional del Agua (2017) y el Centro Virtual de Información sobre el Agua (2017), la temperatura y precipitación promedio anual del Servicio Meteorológico Nacional (2017), el precio al mayoreo de frijol en México y el precio del frijol en la India del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (2017) y la FAO (2018), respectivamente; por último, el costo de transporte se obtuvo de la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal (2017) y la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga (2017).

Las series monetarias fueron calculadas en términos reales usando el Índice de Precios al Productor del Sector Agrícola, el Índice Nacional de Precios al Consumidor y el Índice Nacional de Precios al Consumidor del Sector Transporte, obtenidos del Banco de Información Económica del INEGI (2017). El año base de los índices de precios fue 2010.

Los coeficientes del modelo fueron estimados con el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) (Gujarati & Porter, 2010, pp. 718-720; Wooldridge, 2009, pp. 521-523) con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0. La congruencia estadística se determinó por medio de la significancia global de cada ecuación a tra-



vés de la prueba *F*, su nivel de auto correlación vía el estadístico Durbin Watson (*DW*), la significancia individual de cada coeficiente a través de la *t* de Student y la normalidad de las variables con la prueba Shapiro-Wilk (*SW*) (Guzmán-Soria et al., 2012). La teoría microeconómica de la oferta (Parkin & Loría, 2015; Samuelson & Nordhaus, 2010) fue usada para validar el signo de los coeficientes de cada variable independiente. Con base en Gujarati y Porter (2010, pp. 699-702) para la identificación del modelo se usaron las condiciones de orden y de rango y se obtuvo como resultado que todas las ecuaciones están sobreidentificadas.

**RESULTADOS**

En su forma estructural, las cinco ecuaciones de regresión mostraron altos coeficientes de determinación ajustada (*R*<sup>2</sup> Ajust) en rango de 0.81 a 0.93, la prueba *F* de cada ecuación resultó significativa a 0.01, los valores del estadístico *DW* indican un bajo nivel de autocorrelación entre la series de tiempo (1.96 a 2.19) y el valor de *SW* por variable fue de 0.93 a 0.99, lo que implica que su distribución se acerca a la normal (tabla 1).

Tabla 1  
Resultados de la forma estructural

$QPFR1 = 1048714 + 27.649 * PMRFR1RL - 31.269 * PMRM1RL - 36.269 * PMRAPR1R2L$					
<i>t</i>	(1.84*)	(5.14***)	(-1.30*)	(-2.29**)	
Error sd.	571467	5.3820	24.1239	15.8187	
<i>SW</i>		0.94	0.96	0.92	
$-4.8751 * PMRGR1R - 326724 * PFERTR3L - 14.788 * PPLAGR1L + 7.7257 * DAR$					
<i>t</i>	(-1.03*)	(-1.03*)	(-2.11**)	(2.01**)	
Error sd.	4.7244	31.7625	7.0147	3.8449	
<i>SW</i>	0.97	0.95	0.93	0.94	
$-40038.6 * TEMP + 0.3827 * QPFR1L$					
<i>t</i>	(-1.40*)	(2.62**)			
Error sd.	28657.6	0.1461			
<i>SW</i>	0.96	0.97			
$R^2=0.92; R^2Ajust=0.11; Pr > F=0.0001; DW=2.19; BP=1.87$					
$QPFT2 = -2512999 + 26.0385 * PMRFT2R3L - 68.4682 * PMRMFT2R1L - 118.586 * PMRAPTER2L$					
<i>t</i>	(-1.23*)	(1.14*)	(-1.01*)	(-2.36**)	
Error sd.	2042370	22.79267	67.72067	50.21218	
<i>SW</i>		0.95	0.931	0.93	
$-73.47063 * PMRGT2R - 155.5921 * PFERT2R1L - 23.4336 * PPLAGR2L + 517.0063 * PP$					
<i>t</i>	(-1.87**)	(-1.1*)	(-0.9*)	(1.16*)	
Error sd.	39.37581	141.8613	26.04035	444.3468	
<i>SW</i>	0.92	0.92	0.964	0.96	
$-123835.5 * TEMP + 0.37415 * QPFT2L$					
<i>t</i>	(-1.41*)	(2.14**)			
Error sd.	88042.49	0.174623			
<i>SW</i>	0.96	0.97			
$R^2=0.86; R^2Ajust=0.81; Pr > F=0.0001; DW=2.06; BP=1.89$					
$PMRFR1R = 8689.378 + 0.958538 * PMAYFR1L - 1740.6 * D$					
<i>t</i>	(3.76***)	(2.8***)	(-1.19*)		
Error sd.	2312.741	0.342227	456.797		
<i>SW</i>		0.94	0.96		
$R^2=0.96; R^2Ajust=0.94; Pr > F=0.0004; DW=1.992; BP=1.88$					
$PMRFT2R = 5775.489 + 1.685171 * PMAYFR2L - 2178.55 * D$					
<i>t</i>	(2.89***)	(5.71***)	(-1.73**)		
Error sd.	1995.222	0.295242	1256.792		
<i>SW</i>		0.96	0.95		
$R^2=0.87; R^2Ajust=0.84; Pr > F=0.0001; DW=1.978; BP=1.88$					
$PMAYFR = 3228.09 + 1.55936 * CTRANSRL + 0.154038 * PINTFIR - 1282.81 * D$					
<i>t</i>	(5.36***)	(3.38***)	(2.06**)	(-3.34***)	
Error sd.	602.7695	0.461527	0.074751	384.1471	
<i>SW</i>		0.93	0.96	0.95	
$R^2=0.85; R^2Ajust=0.83; Pr > F=0.0001; DW=1.979; BP=1.89$					

Nota: BP= Breush-Pagan, prueba de heterocedasticidad entre las series de tiempo. Valores *t* al 0.1 (\*); 0.05 (\*\*); 0.01 (\*\*\*) de significancia estadística.

Elaboración propia.

Tabla 2  
 Resultados de la forma reducida

Variables endógenas	Variables exógenas					
	Intercepto	PMRFRIRL	PMRMRIRL	PMRAPRIR2L	PMRGRIR	PFERTR3L
QPF	-1464285	27.64922	-31.2697	-36.2697	-4.87514	-32.6724
	PPLAGRL	DAR	TEMP	QPFRIL	PMRFTER3L	PMRMTERL
QPF	-14.78815	7.72579	-163874.1	-0.28269	26.03858	-68.46824
	PMRAPTER2L	PMRGTER	PFERTRL	PPLAGR	PP	QPFTEL
QPF	-118.586	-73.47063	155.5921	-23.4336	517.0063	0.37415

Nota: Elaboración propia.

Los valores *t* de Student indican que los coeficientes de las variables endógenas del modelo son significativos estadísticamente y sus signos presentaron congruencia con la teoría microeconómica de la oferta. Los coeficientes de la forma reducida del modelo con relación a la cantidad producida total de frijol (QPF) se reportan en la tabla 2.

#### Elasticidades de corto plazo

La producción de frijol grano en temporal en México responde más inelásticamente (0.3730) que la obtenida bajo riego (0.9087) e implica que las producciones se ajustan en forma menos que proporcional a los cambios suscitados en sus respectivos precios al productor. La oferta total de frijol grano (QPF) es afectada de forma menos que proporcional ante cambios unitarios en el precio real al productor de frijol producido en riego (0.2814) y en temporal (0.2575). Las TMAC desde 2010 hasta 2016, registradas en los precios reales al productor del frijol obtenido en riego (PMRFRIR) y en temporal (PMRFTER), fueron de 4.99 y 5.93%, si estas se mantienen ocasionarían un aumento en la cantidad producida de frijol en riego (QPFRIL) y temporal (QPFTEL) de 4.53

y 2.21% y las TMAC citadas afectarían la producción total de frijol en México (QPF) directamente en magnitud de 1.4 y 1.53%, respectivamente.

Con relación al efecto de transmisión de los precios reales al productor, un cambio porcentual unitario del precio al mayoreo de frijol real (PMAYFR) provoca un ajuste relativo mayor sobre el precio real al productor de frijol bajo temporal (0.6%), en comparación al ajuste relativo que suscita sobre el precio real al productor de frijol bajo riego (0.33%). En lo que respecta al efecto del costo de transporte (CTRANSR) y el precio internacional del frijol (PINTFIR) sobre el precio al mayoreo de frijol en México, un cambio de 1% en CTRANSR y en PINTFIR ocasionarían un ajuste directo en PMAYFR de 0.16% y 0.27%; esto resalta el impacto que tiene el precio internacional en los márgenes de comercialización del frijol en México (tabla 3).

Con respecto a los otros factores que afectan a QPF sobresalen el precio del arroz producido bajo riego (PMRAPRIR) y la temperatura media en el país (TEMP) con elasticidades de -0.1393 y -3.1384. Por otro

Tabla 3  
 Elasticidades precio propias y de transmisión de los precios de la producción de frijol en el corto plazo

Variables exógenas	Variables endógenas					
	QPFRIL	QPFTE	PMRFRIR	PMRFTER	PMAYFR	QPF
PMRFRIRL	0.9087					0.2814
PMRFTER3L		0.3730				0.2575
PMAYFRL			0.3276	0.6049		
CTRANSRL					0.1589	
PINTFIR					0.2684	

Nota: Elaboración propia con información de la tabla 1.

Tabla 4  
Elasticidades relacionadas con otros factores que afectan la producción de frijol en el corto plazo

Variables endógenas	Variables exógenas				
	PMRMIRL	PMRAPRIR2L	PMRGRIR	PFERTR3L	PPLAGR
QPFRI	-0.3481	-0.4498	-0.1444	-0.1492	-0.7377
QPF	-0.1078	-0.1393	-0.0447	-0.0462	-0.2285
	DAR	TEMP	QPFRI		
QPFRI	0.7699	-2.4759	0.3852		
QPF	0.2384	-3.1384	-0.0881		
	PMRMTERL	PMRAPTER2L	PMRGTER	PFERTRL	PPLAGR
QPFTE	-0.3619	-0.6372	-0.6654	-0.3126	-0.5226
QPF	-0.2498	-0.4398	-0.4594	-0.2158	-0.3608
	PP	TEMP	QPFTEL		
QPFTE	0.5358	-3.4357	0.3732		
QPF	0.3698	-3.1384	0.2576		

Nota: Elaboración propia con información de las tablas 1 y 2.

lado, un incremento unitario en el precio real de los insumos comerciables, como el fertilizante (PFERTR) y el plaguicida (PPLAGR) impacta negativamente en QPF a razón de 0.2158 y 0.3608%.

Desde 2010 hasta 2016 el PMRAPRIR y la TEMP registraron TCMA de 1.42 y 1.08%, lo que ocasionaría cambios en QPF de -0.2 y -2.06%. Un aumento de 1% en el precio de productos competitivos obtenidos en temporal (maíz [PMRMTER], arroz [PMRAPTER] y garbanzo [PMRGTER]) impactan negativamente sobre QPF (-0.2498, -0.4398 y -0.4594). El nivel negativo de afectación de estas variables exógenas bajo la tecnología de riego es significativamente menor (tabla 4).

La producción de frijol en México obtenida bajo riego (QPFRI) reacciona de forma negativa y menos que proporcional (-0.7377) ante aumentos unitarios en el precio real de los plaguicidas (PPLAGR); los cambios en el precio real del producto competitivo que le afectan más son los del arroz [PMRAPRIR] (-0.4498). Un aumento de 1% en el precio del fertilizante (PFERTR) provoca la disminución en la producción citada a razón de -0.15%, mientras que la disponibilidad de agua para riego (DAR) la aumenta en 0.78%.

Desde 2010 hasta 2016 las TCMA de PPLAGR, PMRAPRIR, PFERTR y DAR fueron de 6.11, 1.42, 6.11 y 1.9%; si esta tendencia persiste en estas variables generarán cambios en QPFRI de -4.51; -0.64; 0.91 y 1.46%; mientras que los factores que más impactan la producción de frijol obtenida en temporal (QPFTE) son de forma negativa el precio medio rural del garbanzo (PMRGTER) producido bajo el mismo tipo de tecnología (-0.6654), el precio al productor del garbanzo [PMRAPTER] (-0.6372), el precio del plaguicida [PPLAGR] (-0.5226), la temperatura media en México [TEMP] (-3.4357) y la precipitación promedio [PP] (0.5358). Sobre estas dos últimas variables no es posible influir al ser estocásticas. Para el mismo periodo, las TCMA de PMRGTER, PMRAPTER, PPLAGR, TEMP y PP fueron de 5.51, 6.51, 6.11, 1.08 y -4.19%; si estas tendencias persisten ocasionarían efectos sobre QPFTE a razón de -3.67, -4.15, -3.19, -3.71 y -2.25%.

#### Elasticidades de largo plazo

QPFRI responderá en el largo plazo de forma elástica (1.4720) ante cambios en su propio precio real al productor (PMRFRIR) y QPFTE mantendrá su inelasticidad en el largo plazo (0.5960). Un incremento de 1% en el precio al productor de arroz obtenido bajo riego (PMRAPRIR) y temporal (PMRAPTER) reducirá la producción de frijol grano respectiva a razón de 0.73 y 1.02% (tabla 5).

Tabla 5  
 Elasticidades de la producción de frijol en el largo plazo

Variables endógenas	Variables exógenas				
	PMRFRIRL	PMRMIRL	PMRAPRIR2L	PMRGRIR	PFERTR3L
QPFRI	1.4720	-0.5638	-0.7287	-0.2339	-0.2417
	PPLAGR	DAR	TEMP	QPFRI	
QPFRI	-1.1951	1.2471	-4.0108	0.6240	
	PMRFTER3L	PMRMTERL	PMRAPTER2L	PMRGTER	PFERTRL
QPFTE	0.5960	-0.5782	-1.0181	-1.0633	-0.4995
	PPLAGR	PP	TEMP	QPFTEL	
QPFTE	-0.8351	0.8561	-5.4896	0.5963	

Nota: Elaboración propia con información de las tablas 1 y 2.

A la producción de frijol en riego en el país, los aumentos de 1% en el precio de los insumos le impactarán inversamente de forma significativa a razón de 1.195 y 0.243% en relación con el precio del plaguicida (PPLAGR) y con el precio del fertilizante (PFERTR), respectivamente. La disponibilidad de agua para riego (DAR) impacta de manera positiva a la oferta de frijol respectiva (QPFRI) a razón de 1.247% por cada 1% de aumento en DAR. La temperatura (TEMP) y la precipitación media en México (PP) impactan inversa y directamente la producción de frijol obtenida en temporal (QPFTE) a razón de 5.490 y 0.856% por cada 1% de aumento en las variables explicativas estocásticas citadas (figura 3).



Figura 3. Variedades de frijol grano.  
 Fotografía tomada de Gastronomía.com (30 de junio de 2015).

## DISCUSIÓN

### Elasticidades de corto plazo

Las calculadas en este trabajo resultaron congruentes con las elasticidades agregadas de productos agrícolas (incluso el frijol) de corto plazo de 1958 a 1982 obtenidas por Rao (1989, p. 5) para países desarrollados y en desarrollo como China, India, Bangladesh, Tailandia, Malasia, Turquía, Sudan, Filipinas, Japón y Estados Unidos, que fueron del orden de 0 a 0.8, aunque no son elasticidades precio propias, sino elasticidades con respecto a la superficie cultivada, las cuales resultaron superiores a las elasticidades calculadas en relación con el rendimiento.

La elasticidad precio propia de la producción de frijol en temporal resultó cercana a la elasticidad agregada de cultivos alimenticios, incluido el frijol, que McKay et al. (1999, p. 2) encontró para Tanzania como de 0.35 y también al mismo tipo de elasticidad

agregada calculada por Mundlak et al. (1989, p. 65) para Argentina en el periodo comprendido desde 1913 hasta 1984 fue de 0.43. Para Chile, la elasticidad agregada de cultivos alimenticios desde 1962 hasta 1982 fue de 0.67 según Coeymans y Mundlak (1993, p. 30), esta es más cercana a la elasticidad precio propia aquí calculada para la producción de frijol en riego. Ramírez Gómez et al. (2004, p. 11) encontraron una elasticidad precio de la producción para el frijol en Colombia de 0.31 y 0.28, mediante un modelo logarítmico y lineal, respectivamente, e información anual desde 1970 hasta 2002.

De las elasticidades precio propias del frijol de soya calculadas por Brescia y Lema (2007, p. 23) para algunos países del MERCOSUR (Mercado Común de América del Sur), la calculada para Argentina de 0.58 es la más cercana a las encontradas en este trabajo, sobre todo a la calculada para producción de frijol en temporal; no así las calculadas para Uruguay (1.58), Paraguay (2.16) y Bolivia (6.82), que



resultan elásticas, a diferencia de lo encontrado en este trabajo. Imai et al. (2011, p. 73) encontró para 10 países asiáticos elasticidades precio propias de la oferta para *commodities* agrícolas del orden de 0.015 a 0.309, el límite superior de este rango resultó inferior a las dos calculadas en este trabajo.

### Elasticidades de largo plazo

Rao (1989, p. 1) calculó elasticidades precio propias agregadas (incluido el frijol) e individuales de productos agrícolas reportadas para el periodo de 1958 a 1982 en países desarrollados y en desarrollo como China, India, Bangladesh, Tailandia, Chile, Malasia, Turquía, Sudán, Argentina, Filipinas, Japón y EE. UU., del orden de 0.3 a 1.2. La elasticidad precio propia de la oferta de frijol bajo temporal aquí calculada está dentro del rango, no así la correspondiente a la oferta de frijol en riego, la cual resultó superior a 1.2.

McKay et al. (1999, p. 2) encontró una elasticidad precio propia agregada de cultivos alimenticios (incluido el frijol) para Tanzania de casi la unidad, lo que difiere a las dos calculadas en este trabajo; Mundlak et al. (1989, p. 96) señalan que este mismo tipo de elasticidad para Argentina durante el periodo 1913-1984 fue de 0.73. Ramírez Gómez et al. (2004, p. 30) calcularon elasticidades precio de la producción para el frijol en Colombia de 0.96 y de 0.85 para el periodo de 1970 a 2002, mediante un modelo logarítmico y lineal.

En comparación al cultivo del maíz, la elasticidad precio propia de la oferta de frijol en riego se acerca a la correspondiente reportada por Foster y Mwanuamo (1995, p. 99) para Zambia, de 1.57; la elasticidad precio propia de la oferta en temporal calculada en este trabajo resultó superior a la reportada por Cutts y Hassan (2003, p. 11) para Zimbabue (0.4484) y superior a las calculadas para Malawi (0.1331), Mozambique (0.0667), Tanzania (0.1339), Sudáfrica (0.1519) y Zambia (0.1694).

## CONCLUSIONES

Las inelasticidades encontradas con los resultados del modelo apoyan la necesidad de que el estado

elabore un plan integral de subvención hacia los productores de frijol incluyendo sus dos modalidades (riego y temporal), ya que paradójicamente cuando los productores producen más obtienen una menor ganancia.

La oferta total de frijol grano en México responde inelásticamente a cambios en el precio al productor de frijol producido bajo riego (-0.2814) y en temporal (0.2575). El nivel de inelasticidad precio propia es mayor en la oferta de frijol bajo riego (0.9087) que en la de temporal (0.3730). Los cambios en los precios al productor de elementos competitivos que inciden sobre la obtención total de frijol son en mayor medida los registrados en el garbanzo (-0.4594) y el arroz, producidos en temporal (-0.4398).

La hipótesis de investigación no fue rechazada, ya que los resultados del modelo confirmaron que la oferta de frijol obtenida bajo riego y temporal en México responde de forma positiva a los cambios registrados en sus precios medios rurales (o a nivel productor), la disponibilidad de agua para riego y la precipitación promedio anual registrada en el país (respectivamente) y de forma negativa a cambios registrados en los precios al productor de bienes competitivos como el arroz y el garbanzo y en insumos como el precio del plaguicida y del fertilizante.

El efecto de transmisión de los precios indica cambios menos que proporcionales entre estos (0.3276 del precio al mayoreo sobre el precio al productor de frijol en riego y 0.6049 del precio al mayoreo sobre el precio al productor de frijol en temporal), en donde resalta el nivel de impacto mayor que el precio internacional tiene sobre el precio al mayoreo del frijol (0.2684) en comparación con el nivel de afectación que ocasionan los cambios en el costo de transporte (0.1589).

### Agradecimientos

Los autores desean reconocer y agradecer el apoyo económico otorgado por el Tecnológico Nacional de México para la realización de este trabajo de investigación.

## REFERENCIAS

- Benítez-Ramírez, J. G., García-Mata, R., Mora-Flores, J. S., & García-Salazar, J. A. (2010). Determinación de los factores que afectan el mercado de carne bovina en México. *Revista Agrociencia*, 44(1), 109-119. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n1/v44n1a11.pdf>
- Biodiversidad mexicana. (s. f.). [Fotografía ilustrativa de frijol en vaina]. Recuperada de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/alimentacion/frijol.html>
- Brescia, V., & Lema, R. D. (2007). *Supply elasticities for selected commodities in Mercosur and Bolivia*. EC Project EUMercoPol (2005-08). Recuperado de <http://inta.gob.ar/documentos/supply-elasticities-for-selected-commodities-in-mercosur-and-bolivia/>
- Calderón Chávez, M., García Mata, R., López Díaz, S., Mora Flores, J. S., & García Salazar, J. A. (2004). Efecto del precio internacional sobre el mercado de la papa en México, 1990-2000. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(4), 377-384. Recuperado de <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/27-4/10a.pdf>
- Cámara Nacional del Autotransporte de Carga. (2017). Estadísticas e indicadores del autotransporte de carga [Base de datos]. Recuperado de <http://www.canacar.com.mx/>
- Centro Virtual de Información sobre el Agua. (2017). Situación de las presas en México [Base de datos]. Recuperado de <http://www.agua.org.mx/>
- Chembezi, D. M., & Womack, A. W. (1987). An analysis of supply response among cotton growers in Malawi. *Agricultural Systems* 23(2), 79-94.
- Coeymans, J. E., & Mundlak, Y. (1993). *Sectoral Growth in Chile: 1962-82* (Research Report 95). Recuperado de <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/rr95.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2017). Estadísticas sobre la cantidad de agua en las presas del país [Base de datos]. Recuperado de <http://www.cna.gob.mx>
- Consejo Nacional Agropecuario. (1995). *Compendio estadístico del Sector Agroalimentario: Precio promedio LAB (estación de ferrocarril) de los fertilizantes y producción nacional*. México: Consejo Nacional Agropecuario.
- Cutts, M., & Hassan, R. (2003, Octubre). An econometric model of the SADC maize sector. Documento presentado en la 41ª Conferencia Anual de la Asociación Económica Agrícola de Sudáfrica (AEASA), Pretoria, Sudáfrica. Recuperado de <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/19075/1/cp03cu01.pdf>
- Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal. (2017). Tarifas ferroviarias de carga [Base de datos]. Recuperado de <https://ts.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/transporte-ferroviario-y-multimodal/>
- Foster, K. A., & Mwanauo, A. (1995). Estimation of dynamic maize supply response in Zambia. *Journal of Agricultural Economics*, 12(1), 99-107. Recuperado de <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/173569/2/agec1995v012i001a010.pdf>
- García Mata, R., Del Villar Villalón, M. F., García Salazar, J. A., Mora Flores, J. S., & García Sánchez, R. C. (2004). Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. *Interciencia* 29(8), 414-420. Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442004000800005](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000800005)
- Gastronomía.com. (30 de junio de 2015). [Fotografía ilustrativa de granos de frijol]. Recuperada de <https://mexico.gastronomia.com/noticia/3978/la-trilogia-de-la-gastronomia-mexicana-en-honduras>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría* (5ª. ed.). México: McGraw-Hill.
- Guzmán-Soria, E., De la Garza-Carranza, M. T., García-Salazar, J. A., Hernández-Martínez, J., & Rebollar-Rebollar, S. (2012). Determinantes de la oferta de maíz grano en México. *Agronomía Mesoamericana* 23(2), 269-279. Recuperado de [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v23n02\\_0269.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v23n02_0269.pdf)
- Imai, K. S., Gaiha, R., & Thapa, G. (2011). Supply response to changes in agricultural commodity prices in Asian countries. *Journal of Asian Economics*, 22(1), 61-75.
- Inforural. (15 de julio de 2012). [Fotografía ilustrativa de frijol y sembradío]. Recuperada de <http://www.inforural.com.mx/frijol-produccion-nacional/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Precios e inflación. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- McKay, A., Morrissey, O., & Vaillant, C. (1999). Aggregate supply response in Tanzanian agriculture. *The Journal of International Trade & Economic Development* 8(1), 107-123.
- Mose, L. O., Burger, K., & Kuyvenhoven, A. (2007). Aggregate supply response to price incentives: The case of smallholder maize production in Kenya. *African Crop Science Conference Proceedings*, 8, 1271-1275. Recuperado de <http://www.acss.ws/Upload/XML/Research/309.pdf>

- Mundlak, Y., Cavallo, D. F., & Domenech, R. A. (1989). *Agriculture and Economic Growth in Argentina: 1913-84* (Research Report 76). Washington, DC: International Food Policy Research Institute. Recuperado de <https://ageconsearch.umn.edu/record/42166/files/rr76.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2018). FAOSTAT-Producción, comercio y precios [Base de datos]. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Parkin, M., & Loría, E. (2015). *Microeconomía. Versión para Latinoamérica* (11ª. ed.). México: Pearson Educación.
- Ramírez Gómez, M., Martínez Covalada, H. J., Ortiz, L. X., González, F. A., & Barrios, C. A. (2004). *Respuestas de la oferta y la demanda agrícola en el marco de un TLC con Estados Unidos* (Documento de trabajo No. 49 Observatorio Agrocadenas Colombia). Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B0430e/B0430e.pdf>
- Rao, J. M. (1989). Agricultural supply response: A survey. *Agricultural Economics*, 3(1), 1-22. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169515089900364>
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2010). *Microeconomía con aplicaciones a Latinoamérica* (19ª. ed.). México: McGraw-Hill.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. (2018). Sistema de Información del Sector Agrícola: 1980-2016 [Base de datos]. Recuperado de <https://www.gob.mx/sagarpa>
- Servicio Meteorológico Nacional. (2017). Temperatura y Precipitación media anual por estado y nacional [Base de datos]. Recuperado de <http://smn.cna.gob.mx/>
- Shepherd, B. (2006). *Estimating price elasticities of supply for cotton: A structural time-series approach* (FAO Commodity and Trade Policy Research Working Paper No. 21). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-ah470e.pdf>
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. (2017). Precio del frijol grano en las centrales de abastos del Distrito Federal y Área Metropolitana [Base de datos]. Recuperado de <http://www.economia-sniim.gob.mx/>
- Wooldridge, J. M. (2009). *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno* (4ª. ed.). México: CENGAGE Learning.

## Reconocimiento del derecho a la educación en las constituciones de México 1812 a 1917

### Right to Education: its development in Mexican Constitutions, 1812 to 1917

José Bonifacio Barba-Casillas\*✉

Barba-Casillas, J. B. (2019). Reconocimiento del derecho a la educación en las constituciones de México 1812 a 1917. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 60-69.

#### RESUMEN

México vive una exigencia social creciente de realización del derecho a la educación, el cual tiene una historia constitucional vinculada a la definición de la estructura y fines del Estado mexicano. Este trabajo expone la construcción normativa de este derecho enmarcándolo en una visión de las dimensiones de la cultura. Tomando como aspecto central la dimensión jurídica, se analiza la historia constitucional del país para identificar las fases de la organización del Estado y exponer la construcción paulatina del derecho a la educación, tanto en las constituciones como en la legislación secundaria derivada de ellas. Se concluye que México se ha formado con fundamento en el proyecto de Estado democrático de derechos y que en las transiciones del país el reconocimiento del derecho a la educación es una constante preocupación social y

**Palabras clave:** México; derecho a la educación; constituciones mexicanas; Estado mexicano; dimensiones jurídicas de la cultura; legislación educativa.

**Keywords:** Mexico; right to education; Mexican constitutions; Mexican state; cultural legal dimensions; educational legislation.

Recibido: 13 de febrero de 2018, aceptado: 18 de septiembre de 2018

\* Departamento de Educación, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Cd. Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, México. Correo electrónico: jbbarba@correo.uaa.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8513-3085>.

✉ Autor para correspondencia

política que lo hace un elemento clave del proyecto jurídico de nación y de formación ciudadana.

#### ABSTRACT

Mexico is having an increasing social demand of educational rights which has a constitutional history linked to the structure and purposes of the Mexican Government. This study discusses the normative construction of this right from a cultural perspective. Focusing on the legal dimension, the constitutional history is analyzed in order to identify the stages of the State organization, and to explain the gradual construction of educational rights in the constitutions as well as in the secondary legislation which is derived from them. It is concluded that Mexico has been formed based on a project of democratic state of law, and on government's transitions, the recognition of the right to education has been a persistent social and political concern, making it a key element in the legal project of nation and citizen education.

#### INTRODUCCIÓN

Paradójicamente y como señal de las contradicciones en la creación, vivencia, protección y transformación de la cultura en la sociedad mexicana, a las políticas que produjeron la limitación del Estado de bienestar desde la década de los ochenta del siglo XX, se les ha opuesto una creciente demanda social por reconocer, ampliar y garantizar el derecho a la educación (a partir de aquí DEd), considerando tanto el trabajo escolar como la gestión del complejo sistema educativo; ese es el sentido de la reforma del artículo 3º constitucional en 2013 (Cámara de Diputados, 2013). Estas condiciones son necesarias y



exigibles para el desarrollo humano de los educandos, la satisfacción de las necesidades sociales y la consolidación de la democracia como forma de vida, según lo estableció la reforma del artículo 3° constitucional en 1946. Esta cuestión forma parte de los principios y valores que contiene el actual texto del artículo 3° constitucional y que el artículo 7° de la Ley General de Educación (LGE) recoge, precisa y actualiza. Es por ello pertinente mostrar el proceso histórico de reconocimiento del DEd; es decir, responder a la pregunta de cómo se fue desarrollando este derecho en las constituciones y en la legislación de México, pues este derecho "ocupa un lugar central en el constitucionalismo mexicano" (Valadés, 2016, p 33).

El momento actual de la experiencia social e institucional mexicana no es un fenómeno aislado en la historia del país que se agote en los tiempos de la circunstancia, sino que es la expresión contemporánea del largo proceso histórico de construcción normativa del DEd y del sistema escolar instituido progresivamente para su realización. Sin embargo, entre las normas jurídicas y la práctica educativa existen contradicciones que limitan la realización del DEd, como lo muestran Aboites (2012), el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (a partir de aquí INEE, 2010, 2014, 2016), Ruiz Muñoz (2015) y Solís (2010) para la historia reciente y lo hace Galván Lafarga (2016) para toda la vida independiente de México al analizar la formación de las políticas y las instituciones educativas y la insuficiencia de la garantía del mencionado derecho. Esta crisis en la realización del DEd no es exclusiva del mismo, sino que forma parte de "una coyuntura crítica en materia de derechos fundamentales" en México (González Pérez, 2016b, p. 43).

Este proceso de reconocimiento del DEd está ligado de manera intrínseca a la formación de la nación, desde la expresión de la identidad criolla en la reivindicación independentista hasta la formulación del proyecto de sociedad política de acuerdo con la estructura y fines del Estado constitucional surgido de la Ilustración, ideal que fue recogido y adaptado a las circunstancias de la Nueva España insurgente (Galván Lafarga, 2016; Soberanes Fernández, 2012).

Dado que "la política educativa en México se halla ligada a las grandes etapas de nuestro movimiento de liberación" (Labastida, 1979, p. 103), el objetivo del trabajo es exponer los grandes

momentos de la construcción normativa del DEd a la educación en México enmarcándolo en una comprensión de la cultura y sus dimensiones, y considerándolo una expresión primordial de la dimensión jurídica. El proceso de construcción del mencionado derecho se entiende como la sucesión de acciones sociales que reconocen la educación como cuestión personal y social relevante para el progreso y la formación del Estado y la juridifican en su Ley fundamental. Este derecho, junto con otros que son reconocidos en coyunturas históricas significativas, está unido al trabajo social de creación de una sociedad de derechos (Fix-Zamudio, 2010). Describir el progreso normativo del DEd ayuda a comprender cómo se formaron las bases de su exigibilidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue documental en tres etapas. Se analizó en primer término un conjunto de obras de la historiografía de México para formular una visión de su formación que se manifiesta en cuatro grandes transiciones en las que interactúan las dimensiones de la cultura. En segundo lugar, con el marco de las transiciones, se analizaron las normas constitucionales de 1812 a 1917, considerando de esta segunda las diversas reformas en materia de educación hasta el 2013. En tercer término, se hizo un recuento de las principales normas de legislación educativa secundaria vinculándolas a la norma constitucional, en cuyo tiempo de vigencia fueron promulgadas destacando su referencia al derecho a la educación.

## RESULTADOS

Como acción social, la educación es un proceso de naturaleza cultural (Abbagnano & Visalberghi, 1975) que se ha institucionalizado en las sociedades modernas en respuesta a las necesidades sociales, económicas y políticas. Una comprensión de la cultura la expone León-Portilla:

El conjunto de atributos y elementos que caracterizan a un grupo humano, así como cuanto se debe a su creatividad. En lo que concierne a aquello que lo caracteriza, sobresalen sus formas de actuar y vivir, valores y visión del mundo, creencias y tradiciones. En lo que toca a su capacidad creadora, son clave sus sistemas de organización social, económica y religiosa, sus formas de comunicación, adquisición y transmisión de conocimientos, adaptación al medio ambiente y aprovechamiento de sus recursos. En

este sentido, todo lo que hace y crea un grupo humano es, en última instancia, cultura. (2005, p. 11)

La cultura es un fenómeno multidimensional, pero está referida de modo sustantivo a la creación humana y ésta se centra en la vida y la acción (Frost, 2009). Giménez (2007, p. 428) cita la triple distinción de J-C Passeron: la cultura como modo de vida, como "comportamiento declarativo" o teoría sobre la cultura misma, y la cultura como "repertorio de obras valorizadas, o patrimonio. Aquí se atiende al patrimonio histórico del DEd. La cultura se integra por siete dimensiones por cuya interacción se estructura, expresa y evoluciona como unidad práctica y simbólica: la dimensión social es el asiento o ámbito originario de la vida y las creaciones culturales por las relaciones materiales y simbólicas entre individuos y grupos; las creaciones se expresan en el transcurso del tiempo y van configurando las dimensiones filosófica (la actividad cognitiva del ser humano, que incluye el meta análisis de las formas de conocer y sus fundamentos), religiosa (definición y vivencia de sentidos espirituales de la existencia), internacional (el ámbito de poderes e influencias en el que cada sociedad se plantea un proyecto de identidad e interacción entre Estados), jurídica (el derecho u orden normativo positivo establecido como regulador de la convivencia), político-gubernamental (organización y uso del poder público con proyección o influencia en el conjunto de las interacciones sociales y políticas) y la económica (el aprovechamiento y transformación de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas).

La interacción de las dimensiones entre sí es permanente y se influyen de forma variada para crear los bienes y valores de la cultura y el curso de la vida social. Por ejemplo, en el proceso de independencia en el siglo XIX la dimensión jurídica simbolizó el proceso de transformación de la sociedad que conformó de manera nueva la dimensión político-gubernamental creando un nuevo Estado, lo cual tuvo influencias y consecuencias filosóficas, económicas y religiosas que se expresaron, entre otros ámbitos, en el derecho educativo.

### Las transiciones de México

La formación de la sociedad nacional y de la entidad estatal que es México ha ocurrido en un largo proceso de acción cultural iniciado en el siglo XVI con la conquista de los territorios mesoamericanos

por el imperio español. Los tres siglos de vida colonial no son una entidad monolítica o invariante, y a mediados del siglo XVIII inició una transformación del imperio y de la Nueva España, que es el punto de partida para los propósitos de este trabajo. La visión de la formación de México se muestra distinguiendo cuatro transiciones en la perspectiva de la larga duración de Braudel (1968); es decir, la existencia de grandes periodos históricos que se integran por un conjunto de acontecimientos y fases menores que producen y significan una transformación social de amplio alcance. En el proceso histórico de las transiciones que forman a la sociedad y al Estado mexicanos han ocurrido múltiples interacciones de las dimensiones culturales con preeminencia de alguna de ellas en determinadas fases o sucesos dentro de la larga duración. Por ejemplo, las guerras atlánticas fueron un acontecimiento complejo que tuvo influencias favorables y desfavorables de las dimensiones internacional, político-gubernamental y económica en la formación de México.

La primera transición ocurre de mediados del siglo XVIII, con el inicio de las reformas borbónicas, al triunfo de la revolución de Ayutla (1750-1856) y consiste en la formación de una identidad patria que impulsa la emancipación colonial, con la disputa entre un proyecto autonomista y otro independentista en una primera fase, y entre un proyecto de continuidad de la estructura social y otro de destrucción de la herencia colonial, con el reconocimiento de los derechos fundamentales del hombre y la ratificación de la opción federalista antes de la Reforma en una segunda fase.

La segunda transición, entre 1857 y 1910/1916, se inicia con la Constitución de 1857 y la República restaurada y llega hasta el inicio de la Revolución Mexicana o hasta 1916, si se considera el triunfo de los revolucionarios que pugnaron por una nueva constitución. Esta transición está signada por una doble contradicción: primera, la política, en tanto que la Norma de 1857, destacada por haber hecho el reconocimiento de los derechos del hombre como base de las instituciones sociales, fue perdiendo vida o fuerza en el Porfiriato; y segunda, una contradicción social-económica por la limitación de los derechos y las libertades en beneficio de una economía oligárquica que produjo una nueva base, estructura y expresión de la desigualdad en la sociedad mexicana, que fue un poderoso motivo de la Revolución.

Con la Revolución Mexicana, que destruye la estructura social y política porfiriana, inicia la tercera transición, cuyo alcance es discutido, tanto en la fecha de cierre de este proceso (1917, 1920, 1940), como en la realización de sus objetivos sociales, hasta la crisis del sistema político en la década de los sesenta (Cosío Villegas, 1947; Meyer, 1992). Esta transición culmina en dicho decenio con las señales de la crisis del sistema político existente, sobre todo en las dimensiones económica y político-gubernamental; en conjunto, significa el fin del orden revolucionario.

La cuarta transición de México se ubica entre la crisis sociopolítica de la década de los sesenta y el presente 2018, y su rasgo de identidad es la construcción social de la democracia frente al autoritarismo del sistema político, por un lado, y la incertidumbre en que se encuentra tal proceso en los últimos años (Meyer, 2013; Rubio, 2018; Woldenberg, 2012) junto con la promisorio experiencia democrática de la elección de 2018, por el otro. Si el fin de la tercera transición no tiene un acontecimiento sobre el cual haya acuerdo entre los historiadores, la represión de 1968 tiene un valor simbólico particular para el cierre de aquella y para el inicio de la cuarta transición. En esta, por acontecimientos de la dimensión social, la político-gubernamental, la internacional y la económica, el país ha vivido lo que Fix-Fierro (2008) llama una transición jurídica, cuyos reformas e instituciones tienen a los derechos humanos como elemento común. Ahí se insertan las reformas relativas al DEd.

Existe una relación esencial entre las transiciones del país, por un lado, y las revoluciones y los proyectos constitucionales que establecieron y aplicaron, por el otro. En la primera transición se establecieron seis normas fundamentales, sin contar la de 1857, que es la Norma eje para la segunda, y a su vez elemento central para su cierre. La tercera transición crea una Constitución que evoluciona según la dinámica e intereses del sistema político que la reforma y adiciona hasta recoger el impulso central de la cuarta: la exigencia social de democracia y respeto a los DH. En suma, si bien las transiciones están unidas a las constituciones, es la débil vida de éstas la fuente del impulso para abrirlas o cerrarlas.

### **El proceso histórico jurídico de construcción del derecho a la educación**

En este apartado, dando atención central a la dimensión jurídica, se identifica el reconocimiento

del DEd en cada norma fundamental y en las principales leyes relativas a cada una de ellas. En la primera transición de la formación de México, por la acción política de diversos grupos y clases sociales, se probaron todas las formas de gobierno y se tuvo la mayor diversidad de leyes fundamentales. Dos fueron previas a la independencia (1812, 1814) y cinco posteriores (1822, 1824, 1836, 1843, 1847).

La *Constitución de Cádiz* (1812) estableció una monarquía moderada para el gobierno del imperio español y aunque no decretó igualdad de derechos para todos los habitantes del imperio, estableció la educación como un asunto del Estado. En su artículo 366 ordena la extensión de la instrucción como institución pública para que se establezcan escuelas de primeras letras en todos los pueblos de la monarquía (Cortes de Cádiz, 1812).

En 1813 la instrucción para el Gobierno Económico-Político de las Provincias ordenó que las diputaciones provinciales y los ayuntamientos crearan escuelas de primeras letras, y el 29 de junio de 1821 el *Reglamento General de Instrucción Pública* dio directrices para todos los niveles de enseñanza, destacando que los ayuntamientos se encargaran de la educación elemental; el aprendizaje de la lectura y escritura como requisito para la ciudadanía; la libertad para la enseñanza privada, sujeta a supervisión y la creación de una dependencia gubernamental, la dirección general de estudios responsable de la inspección y organización de toda la enseñanza (artículo 92). En síntesis, promovía la educación por ser un bien público.

La *Constitución de Apatzingán* está enraizada en el nacionalismo criollo y expresó el propósito de dar a la lucha insurgente un orden jurídico que la reivindicara y fortaleciera. La república es afirmada como ideal de paz, libertad y dignidad humana y acierta en afirmar los derechos fundamentales del hombre porque estos deben ocupar el primer lugar «en el orden político» por emanar de su naturaleza, por ser «preexistentes a todo pacto social» (Zárata, 1987, p. 19). El hecho fundacional es que el Congreso Nacional Americano declaró el 6 de noviembre de 1813 que la nación había recobrado el ejercicio de su soberanía.

La cuestión de la educación como derecho está poco desarrollada, pero expresada con suficiencia con respecto a su importancia personal

y social. El elemento central de la educación en Apatzingán es la declaración de que “La instrucción, como necesaria a todos a todos los individuos, debe ser favorecida por la sociedad con todo su poder” (artículo 39) (Supremo Congreso Mexicano, 1814). Esta visión de la instrucción es una de las formas en que se muestra la influencia de la Revolución Francesa en la *Constitución de Apatzingán*, pues con palabras similares y mayor extensión se expresó la Constitución francesa del 21 de junio de 1793 en su artículo 22.

El *Reglamento Provisional Político del Imperio Mexicano* (1822) pretendía dar una constitución formal a la nación y aunque no fue aprobado por el Congreso, con su publicación se dio fin a la vigencia de la *Constitución de Cádiz*. Estableció los primeros derechos individuales, entre ellos los de libertad, propiedad, seguridad e igualdad legal, a la vez que exigía el «cumplimiento de los deberes recíprocos (artículo 9) (Del Arenal, 2002, p. 140); declaró a la Nación libre, independiente y soberana y reconocía «iguales derechos en las demás que habitan el globo» (artículo 5, en Serrano Migallón, 2009, p. 432), dando con ello un ejemplo de coherencia constitucional.

Iturbide se interesaba por la opinión popular acerca de los asuntos públicos y en función de ello envió a todo el territorio del imperio un cuestionario, el 27 de marzo de 1822, preguntando acerca de varios aspectos, entre ellas “el estado de la ilustración” (González Domínguez, 1999). En el aspecto legal, es significativo que el Reglamento diera atención a la instrucción pública. El artículo 90.2 fijó la obligación de las diputaciones provinciales de “promover la instrucción, la ocupación y moral pública” (De Iturbide, 1822). El Reglamento, coherente con las previsiones legales de los Tratados de Córdoba, estableció varias obligaciones para los Jefes políticos provinciales siguiendo la Instrucción para el Gobierno Económico-Político de las Provincias, en particular, deberían cuidar del “buen régimen de los establecimientos de beneficencia y educación...” (De Iturbide, 1822, artículo 54).

El Reglamento estableció además una obligación importante del gobierno a fin de que “con el celo que demandan los primeros intereses de la nación”, creara los “reglamentos y órdenes oportunas conforme las leyes, para promover y hacer que los establecimientos de instrucción y moral pública existentes hoy, llenan los objetos de su institución, debida y provechosamente, en

consonancia con el actual sistema político” (artículo 99). En suma, no obstante la crisis del gobierno de Iturbide, es significativo que se atendiera al desarrollo de la educación.

La *Constitución Federal de los Estados Unidos Mexicanos* (1824) tuvo entre sus antecedentes la difusión del federalismo republicano desde el siglo XVIII y la formación de identidades regionales en las provincias de Nueva España. El proceso social y político que condujo hacia el Estado federal se apoyó en la asunción de la soberanía nacional pero aplicada en la conformación de las provincias como partes iguales de una federación. En estos procesos de cambio estaba ya formada una dinámica contradictoria entre intereses provinciales y compromiso real con la formación de la nación y su gobierno. Con la Constitución se recupera el ideal insurgente de la soberanía ya asumida en Apatzingán, para formar una república y, a juicio de los constituyentes mismos, culmina la revolución de Independencia, fase que ocurre al interior del largo proceso del nacimiento de México (1750-1856) (Vázquez, 2002).

El ejercicio de la soberanía que funda el nuevo Estado crea varias áreas de acción para los poderes representativos; una de ellas es ‘la ilustración’, objeto de atención en la primera facultad del Congreso general, consistente en “promover la ilustración” en diferentes campos de las ciencias, técnicas y artes “sin perjudicar la libertad de las legislaturas para el arreglo de la educación pública en sus respectivos Estados” (Congreso General Constituyente, 1824, Artículo 50, fracción I).

El texto que se ocupa de la ilustración poco dice de sus fines en los términos de la antropología política del federalismo liberal. Para impulsar el desarrollo de la instrucción se elaboraron varios proyectos y planes sustentados en diversas perspectivas ideológicas, pero entre 1821 y primeros meses de 1833 no hubo legislación. La reforma de las instituciones educacionales en los años de 1833-1834 fue de orientación liberal: secularización, ampliación de la educación preparatoria, educación de adultos, formación de maestros, libertad a la enseñanza privada, creación de una dirección general. El conjunto de leyes que aprobó Gómez Farías disgustó a los conservadores y Santa Ana detuvo la reforma, que fue la primera gran acción del Estado que impulsó la educación (Meneses Morales, 1983).



Las *Leyes Constitucionales* de 1836 son normas centralistas y dieron origen a la primera república unitaria, cuyo establecimiento se comprende por los antecedentes de la lucha independentista -insurgencia versus monarquía-, y la disputa posterior a la independencia en torno a las opciones de monarquía constitucional versus república federal o central.

Las Leyes de 1836 expresan el pensamiento conservador que luchó largos años contra los liberales y la Constitución de 1824, pero integraban elementos del liberalismo moderado. La primera de las leyes inició con una «declaración de derechos del mexicano» y sus deberes, con el propósito de poner fin a los abusos del poder. El cambio constitucional no descuidó la educación; la Sexta Ley dio a las Juntas Departamentales la facultad de «establecer escuelas de primera enseñanza en todos los pueblos de su departamento», dotándolas de todo lo necesario y añadió la de «dictar todas las disposiciones convenientes a la conservación y mejora de los establecimientos de instrucción» (Congreso Nacional, 1836; Artículo 14, fracc. V). La legislación, basada en la creencia de que «la educación del pueblo es el fundamento de su prosperidad» y necesaria para el disfrute de los derechos (López, 1842), impulsó la instrucción obligatoria y la gratuidad de la que ofreciera el Estado.

Las *Bases de Organización Política de la República Mexicana* (1843) reformaron la Constitución anterior por juzgarla inadecuada para los problemas del país. Acordes con el enfoque centralista de la organización del gobierno, Las Bases dejaron la educación como responsabilidad de los Departamentos y en el gobierno central la instrucción fue ubicada en el Ministerio de Justicia, Negocios Eclesiásticos, Instrucción Pública e Industria, lo que representó un avance en la organización (Junta Legislativa, 1843; artículo 93). Las Asambleas Departamentales, como en 1836, estaban facultadas para crear fondos destinados a la instrucción (artículo 134, IV) y debían fomentar la enseñanza pública (VII).

El *Acta Constitutiva y de Reformas* (Congreso Extraordinario Constituyente, 1847) se aprobó gracias al fortalecimiento de los liberales y durante sus años de vigencia se continuó el impulso al crecimiento de la instrucción primaria y la preparatoria, así como a la formación de maestros. Se mantuvo la libertad de enseñanza privada con supervisión gubernamental

y eclesiástica. En la última dictadura de López de Santa Anna, en 1854, se aprobó el Plan General de Estudios, que puede considerarse el mejor de su tipo hasta ese momento: impulsó la mejora de la instrucción estableciendo que se basara en las ciencias.

Con el triunfo de la revolución de Ayutla, el gobierno de Comonfort mantuvo el cuidado de la instrucción en su Estatuto Orgánico Provisional de la República Mexicana (Comonfort, 1856), lo que muestra que no obstante los problemas políticos y de gobierno, el DEd había echado raíces en la sociedad mexicana.

La segunda transición de México se abre con la *Constitución Política de la República Mexicana* de 1857, siendo la norma constitucional que hizo el mayor reconocimiento de los derechos fundamentales como «base y objeto de las instituciones sociales» (Congreso Extraordinario Constituyente, 1857; artículo 1). Dada la experiencia social y política de las décadas precedentes, la nueva Ley fundamental pretendía darle estabilidad legal e institucional al país, unificar la nación enraizándose política y culturalmente en el anhelo de independencia de 1810-1821.

Los derechos reconocidos son los principios que dan su nuevo valor ético a la Ley y que originan la exigencia de promover la formación moral correspondiente en los ciudadanos, tanto por la acción cotidiana del Estado como garante de los derechos en el ejercicio del gobierno, como por la vida social democrática y la institución escolar, que habrá de promover el conocimiento, aprecio y vivencia de los principios de la Ley fundamental. La Constitución de 1857 fue innovadora no sólo en lo que concierne a su principio educativo fundamental, la libertad de enseñanza, sino por su proyecto de transformación de la sociedad mexicana fortaleciendo al Estado frente a la soberanía religiosa, con el amplio complemento de las Leyes de Reforma.

Si la Constitución fue una creación culminante del progreso social y político en el reconocimiento de las libertades, la declaratoria constitucional de la libertad de enseñanza abrió el proyecto de formación ciudadana más allá de lo que las leyes fundamentales precedentes lo habían hecho. Esta libertad, por representar la formación de los ciudadanos en una sociedad de derechos, es el

símbolo más completo de la propia Constitución porque si bien esta sólo dice “La enseñanza es libre” (Congreso Extraordinario Constituyente, 1857; artículo 3º), lo hace al interior de su propia naturaleza transformadora: una nueva ética política que incluye el Estado laico. La libertad de enseñanza crea exigencias para el Estado en tanto garante de la misma (Labastida, 1979); para la sociedad, en tanto comunidad democrática en formación y para los ciudadanos, porque su afirmación no es un acto formal aislado y tiene como referente primigenio la soberanía del pueblo, que exige aprender a ejercerla.

En la legislación que se dio entre 1861 y 1910 se impulsó la expansión y mejoramiento de la educación, fundamentalmente en el medio urbano. El rasgo distintivo fue que la educación se ordenó sobre tres principios: gratuidad, obligatoriedad y laicidad, además de la orientación científica. En este rubro es importante destacar que el Estatuto Provisional del Imperio Mexicano, promulgado por Maximiliano, continuó el impulso a la educación con orientación liberal, exceptuando la no laicidad.

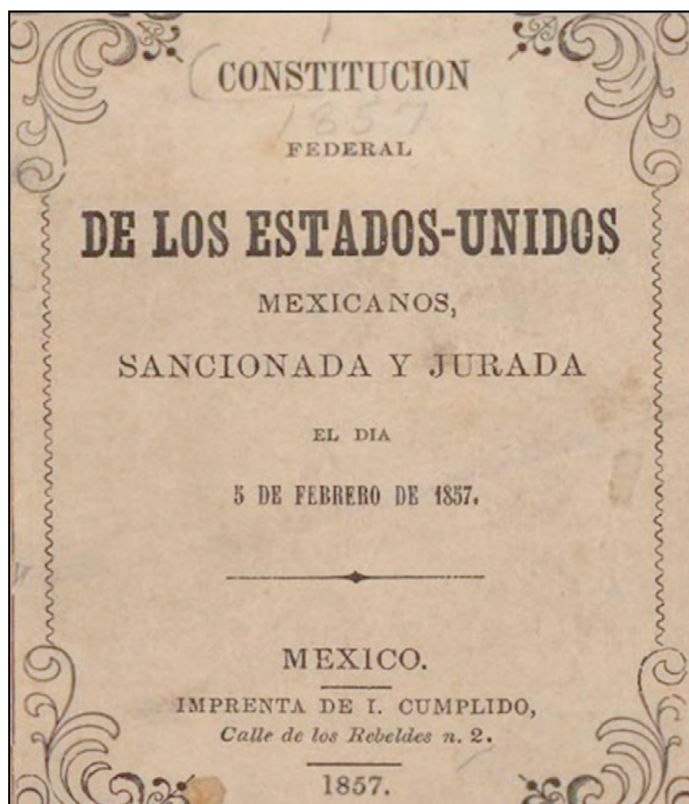


Figura 1. Portada de la edición original de la Constitución de 1857. Imagen tomada de EDUSO (s. f.).

La tercera transición de México fue también impulsada por un conflicto sociopolítico que dio origen a un nuevo orden constitucional caracterizado como *social* por su atención a las cuestiones obreras y campesinas y un mayor impulso a la educación. La Revolución iniciada por una exigencia política cuya naturaleza inicial parecía resoluble en el régimen jurídico del país -la democracia y el sufragio efectivo-, a causa de la estructura social y económica de la sociedad mexicana y la negación de don Porfirio a abrir la participación política, devino en un proceso de cambio constitucional innovador (Valadés, 2016, p. 36). El proyecto de artículo tercero presentado por Carranza fue breve: reiteraba la libertad de enseñanza de 1857 pero afirmando que sería «plena», y agregaba la laicidad de toda la enseñanza pública y la gratuidad de la primaria.

Los revolucionarios de mayor compromiso social promovieron la modificación del texto para acrecentar la responsabilidad del Estado, de modo que la educación quedó establecida con los siguientes elementos: a) la libertad de enseñanza, b) laicidad de toda la educación, no sólo la pública, c) prohibición de la intervención en la educación -establecer o dirigir escuelas primarias- a las corporaciones religiosas y a los ministros de culto, d) las escuelas primarias particulares quedaban sujetas a vigilancia oficial, y e) la enseñanza primaria oficial gratuita.

La nueva perspectiva jurídica y política hizo que el artículo 3º se convirtiera en un símbolo axiológico que ha evolucionado a lo largo de los siglos XX y XXI. En el tiempo de la tercera transición incorporó la obligatoriedad de la educación primaria (1934) por un lado y, por el otro, la orientación socialista que adquirió en 1934 fue modificada en 1946, fecha desde la cual conserva su núcleo básico de valores educacionales que dan sentido al DEd. En el intermedio de tales reformas, dos leyes orgánicas impulsaron y regularon el servicio educativo garantizando la igualdad en materia de educación (1940, 1942).

La cuarta transición de México no se inició con una nueva constitución, sino con la creciente demanda social de respetar la existente, la de 1917, la demanda de vivir el Estado de derecho. Puede comprenderse este proceso de cambio social y político como una revolución cultural que a la postre, en una de sus fases, fue llamada transición a la democracia y tiene varios hechos simbólicos

desde la década de los sesenta que siguen inspirando y acrecentando la participación política de los mexicanos para reducir, cercar y liquidar el autoritarismo que se resiste aún a someterse al valor de la Ley.

El DEd fue fortalecido en su expresión jurídica, tanto por la afirmación indubitable de que "Todo individuo tiene derecho a recibir educación" (1993) como por el vínculo entre DH y fines de la educación (2011), además de la ampliación de la escolaridad obligatoria desde preescolar hasta bachillerato, así como la precisión de sus rasgos de calidad, tanto en el artículo tercero constitucional como en la LGE. La reforma de 2011 enfatizó la responsabilidad de los gobernantes en la promoción y protección de los DD. HH., lo que ha dado un fundamento de mayor exigencia para la elaboración y aplicación de políticas públicas con orientación de derechos (González Pérez, 2016a, p. 157).

Si cuantitativamente la educación tuvo una gran expansión desde la década de los veinte, en la cuarta transición ha sido la exigencia de formar para la democracia y para el desarrollo equitativo lo que ha caracterizado la demanda social apoyada en el principio-valor de la dignidad humana, fuente de todo derecho.

## CONCLUSIONES

El objetivo del trabajo ha sido exponer los grandes momentos del reconocimiento del derecho a la educación en México. Para ello se estableció una

noción de cultura y se identificó su dimensión jurídica y se describieron las transiciones en la formación de México

En todas las formas de gobierno experimentadas por el país y en todas las normas fundamentales se ha manifestado el reconocimiento social y político del derecho a la educación como un bien público. El punto de partida de tal reconocimiento fue que el proyecto de formación de México estuvo fundado en el Estado democrático de derechos.

Las transiciones han logrado avances jurídicos enmarcados en fuertes conflictos sociopolíticos nunca resueltos en forma definitiva, sino progresiva y abierta al cambio social. En ellas, la educación ha sido un elemento clave del proyecto jurídico de nación y de la acción transformadora de la dimensión social y la dimensión político-gubernamental.

Las normas fundamentales en la sucesión de las transiciones de México muestran el continuado esfuerzo del constitucionalismo nacional, a partir de Cádiz y Apatzingán, para establecer el DEd como un bien público que hoy debe garantizarse con calidad y equidad en el marco de la transición a la democracia.

La legislación educativa, al tiempo que muestra variantes en diversos momentos de revisión del proyecto nacional, en el presente recoge valores fundamentales del patrimonio jurídico de México y ofrece una perspectiva renovada de la tarea del Estado como garante del derecho a la educación.

## REFERENCIAS

- Abbagnano, N., & Visalberghi, A. (1975). *Historia de la pedagogía*. México: FCE.
- Aboites, H. (2012). El derecho a la educación en México. Del liberalismo decimonónico al neoliberalismo del siglo XXI. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(53), 361-389.
- Braudel, F. (1968). *La Historia y las Ciencias Sociales*. Madrid, España: Alianza.
- Cámara de Diputados. (2013). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/htm/1.htm>
- Comonfort, I. (1856). *Estatuto Orgánico Provisional de la República Mexicana* [Documento en pdf]. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/1856.pdf>
- Congreso Extraordinario Constituyente. (1847). *Acta Constitutiva y de Reformas* [Documento en pdf]. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/1847.pdf>
- \_\_\_\_\_ (1857). *Constitución Política de la República Mexicana* [Documento en pdf]. Recuperado de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/legislacion/federal/historicos/1857.pdf>
- Congreso General Constituyente. (1824). *Constitución Federal de los Estados Unidos Mexicanos de 1824* [Documento en pdf]. Recuperado de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/4/1671/35.pdf>
- Congreso Nacional. (1836). *Leyes Constitucionales* [Documento en pdf]. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/1836.pdf>
- Cortes de Cádiz. (1812). *Constitución política de la Monarquía Española* [Documento en pdf]. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/1812A.pdf>
- Cosío Villegas, D. (1947). La crisis de México. *Cuadernos Americanos*, 32, 29-51.
- De Iturbide, A. (1822). *Reglamento Provisional Político del Imperio Mexicano* [Documento en pdf]. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/1823.pdf>
- Del Arenal, J. (Ed.). (2002). La Consumación de la Independencia y el Nacimiento del Imperio Mexicano. En J. Z. Vázquez (Coord.), *Gran Historia de México. El nacimiento de México. 1750-1856. De las reformas borbónicas a la Reforma* (2ª. ed., Vol. 3, pp. 121-140). México, D. F.: Planeta-DeAgostini-CONACULTA-INAH.
- Fix-Fierro, H. (2008). Prólogo. En E. Ferrer y A. Zaldívar (Eds.), *La ciencia del derecho procesal constitucional* (Vol. 1, pp. 15-25). México: UNAM-Instituto Mexicano de Derecho Procesal Constitucional-Marcial Pons.
- Fix-Zamudio, H. (2010). 200 años de evolución constitucional de los derechos humanos en el derecho mexicano. En M. C. Fix y M. Á. Quemain (Coords.), *200 años de derechos humanos en México* (pp. 11-16). México: CNDH-AGN.
- Frost, E. C. (2009). *Las categorías de la cultura mexicana*. México: FCE.
- Galván Lafarga, L. E. (2016). *Derecho a la Educación*. Ciudad de México: Secretaría de Gobernación-Secretaría de Cultura-INEHRM-UNAM. Recuperado de [http://www.inehrm.gob.mx/es/inehrm/LLC\\_2017\\_Derecho\\_a\\_educacion](http://www.inehrm.gob.mx/es/inehrm/LLC_2017_Derecho_a_educacion)
- Giménez, G. (2007). *Estudios sobre la cultura y las identidades sociales*. México: CONACULTA-ICOCULT.
- González Domínguez, M. R. (1999). La Constitución política de Cádiz. Análisis Jurídico. En P. Galeana (Ed.), *México y sus Constituciones* (pp. 24-32). México: AGN-FCE.
- González Pérez, L. R. (2016a). Constitución y Derechos Humanos: Reflexiones para el Siglo XXI. En L. R. González (Coord.), *Los derechos humanos en el Centenario de la Constitución de 1917* (pp. 157-173). México: Secretaría de Gobernación-Secretaría de Cultura-INEHRM-UNAM.
- \_\_\_\_\_ (2016b). Preludio. En L. R. González (Coord.), *Los derechos humanos en el Centenario de la Constitución de 1917* (pp. 43-44). México: Secretaría de Gobernación-Secretaría de Cultura-INEHRM-UNAM.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (2010). *El derecho a la educación en México. Informe 2009*. México: Autor.
- \_\_\_\_\_ (2014). *El derecho a una educación de calidad. Informe 2014*. México: Autor.
- \_\_\_\_\_ (2016). *La educación obligatoria en México. Informe 2016*. México: Autor.
- Junta Legislativa (1843). *Bases Orgánicas de la República Mexicana*. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/1843.pdf>
- Labastida, H. (1979). El Derecho Social a la Educación en México. En E. Álvarez del Castillo (Coord.), *Los Derechos Sociales del Pueblo Mexicano* (Vol. 2, pp. 103-126). México: Porrúa-Cámara de Diputados.



- León-Portilla, M. (2005). *Aztecas-Mexicas. Desarrollo de una civilización originaria*. Madrid, España: Algaba.
- López, A. (1842). *Decreto que crea la Dirección General de Instrucción Primaria* (pp. 310-312). [Documento en pdf]. Recuperado de [http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080042593\\_C/1080043032\\_T4/1080043032\\_058.pdf](http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080042593_C/1080043032_T4/1080043032_058.pdf)
- Meneses Morales, E. (1983). (Dir.) *Tendencias educativas oficiales en México. 1821-1911*. México: Porrúa.
- Meyer, L. (1992). *La segunda muerte de la Revolución Mexicana*. México: Cal y Arena.
- \_\_\_\_\_ (2013). *Nuestra tragedia persistente. La democracia autoritaria de México*. México: Debate-Random House Mondadori.
- [Portada de la Constitución Mexicana de 1857] (s. f.). Recuperada de <http://www.eduso.net/res/base/imgCK/images/const1r.jpg>
- Rubio, L. (8 de abril de 2018). La vieja-nueva disputa. *Reforma*, p. 9.
- Ruiz Muñoz, M. M. (2015). *Derecho a la Educación: Política y defensa de la escuela pública*. México: Universidad Iberoamericana.
- Serrano Migallón, F. (2009). *La vida constitucional de México* (Vol. 2). México: FCE.
- Soberanes Fernández, J. L. (2012). *El pensamiento constitucional en la Independencia*. México: Porrúa.
- Solís, P. (2010). La desigualdad de oportunidades y las brechas de escolaridad. En A. Arnaut y S. Giorguli (Eds. de la serie), *Serie Los grandes problemas de México: Vol. VII. Educación* (pp. 599-657). México, D. F.: El Colegio de México.
- Supremo Congreso Mexicano (1814). *Decreto Constitucional para la libertad de la América Mexicana* [Documento en pdf]. Recuperado de <http://museodelasconstituciones.unam.mx/1917/wp-content/uploads/1814/10/22-octubre-1814-Decreto-Const.-para-la-Libertad-de-la-Amer-Mex.pdf>
- Valadés, D. (2016). La Constitución y sus grandes temas. En L. E. Galván Lafarga, *Derecho a la Educación* (pp. 19-37). Ciudad de México: Secretaría de Gobernación-Secretaría de Cultura-INEHRM-UNAM. Recuperado de [http://www.inehrm.gob.mx/es/inehrm/LLC\\_2017\\_Derecho\\_a\\_educacion](http://www.inehrm.gob.mx/es/inehrm/LLC_2017_Derecho_a_educacion)
- Vázquez, J. Z. (2002). *El nacimiento de México. 1750-1856. De las reformas borbónicas a la Reforma*. En J. Z. Vázquez (Coord.), *Gran Historia de México, 5 vols.* (2.ª ed., Vol. 3). México: Planeta-DeAgostini-CONACULTA-INAH.
- Woldenberg, J. (2012). *Historia mínima de la transición democrática en México*. México: El Colegio de México.
- Zárate, J. (1987). La guerra de Independencia. En V. Riva Palacio (Dir.), *México a través de los siglos* (2.ª ed., Vol. 9). México: Cumbre.

## Masculinidad en narcocorridos del movimiento alterado en México

### Masculinity in narcocorridos of the altered movement in Mexico

Lucila del Rosario Nuño-Parra\*, Rosalva Enciso-Arámula\*✉, Gelacio Alejo-Santiago\*\*, Ana Luisa Estrada-Esquivel\*\*\*, Circe Aidín Aburto-González\*\*

Nuño-Parra, L. R., Enciso-Arámula, R., Alejo-Santiago, G., Estrada-Esquivel, A. L., & Aburto-González, C. A. (2019). Masculinidad en narcocorridos del movimiento alterado en México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 70-80.

#### RESUMEN

El estudio realizado con un enfoque de género analiza la masculinidad que presentan los personajes varones de los narcocorridos. Los corridos han ido cambiando hasta convertirse en los actuales narcocorridos del *movimiento alterado*, cantos que relatan las vivencias de los traficantes de droga. Para encontrar en los narcocorridos el modelo de masculinidad de los personajes de sexo masculino se recurrió al análisis de contenido cualitativo. Los resultados permiten concluir que cuando los narcocorridos se escuchan por largos periodos crean una desensibilización, con una indiferencia hacia las acciones que realizan los capos de la droga, asimismo, los narcotraficantes

muestran una masculinidad que se inclina hacia lo tradicional y heterosexual, usando la violencia para defender su territorio y demostrar su condición de hombres. Se invisibiliza tanto a las mujeres como a los hombres homosexuales, no se menciona en ningún narcocorrido la diversidad sexual que existe en la sociedad.

#### ABSTRACT

The study conducted with a gender focus analyzes the masculinity presented by the male characters of narcocorridos. The corridos have been changing to become the current narcocorridos of the altered movement, which are songs that relate the experiences of drug traffickers. To find the masculinity model of the male characters in the narcocorridos, it was resorted to qualitative content analysis. Results allow us to conclude that narcocorridos when heard for long periods, create a desensitization, with an indifference towards the actions carried out by drug lords, likewise, drug traffickers show a masculinity that leans towards the traditional and heterosexual, using violence to defend their territory and demonstrate their status as men. Both women and homosexual men are invisible, the sexual diversity that exists in society is not mentioned in any narcocorrido.

**Palabras clave:** masculinidades; género; narcotráfico; movimiento alterado; narcocultura.

**Keywords:** masculinities; gender; drug trafficking; altered movement; narcoculture.

Recibido: 30 de abril de 2018, aceptado: 18 de octubre de 2018

\* Unidad Académica de Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura Amado Nervo s/n, Colonia Los Fresnos, C. P. 63000, Tepic, Nayarit, México. Correo electrónico: Lucila\_9030@gmail.com; rosolvauan9@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0241-2343>; <https://orcid.org/0000-0002-8687-4141>

\*\* Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Km. 9.0 Carretera Tepic-Compostela, C. P. 63780, Xalisco. Nayarit, México. Correo electrónico: gelacioalejo@hotmail.com; aidin75@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2441-9116>; <https://orcid.org/0000-0002-1941-8795>

\*\*\* Unidad Académica de Ciencias e Ingenierías, Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura Amado Nervo s/n, Colonia Los Fresnos, C. P. 63000, Tepic, Nayarit, México. Correo electrónico: ana\_luisa\_684@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2425-035X>

✉ Autor para correspondencia

#### INTRODUCCIÓN

En México uno de los géneros populares musicales más conocidos es el corrido, el cual data del siglo XIX. Catherine Héau (1989, p. 100) lo describe como "el conjunto de cantos considerados como originarios de la tradición oral local o regional, o

producidos por cantadores y letristas reconocidos local o regionalmente”.

La función tradicional de un corrido fue la de comunicar las noticias a las comunidades, en especial a los estratos sociales analfabetos del país y tuvo gran relevancia durante la Revolución Mexicana que ocurrió desde 1910 hasta 1917, que culminó con la promulgación de la Constitución política de México, vigente hasta nuestros días. Los corridos en sus inicios fueron generadores de opinión y fue un medio de comunicación muy importante en los primeros años del siglo XX. Los corridos fueron muy populares entre las comunidades y abordaban toda clase de temáticas.

Vélez (1990) clasifica los corridos en distintos subgéneros por su temática: a) de revolucionarios; batallas y traiciones; b) de braceras y chicanos; c) de amores y tragedias pasionales; d) de los temblores, la carestía y otros males; e) de rifleros; f) de padres, madre e hijos; g) de ciudades; h) de opresores, oprimidos y libertades; i) de bandoleros; j) de terremotos, ciclones, raptos y fusilamientos; k) de caballos; l) de fiestas, robos y otros sucesos y m) de la fiesta brava.

Según Pujals (s. f.), “el corrido es un género musical popular, de carácter fundamentalmente combativo y el más comprometido con las grandes causas sociales de aquel movimiento histórico”. Hoy día ha cambiado la finalidad del corrido, centrándose en la vida y aventuras de las personas inmersas en el tráfico de drogas. De acuerdo con Astorga (1997, p. 2), el traficante de drogas en México es una categoría social que empieza a cobrar forma a principios de este siglo, cuando son promulgadas las leyes que prohíben el cultivo y la comercialización de la marihuana.

El narcocorrido es definido por Massard (2005, p. 1) como “un género musical heredado de la Revolución y es ahora el vehículo de grupos musicales para difundir vida y obra de los narcotraficantes y de sus seguidores, originarios en su mayoría de zonas rurales y localidades del norte”. En otras palabras, el narcocorrido es una expresión musical del narcotráfico. Por su parte, Lara (2003, p. 228) puntualiza que es “más allá de su carácter informativo y de relator de los acontecimientos de la vida diaria, son formadores y reforzadores de ideologías e imaginarios colectivos”, además, su contenido ideológico es capaz de desarrollarse

debido a la visión de la sociedad que legitima y va reproduciendo su cultura, la cultura del narcotráfico (Olmos Aguilera, 2002, p. 10).

Nery Córdova (citado por Mondaca Cota, 2004, p. 28) explica que estas obras musicales en estudio son un folclor local surgido de varios afluentes y géneros diversos, creando un collage de folclores, los cuales la radio se encargó de enaltecer y enarbolar. Mondaca Cota (2011) indica que “los narcocorridos conservan parte de la estructura de los corridos tradicionales, por lo que, se considera que son una evolución de éstos y no precisamente un nuevo género musical, con excepción de las temáticas cantadas”.

En 2008 surgió un subgénero del narcocorrido, denominado *movimiento alterado*. De acuerdo con Ramírez Paredes (2012, p. 206): “El tipo de corridos que generan los grupos del movimiento alterado (MA) generan una apología —musicalmente estetizada— de la violencia extrema, de la ingestión de sustancias dañinas, del delito y del machismo” y de igual forma exalta las ventajas de pertenecer a grupos delictivos del narcotráfico (figura 1).

La presente investigación se realizó con un enfoque de género debido a que en la revisión bibliográfica se encontró que no existen suficientes estudios de perspectiva de género enfocados a hombres en México y es necesario indagar en un tema



Figura 1. Explanada de la Feria Nacional de Nayarit. Las agrupaciones y cantantes que interpretan este tipo de corridos durante sus presentaciones logran concentrar miles de seguidores. Fotografía de Francisco Ávila (s. f.).

tan conocido en México como lo es el narcotráfico. El narcotráfico es un tema muy recurrente en los medios de comunicación, está presente en muchos aspectos de la vida cotidiana del país; en algunos estados con más fuerza que en otros, como Sonora, Sinaloa, Michoacán, Guerrero, Durango, Jalisco y Chihuahua.

Los estudios de género nacieron con las investigaciones sobre las conceptualizaciones sobre los hombres y las mujeres dentro de las distintas sociedades, lo que se les instruía ser y hacer dependiendo de su sexo, y las ideas preconcebidas que se tenían sobre los mismos. Así el género es definido por Lamas (2012) como el conjunto de ideas, representaciones, prácticas y prescripciones sociales que una cultura desarrolla desde la diferencia anatómica entre los sexos, para simbolizar y construir socialmente lo que es "propio" de los hombres (lo masculino) y lo que es "propio" de las mujeres (lo femenino). Las ideas y concepciones sociales del hombre y la mujer, el género, se construyen a partir de las diferencias biológicas de los individuos. El sexo es una característica en cada cultura para prescribir lo propio de las mujeres y lo propio de los hombres, haciendo que dichas actividades se separen en femenino y masculino.

Lamas (1999) explica que: "Si bien la diferencia sexual es la base sobre la cual se asienta una determinada distribución de papeles sociales, esta asignación no se desprende naturalmente de la biología, sino que requiere un trabajo de la cultura". Las diferencias hormonales, procreativas, sexuales y biológicas llevan a una división del trabajo, poniendo al hombre en el ámbito público —lo social, político y económico- y a la mujer en el ámbito privado —la casa y cuidado de los hijos-, sin embargo, estos roles establecidos no son de índole biológica, sino cultural y social. En lo que respecta a los roles de género, son conductas que regulan las actividades de los hombres y de las mujeres en sociedad, transmitidas a través de las instituciones sociales como la familia y la religión, y dan pautas para cumplir los papeles establecidos como femenino y masculino dentro de las distintas culturas. Los roles de género cambian en cada cultura y en cada sociedad. Se asignan a partir del papel que juega cada uno en el proceso de la reproducción sexual, así el hombre tiene el rol de proveedor por la capacidad de fecundación que posee mientras que a la mujer se le deja en el hogar por la gestación y la lactancia, lo que minimiza su actuación en lo público y la relega de los sectores político, social y económico.

En la investigación fueron analizadas las masculinidades de los narcocorridos del movimiento alterado. Las masculinidades son estudios de la categoría de género que han cobrado importancia por los movimientos feministas de la década de los noventa y la necesidad de recrear la imagen del hombre debido a las transformaciones de la sociedad en los últimos decenios. La masculinidad es la construcción social y los roles que son inscritos para los hombres como los valores, creencias, actitudes, estereotipos y relaciones de poder.

Estudios realizados en España por Bonino (s/f, p. 13) destacan que la masculinidad tradicional se sustenta en cuatro ideologías: "la ideología patriarcal, la ideología del individualismo de la modernidad, la tercera ideología es la de la exclusión y subordinación de la otredad, con la satanización-eliminación del otro distinto, la cuarta, la del heterosexismo homofóbico". Las ideologías de la masculinidad tradicional son producto de las transformaciones sociohistóricas de la cultura, sin embargo, este tipo de masculinidad ha prevalecido hasta la actualidad.

Las masculinidades alternativas proponen crear identidades más abiertas y versátiles, libres de discriminación y de las imposiciones inscritas en la masculinidad tradicional. Argumentan Guzmán Ramírez y Bolio Márquez (2010) que en el caso de México en el escenario social actual conviven distintas masculinidades que cada vez se hacen más visibles, reconociendo la diversidad de género que existe más allá de la masculinidad tradicional y sus valores.

El tráfico de drogas en México ha generado una cultura que va ligada a la predominante. La *narcocultura* se refiere a las expresiones, conocimientos, mitos e ideales que se desprenden del tráfico de drogas. La Secretaría de Seguridad Pública (2010, p.3) puntualiza que

El fenómeno del narcotráfico, con todo y la violencia que genera, ha dado pie a otro fenómeno que llama la atención por los alcances que puede tener: la narcocultura. Entre santos, música, ostentación de poder y de dinero se ha construido una identidad que muchos desean compartir.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque utilizado en la investigación es de tipo cualitativo y acorde a su alcance de tipo descriptivo. Por la recolección de datos este trabajo es una investigación transversal, ya que se analizaron



corridos en el lapso comprendido desde noviembre de 2017 hasta abril de 2018. El método utilizado fue el análisis de contenido cualitativo, como técnica de recolección de datos es definida por Krippendorff (1990, p. 28) como: “una técnica de investigación destinada a formular a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y válidas que puedan aplicarse a su contexto”.

Se eligieron 10 narcocorridos pertenecientes al movimiento alterado para analizar las relaciones de los personajes descritos en la letra de los mismos, así como sus roles de género. Las canciones analizadas fueron: 1) *Quinientos balazos*, de Calibre 50 (Hernández, s. f.); 2) *El cargo del cinco*, de Revolver Cannabis (Niebla López, s. f.); 3) *Ajustes Inzunza*, de Calibre 50 (Pérez, s. f.); 4) *El comando del diablo*, de Gerardo Ortiz (Ortiz, s. f. a); 5) *Iban por el de sombrero*, de Revolver Cannabis (Revolver Cannabis, s. f.); 6) *El junior del viejón*, de El Komander (Ríos, s. f. b); 7) *Cuernito Armani*, de El Komander (Ríos, s. f. a); 8) *Sangre de maldito*, de El RM (Martínez, s. f.); 9) *Dámaso*, de Gerardo Ortiz (Ortiz, s. f. b) y 10) *Disque buscado y jamás encontrado*, de La Edición de Culiacán (La Edición de Culiacán, s. f.).

## Categorías e indicadores

**Personajes de los narcocorridos.** Esta categoría sirvió para conocer la personalidad de los individuos descrita en los narcocorridos, así como el estilo de vida que llevan y lo que consumen. Los indicadores que se utilizaron fueron: a) apariencia, b) valor adquisitivo, c) armamento, d) consumo, e) posición y f) nexos con el gobierno.

**Masculinidad.** Esta categoría se utilizó para inferir cómo es la masculinidad que se practica en el ámbito del narcotráfico utilizando como referencia las letras de las canciones elegidas. Los indicadores son: a) figuras masculinas, b) funciones de los personajes masculinos, c) funciones de los personajes femeninos, d) relaciones de poder y e) violencia.

**Creencias.** Esta categoría fue pensada para ilustrar las creencias que tienen las personas inmersas en el narcotráfico. Los indicadores son: a) religión, b) creencias sobre la prisión y d) creencias sobre la muerte.

**Valores.** Esta categoría fue de ayuda para conocer cuáles son los valores más apreciados en las letras

de los narcocorridos. Los indicadores son: a) agradecimiento y b) valores.

## RESULTADOS

### 1) 500 balazos

Los sicarios descritos en esta canción son varones que usan pecheras (o chalecos antibalas), visten de negro y están encapuchados. Sus funciones son disparar, *levantar* a los enemigos y mantener a su jefe contento, como lo menciona el narcocorrido en la parte “...patrón satisfecho hay qué festejar...”. Los sicarios descritos tienen un adiestramiento especial, fueron soldados antes de entrar al narcotráfico; por tanto, saben utilizar los altos calibres, armas automáticas, las bazucas y lanzagranadas que menciona la canción como parte del armamento que se utiliza.

- Dichos exsoldados han estado en contacto con la violencia desde antes de convertirse en sicarios, se demuestra en la parte que dice “...se hicieron a tiros...”; esta violencia la llevan a su área de trabajo en las estrofas “...al que se atraviesa tumban la cabeza si es que bien les va...” u “...Obregón, Sonora de veras pensaba que andaba en Iraq...”, lo que implica que son capaces de recrear un lugar violento a donde vayan. En estas imágenes de guerra tampoco respetan a las personas que no están inmersas en el narcotráfico, esto se desprende de la estrofa que dice “...los altos calibres tumbaban civiles también por igual...”.

Sus figuras de poder son su patrón y el cártel para el que trabajan, a las cuales le son fieles pues sin ellas no reciben su paga. En cuanto a las figuras dentro del gobierno, el narcocorrido menciona: “...ya los del gobierno no quieren toparlos, si escuchan disparos, corren pa' otro lado...”, lo cual denota que el gobierno no los puede detener porque son muy peligrosos y podrían pagar ese gesto con sus vidas, así que no se arriesgan.

### 2) Sangre de maldito

El personaje de esta canción es una persona que usa la inteligencia para ir elevando su status en el narcotráfico. Por la estrofa “...espera pa' dar el orden de tumbar a aquellos que se le atraviesan...” se puede inferir que tiene gente a su cargo. Es violento, se muestra en varias estrofas de la canción como: “...no se cansa de ver sangre...”, “...tumban a aquellos que se le atraviesan...”, “...los que no

cumplen vuelan las cabezas..." y "...no se raja a los chingazos..."; se infiere que él y su equipo de sicarios utilizan la violencia para hacer su trabajo, asimismo "...y los que no cumplen vuelan las cabezas..." indica que ellos torturan a los que atrapan como parte de sus labores en el narcotráfico.

Las funciones del personaje son estar listo para atacar a los enemigos de la organización delictiva. El armamento descrito es el "cuerno de chivo" (o AK-47), bazuca y un arma 300, además de varias camionetas (o *trocas*) para moverse en Culiacán. En la frase "...un rosario de amuleto protege a creyente hasta de Satanás..." muestra que el personaje es de religión católica, ya que el rosario es un objeto característico de esta religión.

### 3) El comando del diablo

El personaje de este narcocorrido es varón que viste de botas, sombrero y tiene un chaleco antibalas ajustado. Sus funciones son cumplir las órdenes del jefe, estar al pendiente del negocio de las drogas todo el tiempo como lo demuestra esta parte "...24-7 al pendiente...", defender el cártel y matar a los que están en su lista. En cuanto a la lista, allí están escritos los nombres de las personas que debe matar, ya sea porque han traicionado al jefe, no quieren pagar las cuotas que el cártel les impone o quieren apoderarse de la plaza como lo muestra esta parte del corrido: "...una lista me entregan a diario de todos aquellos los que se han pasado ya sea porque no quieren pagar, nos quieren brincar o nos han traicionado...".

En su trabajo utiliza cuernos de chivo, lanza-granadas y chaleco antibalas para protegerse. El personaje tortura y mata a las personas que le estorban al cártel, que según el *Diccionario de la lengua española* de la RAE (2014) se define como "Organización ilícita vinculada al tráfico de drogas o de armas". En la letra se menciona que el personaje se entretiene defendiendo a la organización delictiva y que le gusta su trabajo, lo cual muestra que es una persona que no se inmuta al matar. El personaje defiende el cártel y es leal, esto podría ser tomado como un valor; sin embargo, hay una condicionante para esta lealtad y es el pago: "...la lealtad para mí es prioridad, así solo llegan los billetes...", nos habla de una persona que necesita el dinero y por ello no puede traicionar a quien le paga por su trabajo.

En cuanto a creencias, el personaje le da mucha importancia a la figura de la muerte como

lo muestra la estrofa "...una veladora en honor a la muerte...", lo que indica que posiblemente está inmerso en el culto a la Santa Muerte. Esta se trata de una creencia propia de México, que ha ganado territorio en EE. UU. y otros países de América. Muchas religiones no comparten la idea de adorar a la Santa Muerte y la Iglesia Católica condena este culto. Se le considera como la *niña blanca*, porque se trata de un esqueleto blanco con una túnica negra que lo cubre todo exceptuando la cara y las manos. Los elementos que se asocian a la Santa Muerte son la balanza, la guadaña, un mundo en sus manos y un reloj de arena. Sin embargo, se envalentona al hablar de su propia muerte, mostrándose más poderoso que la figura del mal en la religión católica y, asimismo, mofándose de la misma muerte.

### 4) Cuernito Armani

El personaje de la canción tiene un alto nivel adquisitivo, por lo mismo gasta su dinero en *antros* (palabra que denota una expresión peyorativa, como en las expresiones "antro de perdición" o "antro de mala muerte"; el *Diccionario de la lengua española* de la Real Academia de la Lengua Española (2014) define antro también como "Un local, establecimiento, vivienda, etc. de mal aspecto y reputación"), Buchannan's (marca de vinos y licores que puede ser adquirido en establecimientos de venta de bebidas alcohólicas o en antros) y en camionetas como la Raptor (camioneta Pick up marca Ford, con exclusivo motor EcoBoost® de 3.5 l, en dos versiones: cabina y media o doble cabina) descrita en el corrido. Este personaje tiene enemigos que lo quieren ver muerto y por lo mismo lo embisten cuando sale de un antro; en esta situación sus funciones son matar a los oponentes con su cuerno de chivo, *no rajarse y ser bravo*.

Hace mención de una mujer que acompaña al personaje, su nombre no aparece y la llaman *reina hermosa*. La función de ella es conducir lo más rápido posible para que los oponentes de su acompañante no los alcancen, detenerle el Buchannan's y pasarle el cuerno de chivo al mismo. El protagonista tiene buenas relaciones con un jefe del tráfico de drogas y por lo mismo le regaló el cuerno con el que pudo vencer a sus enemigos, como lo menciona la parte "...fue un regalo de un señor muy grande que es pieza importante allá en Culiacán...". Le tiene respeto a esta persona ya que lo llama *señor muy grande*, asimismo le es leal a la organización delictiva en la que trabaja como lo muestra la frase "...sigo firme y macizo a la empresa...".

Es algo violento, se muestra en frases como "...ya andaba empujado tenía que matar...", "...los hago pedazos..." y "...sabían que era bravo por eso querían venadearme...". A pesar de la violencia descrita en el corrido, el personaje también muestra un miedo a la muerte en frases como "...presenciaba el miedo no puedo negar..." y "...lo confieso me sentí perdido...", y al salvarse le agradece a su cuerno de chivo.

### 5) *El junior del viejón*

El personaje del corrido, el "Jota seis", tiene un buen nivel adquisitivo, como lo menciona la frase "...mi chequera todo paga...", su consumo consiste en contratar bandas, pasearse por Culiacán y comprar Buchanan's 18. La posición que tiene dentro del narcotráfico es la de heredero de "la empresa", y las figuras de poder que tiene son "El viejón" su padre, la familia Molina, la empresa y el "Compa Chino", José Rodrigo Aréchiga Gamboa. El "Jota seis" tiene mucho poder dentro de la llamada "empresa", tiene gente a su mando y en el corrido menciona que tiene apoyo incondicional de sus superiores: "...el apoyo de arriba siempre está al ciento veinte...". Al mismo tiempo, al ser respaldado por la empresa de Culiacán, se da tiempo para festejar y no hablar de negocios.

### 6) *Dámaso*

El personaje es el apodado "Mini licenciado", es presuntamente Dámaso López hijo, se le muestra como una persona con mucho valor adquisitivo. Este corrido no indica violencia descrita, así que las funciones del protagonista son estar alerta para cualquier peligro dentro de su organización, ser un hombre de palabra, ser una persona que gusta de enamorarse y saber tratar a las mujeres; lo que muestra que su participación dentro del narcotráfico no es ser un sicario. Su posición dentro del mismo es ser hijo del licenciado; en la letra aparece la frase "...yo estoy porque me pusieron les agradezco ese gesto...", lo que implica que su padre estaba inmerso en el mundo del narcotráfico y el puesto lo heredó.

Las figuras de poder que aparecen en el narcocorrido son "El licenciado", "El padrino" y el "Uno Cinco" (personaje de narcocorrido del movimiento alterado, contemplado en el corrido de Gerardo Ortiz (2015), titulado *El Mini y el Uno Cinco*). Asimismo, tiene el apoyo y respaldo de las personas de Culiacán que se dedican al narcotráfico como él, así como su gente, quienes lo protegen.

El "Mini licenciado" aparece en el corrido como una persona agradecida de ser parte de esa organización, lo cual lo hace ver como una persona que responde a los demás como lo tratan; de allí vienen los valores del "Mini licenciado", los cuales son la lealtad y la amistad: la lealtad hacia la empresa y hacia su padrino a quien respeta, y la amistad hacia "El licenciado", a quien le dedica la estrofa "...a usted y a su gente aquí los tengo presentes...", lo que habla de que los recuerda en todo momento.

### 7) *Ajustes Inzunza*

El personaje de este corrido es Manuel Torres Félix, alias "El M1" o "El Ondeado". Se encontró que la figura masculina es calmada y serena, sus funciones son matar a quienes les estorben en el cártel, los cuales son descritos como presas y se cataloga la actividad como cobrar las cuentas y deudas pendientes; las personas que van a ser asesinadas son mencionadas en el verso: "...Esa lista negra en mis manos la tengo...", lo que implica que estar en esa lista es igual a una amenaza de muerte dentro del narcocorrido.

El personaje es muy violento y esto se denota en varias partes del narcocorrido, por ejemplo: "...raite a domicilio les llegó la muerte, y así en pedacitos colgando de un puente...", "...lo agarro y encinto para que me dé tiempo de sacar el cuchillo. Lo tiro en un predio y una cartulina resalta el mensaje Ajustes Inzunza...". El armamento que se menciona en el narcocorrido está compuesto por bazucas, granadas, chalecos antibalas y un cuchillo, que es el arma más mencionada en la canción, como si el personaje Manuel lo utilizara frecuentemente.

Las relaciones de poder de Manuel son comandar y dirigir a un grupo de sicarios; tiene amistades con "El Chino Antrax", cuyo nombre es José Rodrigo Aréchiga Gamboa y con Gonzalo Inzunza Inzunza, "El Macho Prieto" y los que conforman su *gavilla* (grupo de personas con reputación sospechosa). Con esta frase también se denota la lealtad que le tiene Manuel a las figuras de poder que lo rodean cuando se menciona que *va al trescientos por ciento* con ellos sin dudas.

Además de la lealtad, otro valor que se rescata en este personaje es el del respeto hacia los infantes, esto se menciona en el verso "...los niños no tienen la culpa de nada...", lo cual contrasta claramente con la violencia expresada en las estrofas del narcocorrido, dejando entrever que su actividad

delictiva tiene un límite y que tiene intenciones de respetar ese límite.

### 8) *El cargo del cinco*

El personaje del corrido es José Rodrigo Aréchiga Gamboa, alias "El Chino Ántrax", es descrito como una persona que viste bien y usa pechera para protección, le gustan las calaveras, "Tony Montana", "Scarface" y "El Padrino" y tiene una buena posición dentro del narcotráfico. En este personaje se pueden observar valores como la lealtad y el compañerismo en las frases "...aprecio y respeto y admiro a mis hombres..." y "...cumpló con el pacto...".

Las funciones que tiene José en el corrido son proteger, ayudar y cuidar a la familia de Vicente Zambada, pelear por el bienestar de los hermanos de Vicente, luchar por la plaza, viajar por el mundo (brincar las fronteras) y defender su vida. El armamento descrito en el corrido se compone de rifles y escuadra al estilo de Tony Montana. El poder que ejerce es debido al ascenso que recibió, se habla de la confianza que le tuvieron al personaje, lo que retrata a una persona que no necesita contratos para ser digno de confianza.

José es un personaje violento, lo que se constata en las estrofas "...cayeron sin gloria..." y "...no nos derrotaron tantas agresiones...". Las figuras de poder que muestra este corrido son Vicente Zambada, Joaquín "El Chapo" Guzmán, así como su hijo Iván Archivaldo Guzmán, Manuel Fernández Valencia, alias "El Animal" y "La Rana" de Tijuana.

### 9) *Disque buscado y jamás encontrado*

El personaje del corrido, Joaquín Guzmán Loera, alias "El Chapo", es una persona muy famosa dentro del narcotráfico en México; descrito como un hombre afamado, poderoso o "muy pesado", influyente, millonario, inteligente, una persona que actúa con paciencia, el capo del milenio, "un genio"; que viste con pechera y *cachucha* (prenda de vestir diseñada para cubrir la cabeza y bloquear la entrada de rayos solares a los ojos del usuario en el caso de contar con una superficie delantera denominada visera) puesta, y que aunque bajito (de su estatura viene el apodo "Chapo"), es el más grande. Todas estas cualidades muestran a una persona cuya posición dentro del narcocorrido es estar al mando del cártel de Sinaloa, descrito como el más "pesado" (o el mejor).

El poder que posee Joaquín en el narcocorrido está dividido entre su gavilla y el gobierno. La canción menciona que Joaquín tiene mucha gente al mando y que su comando es muy fuerte, por lo mismo deja "temblando" a su competencia y a las autoridades. En cuanto al gobierno, la letra de la canción hace alusión a que tiene muchas influencias para poder salir de cualquier situación y que las mismas fueron utilizadas para salir de la cárcel de máxima seguridad de Puente Grande. Como se reportó en una nota ("La espectacular fuga de El Chapo", 12 de julio de 2015):

El 19 de enero de 2001 Joaquín Guzmán Loera, alias El Chapo, escapó del penal de alta seguridad Puente Grande, Jalisco, en lo que muchos expertos definen como la fuga perfecta y, otros, la huida más espectacular, hasta ahora, antes del segundo escape el sábado del penal de alta seguridad El Altiplano.

Menciona que el personaje tiene un convenio con el gobierno, lo cual habla de una impunidad latente que existe en el gobierno de México y que se muestra en el corrido. Se puede observar la impunidad de la que se hace alusión en la estrofa "...de la justicia él se ha burlado o será que el gobierno está bien comprado...", mostrando al gobierno como corrupto, más no a Joaquín. El corrido señala que Joaquín es tan poderoso que puede armar guerras con un solo dedo, ya que es mostrado como el mayor exportador de cocaína. Sus funciones dentro de la organización son negociar y exportar cocaína, además de dirigir el cártel de Sinaloa. La figura de poder a la que alude el narcocorrido es "el de sombrero", Ismael Zambada García, también conocido como "El Mayo".

### 10) *Iban por el de sombrero*

El personaje es Ismael Zambada García, alias "El Mayo" o "El de sombrero". Se le describe como una persona muy tranquila que no utiliza la violencia para resolver sus problemas. No se menciona ninguna figura de poder en la letra de la canción más que él mismo, como si no hubiera nadie encima de él, además de que posee un nivel adquisitivo muy grande, se muestra en la frase "...les daré treinta millones...". En una frase de la canción se muestra que busca la reciprocidad en sus negocios: "...favor con favor se paga...".

En distintas frases del corrido se detecta un lenguaje en modo imperativo que busca mostrar el poder que tiene Ismael dentro del narcotráfico;



esto presenta a una persona que no necesita un arma para ejercer el poder, ya que el corrido da a entender que el personaje es tan poderoso que sus palabras son las que pueden dañar. En sus relaciones con las autoridades, en el caso del narcocorrido con los soldados, se percibe una resistencia de un militar a ser dominado por Ismael, así como a ser sobornado, lo que implica una persona que no es corrupta. Sin embargo, cuando Ismael se comunica con el político para recordarle que está vivo por él, aquel opta por una actitud sumisa pidiéndoles a sus soldados que se retiren, lo que denota que su poder está presente en las esferas del gobierno.

## DISCUSIÓN

Los corridos analizados tienen algunas similitudes entre sí; todos hablan sobre personajes del cártel de Sinaloa como Ismael “El Mayo” Zambada, Joaquín “El Chapo” Guzmán, José Aréchiga, alias “El Chino Antrax”, entre otros. En los narcocorridos la violencia y la lealtad van de la mano, como si de la primera dependiera la segunda. La violencia que se ejerce hacia los enemigos del cártel es justificada bajo frases como “...todos aquellos los que se han pasado, ya sea porque no quieren pagar, nos quieren brincar o nos han traicionado...”, “...cobrando las cuentas y deudas pendientes...”, “...muchachos de arranque... se hicieron a tiros...”, lo que denota que las personas que los quieran detener o que estén en contra de ellos son asesinados.

Culiacán es parte del denominado “Triángulo dorado”, zona montañosa entre Sinaloa, Durango y Chihuahua donde se cultiva marihuana, por lo mismo, es un lugar importante para las operaciones del cártel de Sinaloa. El tipo de canciones analizadas muestran las relaciones que existen entre hombres del mismo cártel y la forma en que resuelven sus problemas con hombres de otros u organizaciones como el gobierno y la milicia. En las obras analizadas se pudo observar un pequeño organigrama en donde Joaquín Guzmán e Ismael Zambada quedan a la cabeza de la organización, seguidos por José Aréchiga, quien es jefe de sicarios y cuida al “Mayo” Zambada, y Manuel Torres Félix, otro jefe de sicarios. El siguiente en la escala sería Dámaso López, quien es ahijado de Joaquín Guzmán y no es tan activo en la organización como los jefes de sicarios. Al final están los sicarios que no tienen ningún título y no han subido de nivel en la escala, en las canciones analizadas no se muestran sus nombres.

Los corridos que hablan de los sicarios que no han subido de nivel son los más violentos, mencionan que ellos cumplen las órdenes del jefe, que no fallan al disparar, que se pueden fugar de la muerte y “al diablo asustar a balazos”. Las relaciones que tienen con sus contrincantes son agresivas; para ellos no hay lugar para palabras, sólo tortura y muerte. La mayoría no arreglan sus problemas con otros cárteles usando las palabras; ellos atemorizan, torturan, matan y a veces desmiembran a las organizaciones contrarias a la suya. Por lo mismo, las letras de los narcocorridos son explícitas y violentas.

En el caso del corrido *Dámaso* no hay una violencia explícita, ya que el personaje no se dedica a matar, sino que tiene un grupo de guardaespaldas que lo protegen y matan por él, así que solo se dedica a disfrutar del dinero que le paga el narcotráfico y a cumplir su palabra con “El Chapo” Guzmán. José Aréchiga protege a Ismael Zambada y a su familia. Él tiene una relación muy fraternal con los sicarios a su cargo, ello se muestra en la frase: “...aprecio y respeto y admiro a mis hombres...”, además de tener compañerismo con Joaquín Guzmán, Vicente Zambada y otros capos de la misma organización. En cambio, la relación con los grupos contrarios es similar a la que describen otros narcocorridos, muy cerrada al diálogo y con final funesto.

Joaquín “El Chapo” Guzmán es considerado el líder del cártel de Sinaloa. En la obra analizada sobre él no mencionaba agresiones explícitas a grupos contrarios. Sus relaciones están divididas entre los hombres que tiene a mando y los nexos que tiene con el gobierno; se menciona en el corrido que “El Chapo” es tan poderoso que apoyó a los dos pasados sexenios, refiriéndose a los de Vicente Fox y Felipe Calderón. Asimismo, menciona que *tiene muchas influencias* y que las utilizó para salir del penal de máxima seguridad de Puente Grande. El poder que tiene, según la canción, llega a esferas políticas incluso, lo que denota a un hombre poderoso que puede hacer lo que le venga en gana.

En el caso de Ismael Zambada, el corrido narra que tiene el poder para no inmutarse cuando hay una redada afuera de donde está para atraparlo. Él es el único que usa las palabras para negociar con los grupos contrarios a su organización; sin embargo, utiliza la manipulación; esto se narra cuando se dice que quiere sobornar a los soldados con 30 millones y cuando le dice al político que le debe un favor.

Su lenguaje es imperativo, coloquial y bastante agresivo, mostrando a otro hombre con mucho poder, aunque más cauteloso que Joaquín Guzmán.

Entre ellos, los sicarios y capos tienen buenas relaciones, descritas en los narcocorridos como parte de una empresa o parte de una familia; sin embargo, con los grupos que desafían su poder como otros grupos delictivos o el gobierno y la milicia, son agresivos y recurren a la violencia en la mayoría de los casos, a la negociación (con el gobierno sobre todo) y a la manipulación.

Se encontró que los personajes mencionados dirigen, comandan, disparan, asesinan, cumplen órdenes de sus superiores; uno de ellos es heredero, están al mando del cártel, algunos de ellos dan órdenes, usan la inteligencia para comandar, trabajan para obtener bienes, uno de ellos es líder, son encargados de la seguridad de la empresa, son fiesteros. En la mayoría los personajes disfrutan de cierta libertad para festejar al terminar un trabajo. Los sicarios comunes no dirigen gavillas, ellos cumplen con las órdenes que les dan los jefes para obtener dinero. Un ejemplo de esto lo da la canción *El comando del diablo* de Gerardo Ortiz: "...yo cumplo las órdenes del jefe...así solo llegan los billetes...". Su función principal dentro del cártel es matar, se menciona que algunos de ellos fueron soldados. La labor que describen los narcocorridos es la de no fallar al momento de disparar un arma, defender el cártel, no acobardarse al momento de los tiroteos y estar pendientes ante cualquier suceso que pueda amenazar su estilo de vida. Esto genera que los hombres descritos en esas canciones se muestren muy violentos, envalentonados, indiferentes a la muerte y fiesteros, ya que su estilo de vida implica que en cada trabajo puedan terminar asesinados ellos también.

En los corridos *El junior del viejón* y *Dámaso* se muestra a dos hombres cuya función es dirigir personas y gastar dinero, son los hijos de padres inmersos en el narcotráfico que no han tenido que pasar por los eslabones bajos de la organización para conseguir poder y dinero, se les conoce como *narcojuniors*. En dichas canciones no se muestra violencia explícita; los personajes no son activos en los tiroteos; asimismo, su poder adquisitivo es muy grande, pagando por fiestas, viajes, bebidas alcohólicas costosas, ropa de marca y autos. Ellos también deben obedecer a los jefes del cártel, sin embargo, sus acciones están respaldadas por la misma organización.

En las canciones *El cargo del cinco* y *Ajustes Inzunza* se conocen las funciones que realizan José Aréchiga y Manuel Torres dentro de la organización. José Aréchiga, alias "El Chino Ántrax", tiene la posición de jefe de sicarios, encargado de proteger a Ismael Zambada y a su familia, defender la plaza, así como el cártel y defender su propia vida; tiene más responsabilidades que los anteriores personajes. Posee buen poder adquisitivo, es violento y envalentonado, tiene gente a su mando; sin embargo, hay personas por encima de él a quienes debe respetar.

Manuel Torres Félix, alias el "M1" o "El ondeado" también comanda a otros sicarios de menor rango. Sus funciones dentro del cártel incluyen ubicar a los grupos contrarios, secuestrar personas, torturar y matar. A diferencia del "Chino Ántrax", Manuel Torres es descrito como una persona más violenta, indiferente con la muerte de los demás, con gusto hacia la tortura, y poder adquisitivo. Ismael "El Mayo" Zambada, como uno de los líderes del cártel de Sinaloa, es descrito de distinta forma; en el corrido se expresa que es una persona que no se inmuta ante los problemas, ya que tiene el poder adquisitivo para salir de ellos, tiene mucha gente a su mando, influencias en la esfera política y se envalentona. En el caso de Joaquín Guzmán Loera, alias "El Chapo", es mostrado como un hombre millonario, con influencia en la esfera política, al mando del cártel de Sinaloa, que sabe utilizar su inteligencia, negociador, y con un poder enorme en México, según el corrido "...puede armar guerras con un solo dedo...".

Las actividades que realizan los personajes de las obras musicales analizadas son pertenecientes al ámbito público; cuanto más poder tenga la persona en el cártel mayor será su poder adquisitivo y las influencias que tenga fuera de la organización, así como la gente a la que mande. Los valores que presentan son escasos; los más comunes son la lealtad, el compañerismo y el agradecimiento. La lealtad en los narcocorridos se observa al momento de hacer los trabajos que los jefes mandan y al ser firmes al momento de hablar del cártel, por ejemplo: "...sigo firme y macizo a la empresa...", "...cumplo con el pacto que hice con el niño...", "...el cártel con mis manos defendiendo...". Sin embargo, esta lealtad está condicionada por el dinero que les pagan los jefes, como lo muestra esta estrofa del titulado *El comando del diablo*: "...la lealtad para mi es prioridad, así solo llegan los billetes...", lo que vuelve un tanto falso este valor.

El compañerismo se muestra en la estrofa de *El cargo del cinco* en las partes donde habla de los hombres a su cargo y de los capos con los que trabaja. Asimismo, el corrido *Dámaso* también muestra el compañerismo que se tienen los personajes inmersos en el narcotráfico: "...tengo buenas amistades...", además se refiere a la organización delictiva como "una familia". En algunos se muestra un agradecimiento hacia los capos de la droga por haber contratado a los personajes en cuestión, por ejemplo: "...mi fiel amigo adorado le estoy muy agradecido porque me ha echado la mano, a usted y a toda su gente aquí los tengo presentes...".

En el corrido *Iban por el de sombrero* se muestra una reciprocidad que es exigida por parte de "El Mayo" Zambada, al mencionar la frase "...favor con favor se paga...", mientras que la canción *Ajustes Inzunza* muestra un respeto hacia los infantes en la parte "...y que no se olviden señores mi lema los niños no tienen la culpa de nada...", llamando la atención a los sicarios que no respetan la vida de los niños al cumplir las consignas que se les dan.

## CONCLUSIONES

Los personajes centrales en los narcocorridos son hombres, solo en uno de ellos refieren a una mujer cuya actividad se centra en conducir uno de los vehículos. De acuerdo con Bonino (s/f, p.13) la masculinidad tradicional se sustenta en cuatro ideologías. Según los resultados del presente estudio, la ideología patriarcal se muestra en el poder que tienen los líderes del cártel de Sinaloa (personajes de los narcocorridos), quienes son hombres con poder adquisitivo, que tienen influencia en esferas políticas y están en la cima del organigrama de la organización delictiva. De la ideología del individualismo algunos rasgos se observan en el poder adquisitivo que tienen algunos personajes de corridos, así como en la manipulación y la violencia ejercida hacia los grupos contrarios para defender su territorio y sus derechos sobre el mismo. En lo que respecta a la ideología de la exclusión y subordinación, se da en la incapacidad que tienen los personajes de los narcocorridos para resolver sus diferencias con los grupos contrarios usando el diálogo y la ideología del heterosexismo homofóbico.

Astorga (1997) indica que: "la mayor parte de los agentes sociales que conforman el campo

del tráfico de drogas está representada en los corridos", en este trabajo se intentó saber cómo se percibe la masculinidad de los narcotraficantes en sus canciones. Los narcocorridos describen a personajes varones, cuya masculinidad es catalogada como tradicional, con tendencias a la violencia y al asesinato en pos de cuidar su territorio y su organización. Son personas a quienes les gusta envalentonarse ante las situaciones peligrosas y cuyos valores están condicionados por el poder de los hombres que están arriba en la escala de poder y dinero. Sus funciones son matar, comandar sicarios, liderar el cártel, así como conseguir la influencia que necesitan para seguir con su organización. Están consideradas dentro del ámbito público, en cuyas esferas se mueven para hacer negocios y traficar con droga.

Estos sujetos son descritos como inteligentes, afamados, con buen poder adquisitivo, fuertes, indiferentes hacia la muerte y pacientes para matar. Su organización es patriarcal, donde sólo el más fuerte e inteligente puede ser el jefe; por lo mismo, los corridos de Joaquín Guzmán y de Ismael Zambada son distintos de los otros, ya que en estas figuras del cártel cuenta más la apariencia de líder nato, inteligente e influyente que la apariencia de un hombre violento.

Al iniciar los estudios de género, los movimientos feministas de la época hicieron que se redefiniera el hecho de ser mujer como un ser que es mucho más que una subordinación del sexo masculino y atada al ámbito privado de la repartición de trabajo. Esto dio como resultado que los hombres empezaran a repensar su propia masculinidad, buscando formas menos rígidas que la masculinidad tradicional.

Lo anterior se refiere a las masculinidades alternativas que proponen crear identidades más abiertas y versátiles, libres de discriminación e imposiciones inscritas de modo tradicional. Guzmán Ramírez y Bolio Márquez (2010) mencionan que en el escenario social actual conviven distintas masculinidades que cada vez se hacen más visibles, reconociendo la diversidad de género que existe más allá de la masculinidad tradicional y sus valores. En los narcocorridos analizados se invisibiliza este tipo de masculinidades y a la mujer.

## REFERENCIAS

- Astorga, L. (1997). *Los corridos de traficantes de drogas en México y Colombia* (Documento presentado en la Asociación de Estudios Latinoamericanos, Hotel Continental Plaza, Guadalajara, México, 17 al 19 de abril de 1997). Recuperado de <http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/lasa97/astorga.pdf>
- Ávila, F. (s. f.). Fotografía aérea de concierto [Fotografía]. Recuperada de <https://www.facebook.com/Pacoavivar/>
- Bonino, L. (s/f). Masculinidad hegemónica e identidad masculina. *Dossiers feministes*. Consultado el día 7 de octubre de 2017. Recuperado en: <http://www.raco.cat/index.php/DossiersFeministes/article/viewFile/102434/153629>
- Guzmán Ramírez, G., & Bolio Márquez, M. (2010). *Construyendo la herramienta: perspectiva de género: cómo portar lentes nuevos*. México: Universidad Iberoamericana.
- Héau, C. (1989). El corrido y la bola suriana: el canto popular como arma ideológica y operador de identidad. *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*, 2(006), 99-115. Recuperado de [http://culturascontemporaneas.com/contenidos/el\\_corrido\\_y\\_la\\_bola\\_suriana.pdf](http://culturascontemporaneas.com/contenidos/el_corrido_y_la_bola_suriana.pdf)
- Hernández, L. (s. f.). 500 balazos (Letra de canción). Recuperada el 8 de noviembre de 2017, de <https://www.letras.com/calibre-50/500-balazos/>
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*. Buenos Aires: Paidós Comunicación.
- La Edición de Culiacán. (s. f.). *Disque buscado y jamás encontrado* (Letra de canción). Recuperada el 11 de abril de 2018, de <https://www.musicmatch.com/es/letras/La-Edicion-De-Culiacan/Disque-Buscado-Jamas-Encontrado>
- La espectacular fuga de El Chapo del penal de máxima seguridad de Puente Grande en 2001. (12 de julio de 2015). Recuperado de <https://www.univision.com/noticias/noticias-de-mexico/la-espectacular-fuga-de-el-chapo-del-penal-de-maxima-seguridad-de-puente-grande-en-2001>
- Lamas, M. (1999). Género, diferencias de sexo y diferencia sexual. *Debate feminista*, 20, 84-106. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/42625720>
- Lara, E. (2003). Salieron de San Isidro El corrido, el narcocorrido y tres de sus categorías de análisis: el hombre, la mujer y el soplón. Un acercamiento etnográfico. *Revista de Humanidades: Tecnológico de Monterrey*, 15, 209-230. Recuperado el 20 de enero de 2018, de <https://www.redalyc.org/pdf/384/38401509.pdf>
- \_\_\_\_\_ (2012). El género es cultura. En *V Campus Euroamericano de Cooperación Cultural*. Almada, Portugal. Recuperado de [http://www.oei.es/euroamericano/ponencias\\_derechos\\_genero.php](http://www.oei.es/euroamericano/ponencias_derechos_genero.php)
- Martínez, L., "El RM". (s. f.). *Sangre de maldito* (Letra de canción). Recuperada el 19 de febrero de 2018, de <https://www.letras.com/el-rm/sangre-de-maldito/>
- Massard, N. (2005). El narcocorrido mexicano: Expresión de una sociedad en crisis. *Revista La Siega*, 2. Recuperado de [http://www.lasiega.org/entrega2/entrega2\\_9.pdf](http://www.lasiega.org/entrega2/entrega2_9.pdf)
- Mondaca Cota, A. (2004). *Las mujeres también pueden. Género y narcocorrido*. México: Universidad de Occidente.
- \_\_\_\_\_ (2011). Los narcocorridos, expresiones culturales de la violencia. *E-MISFÉRICA*, 8.2 #NARCOMACHINE. Recuperado de <http://hemisphericinstitute.org/hemi/es/e-misferica-82/mondaca>
- Niebla López, D. A. (s. f.). *El cargo del cinco* (Letra de canción). Recuperada el 12 de noviembre de 2017, de <https://www.musicmatch.com/es/letras/Revolver-Cannabis/El-Cargo-del-5>
- Olmos Aguilera, M. (2002). El corrido de narcotráfico y la música popular en el noroeste de México. En A. M. Ochoa & M. Napolitano (Eds.), *Actas del IV Congreso de la Asociación Internacional para el Estudio de la Música Popular IASPM-AL*. México: Autor.
- Ortiz, G. (s. f. a). *Comando del diablo* (Letra de canción). Recuperada el 13 de diciembre de 2017, de <https://www.musica.com/letras.asp?letra=1688171>
- \_\_\_\_\_ (s. f. b). *Dámaso* (Letra de canción). Recuperada el 8 de abril de 2018, de <https://www.musica.com/letras.asp?letra=2093391>
- \_\_\_\_\_ (2015). Gerardo Ortiz-El Mini y el Uno Cinco [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=O8WslFhQNsQ>
- Pérez, A. (s. f.). *Ajustes Inzunza* (Letra de canción). Recuperada el 12 de noviembre de 2017, de <https://www.letras.com/calibre-50/ajustes-inzunza/>
- Pujals, A. C. (s. f.). El corrido [Ficha informativa virtual]. Recuperado de <http://www.elportaldemexico.com/arte/musica/elcorrido.htm>
- Ramírez Paredes, J. R. (2012). Huellas musicales de la violencia: El "movimiento alterado" en México. *Sociológica*, 27(77), 181-233. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3050/305026759006.pdf>
- Real Academia Española. (2014). *Cártel*. En *Diccionario de la lengua española* versión electrónica (23ª ed.). España: Real Academia Española. Recuperada de <http://dle.rae.es/?id=7jpYEK7>
- Revolver Cannabis. (s. f.). *Iban por el de sombrero* (Letra de canción). Recuperada el 8 de enero de 2018, de <https://www.musica.com/letras.asp?letra=2177529>
- Ríos, A., "El Komander". (s. f. a). *Cuernito Armani* (Letra de canción). Recuperada el 12 de febrero de 2018, de <https://www.musica.com/letras.asp?letra=2045509>
- \_\_\_\_\_ (s. f. b). *El junior del viejón* (Letra de canción). Recuperada el 22 de enero de 2018, de <https://www.musica.com/letras.asp?letra=1794422>
- Secretaría de Seguridad Pública (2010). *Jóvenes y narcocultura*. México: Autor. Recuperado de <http://www.ssp.gob.mx/portaWebApp/ShowBinary?nodeId=/BEA%20Repository/1214169//archivo>
- Vélez, G. (1990). *Corridos mexicanos*. México, D. F.: Editores Mexicanos Unidos.



## Construcción identitaria en África. Un análisis desde los estudios de identidad, poder y agencia

### Construction of identity in Africa. An analysis from the studies of identity, power and agency

Goualo Lazare Flan\*✉

Flan, G. L. (2019). Construcción identitaria en África. Un análisis desde los estudios de identidad, poder y agencia. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 81-88.

#### RESUMEN

Este artículo analiza la realidad de la construcción identitaria en África a partir de algunas de las contribuciones de los estudios de identidad. Se sostiene que la identidad africana ha sido influida por el colonialismo europeo, mismo que impuso cambios estructurales y funcionales profundos en dicho continente en lo político, social, ideológico y cultural. En su estructura central, el trabajo discute algunas de las contribuciones sobre la identidad, entre ellas, las de Geertz, Barth y Giménez y, a la luz de estas aportaciones, analiza de forma diacrónica la construcción identitaria en África.

#### ABSTRACT

This article analyzes the reality of identity construction in Africa starting from some contributions of identity studies. It is stated that the African identity has been influenced by European colonialism, which imposed profound structural and functional changes in that continent in the political, social, ideological and cultural. In its central structure, the work discusses some contributions about identity, including those

**Palabras clave:** África; construcción identitaria; colonialismo europeo; poder; agencia.

**Keywords:** Africa; identity construction; European colonialism; power; agency.

Recibido: 28 de febrero de 2018, aceptado: 12 de octubre de 2018

\* Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad de Colima. Carretera Colima-Guadalajara Kilómetro 3.2, El Diezmo, C. P. 28010, Colima, Colima, México. Correo electrónico: lazare\_flan@uclm.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0656-7492>.

✉ Autor para correspondencia.

of Geertz, Barth and Gimenez; and, in light of these contributions, the identity construction in Africa is analyzed diachronically.

#### INTRODUCCIÓN

La construcción de identidades corresponde a un proceso dinámico que, generalmente, se inscribe dentro de una perspectiva bidireccional mediada por relaciones sociales intersubjetivas. Se manifiesta por la afirmación de sí (tanto en lo individual como en lo colectivo), de quiénes somos, lo que somos, lo que creemos ser y lo que los demás creen que somos, la forma en que nos ven y nos perciben. Por ello, las construcciones identitarias se ven marcadas por una dinámica de auto adscripción y de adscripción en un marco de interacción e interrelación.

Los estudios acerca de las construcciones identitarias han sido abordados desde diversas perspectivas disciplinarias—sociología, antropología, psicología social, relaciones internacionales, entre otras—. Cada una aporta elementos teórico-metodológicos que proporcionan una visión diferente y precisa sobre la forma en que se construyen las identidades sociales, tema que cobra cada vez más relevancia en las ciencias sociales. El presente constituye una investigación documental que pretende resaltar algunas contribuciones de los estudios de identidad en el análisis del fenómeno identitario de forma general y, en particular, en la construcción de la identidad en África. Se trata de forma precisa de discutir los aportes teórico-metodológicos de algunos de los estudios de identidad que encajan para analizar la construcción identitaria africana.

El trabajo discute, en primer lugar, algunas de las contribuciones sobre la identidad, retomando a Barth (1976), Geertz (2003) y Giménez Montiel (1997, 2006). En segundo lugar, a la luz de las aportaciones teóricas revisadas, analiza la construcción identitaria en África.

### Contribuciones al estudio de la identidad

**El enfoque primordialista de Clifford Geertz.** Este enfoque aparece en sus postulados como una crítica a las visiones teóricas albergadas en pensamientos modernistas, según las cuales se pronosticaba el declive del fenómeno de la etnicidad en las sociedades poscoloniales. Sus premisas establecen la primacía de las lealtades étnicas ante las más modernas lealtades de clase o estatales que existan en los estados modernos. Para los primordialistas, las estructuras y orientaciones de las relaciones tanto intragrupales como intergrupales, vienen marcadas por lo que denominan adhesiones primordiales, mismas que revisten las características esenciales siguientes: "1) se presentan como 'datos' a priori rebeldes a todo análisis; 2) son percibidos como algo inefable, poderoso y coercitivo; 3) y, sobre todo, son capaces de generar fuertes emociones y afectos" Giménez Montiel (2006, p.139).

El factor étnico, de acuerdo con Geertz (2003), representa un hecho dado de la existencia social construido por una serie de rasgos inmutables que imponen estrechos y delimitados márgenes de interacción e identificación a los individuos que lo comparten, de modo que el destino de los individuos está ligado incondicionalmente a su etnia bajo un sentido de afinidad natural que marca una adscripción étnica manifiesta en el concepto de primordialismo, entendido este como un estado de intensa, inexplicable y obligatoria solidaridad entre los miembros de un grupo que ven en dichos marcadores culturales un carácter eminentemente sagrado e inalienable.

Las aserciones primordialistas se apoyan en un marco de referencia que tiene que ver con la experiencia poscolonial, marcada principalmente por la permanencia y reactivación violenta de las lealtades étnicas en los nuevos estados descolonizados, particularmente africanos y asiáticos. Ello devela el fracaso de los gobiernos de aquellos países al tratar de fomentar el sentido de conciencia cívica y de adhesión a nuevos compromisos de relación política. De igual forma, resalta la evidencia

de la incapacidad de los mismos gobiernos a asentar un concepto de lealtad ciudadana que permitiera superar los apegos y adhesiones primordiales como parentesco, raza, lengua, religión, tradición, consanguinidad o contigüidad.

Los aportes del primordialismo cultural desarrollan, en este sentido, elementos teóricos que enfatizan el papel sobresaliente del factor étnico, principalmente en los nuevos estados descolonizados, donde los modelos más universales de lealtad ciudadana importados, mantienen o imponen nuevos sometimientos a los individuos en los grupos sociales de las sociedades de estos países que, en la mayoría de los casos, son multiculturales. El primordialismo cultural logra con ello demostrar una importante limitante dentro de los planteamientos de la teoría de la modernidad: la persistencia de las lealtades étnicas hasta la actualidad. Esto quebranta considerablemente los modelos universales de lealtad ciudadana importados desde Occidente a la luz de un enfoque teórico que ayude a entender las bases emocionales de la etnicidad y algunos vínculos que manifiestan ciertas resistencias frente al cambio.

**El enfoque constructivista de Fredrik Barth.** El enfoque constructivista de la etnicidad surge como una reacción contra la visión esencialista de la identidad para ofrecer una contribución diferente y amplia del fenómeno étnico. La pertinencia de las ideas de Barth (1976) logró establecer que las percepciones y las interacciones de los miembros de un grupo social ya no se definieran por algún tipo de esencia cultural, sino por la forma en que el propio grupo social percibe y establece sus fronteras y límites. De acuerdo con Aymes y Péquignot (2000) se trata de un modelo teórico que implica no considerar las diferencias culturales por supuestas o dadas, sino identificarlas como consecuencias (de las interacciones) que nacen de la manipulación de los símbolos étnicos y el establecimiento de fronteras étnicas entre grupos sociales en el marco de intercambios sociales.

Esta visión teórica implica un cambio en la estrategia y en los aspectos a considerar para el análisis de los grupos étnicos y con ello, del fenómeno de la etnicidad. Según Giménez Montiel (2006)

implica desplazar el análisis del contenido cultural de los grupos étnicos en un momento determinado al análisis de la emergencia y mantenimiento de las categorías o fronteras étnicas que se construyen intersubjetivamente en (y a través de) las relaciones intergrupales, esto es, pasar del estudio

de las características de los grupos al estudio de su proceso de construcción social, de la sustancia a la forma, de los procesos estáticos a los aspectos dinámicos y relacionales; de la estructura a los procesos. (p. 33)

La concepción *bartiana* de los fenómenos identitarios de alguna forma incide en las motivaciones y efectos políticos de la construcción de fronteras étnicas a través de la movilización selectiva de diferencias culturales, debido a que parte de que los grupos étnicos son actores sociales que, en función de los desafíos y oportunidades que marca su contacto y competencia con otros grupos en el Estado, construyen y utilizan los marcadores étnicos disponibles para mejorar o mantener la renta política de sus diferencias culturales como herramientas para defender o cambiar las posiciones que ocupan dentro del espacio político en el que conviven y compiten con otros grupos. De esta forma, el concepto de interés étnico se coloca como una categoría esencial dentro de la concepción etnicista de Barth. Los autores de dicho enfoque quedan convencidos de que los antagonismos étnicos no son una consecuencia relacionada con la necesidad de pertenencia primordial, sino el resultado de los esfuerzos conscientes de politización de las diferencias culturales (por parte de individuos o grupos) para movilizar los marcadores étnicos-culturales y acceder a recursos sociales, políticos o materiales.

En suma, las visiones alineadas en los enfoques constructivistas de la etnicidad concuerdan en un conjunto de postulados que pueden resumirse en cinco aspectos esenciales: i) La etnicidad se entiende como hecho construido socialmente por medio de contactos sociales entre grupos que utilizan los marcadores culturales de forma estratégica y selectiva; ii) Los grupos étnicos constituyen una forma de organización social de las diferencias culturales; iii) Estas diferencias son subjetivamente definidas y seleccionadas como significativas por los actores sociales para clasificarse a sí mismos y también ser clasificados por otros, con fines de interacción; iv) La identidad étnica se construye o se transforma en la interacción de los grupos sociales a través de procesos de inclusión-exclusión que delinean fronteras entre los grupos definiendo aquellos que pertenecen o no a los mismos; y v) La identidad de los grupos étnicos se define por la continuidad de sus fronteras mediante procesos de interacción interétnica.

**El enfoque de la identidad social de Giménez Montiel.** Giménez Montiel (1997) conceptualiza la

identidad desde la perspectiva social. Trata de reconstruir los lineamientos de esta teoría de forma interdisciplinaria, para conectar ciencias como la sociología, antropología y la psicología social. Estima que la problemática de la identidad social debe de situarse en la intersección de las teorías de la cultura y de los actores inherentes. Por tanto, habría que ver la identidad como un elemento de la cultura internalizada y concebirla como forma de representaciones sociales por los actores involucrados, tanto individuales como colectivos.

La identidad aparece –según su acepción– como el lado subjetivo de la cultura en su función distintiva y la categoría esencial que caracteriza esta concepción teórica de la identidad en la distinguibilidad cualitativa. Esta última entiende la identidad como una unidad distinguible a través de la cual el individuo o colectivo se diferencia de los demás y, al mismo tiempo, es reconocido por estos últimos en el marco de la interacción y comunicación. Esto implica entender la identidad no como una esencia, un atributo o una propiedad intrínseca del individuo o colectivo, sino como un componente intersubjetivo y relacional de autopercepción de un sujeto o colectivo en relación con los demás, así como de reconocimiento y aprobación de los otros sujetos.

Se trata de un proceso dinámico que se circunscribe de acuerdo con Giménez Montiel (1997), a tres elementos diacríticos: la pertenencia social a una pluralidad, la presencia de atributos identificadores y de una narrativa biográfica (en caso de las identidades individuales) o memoria colectiva (para las identidades colectivas). Estos tres elementos diferenciadores son de suma importancia en el proceso de autopercepción y de reconocimiento del individuo o colectivo, ya que permiten diferenciar identitariamente a un sujeto o colectivo determinado.

En suma, del análisis de las contribuciones teórico-metodológicas de los estudios de identidad revisados en las líneas anteriores de este apartado, resalta que el estudio de la identidad (social para algunos y étnica para otros), aparece como un tema central de estos trabajos, y también da cuenta de la relevancia de sus aportes para el análisis de la construcción identitaria en África.

### **Construcción identitaria en África**

El análisis de la construcción identitaria africana en las épocas contemporáneas implica, en primer lugar

–para una mayor aprehensión de las realidades que rodean dicho proceso– establecer una revisión de su trayectoria en su dimensión histórica, remontando hasta las épocas precolombinas, colonial, poscolonial, para de esta forma, entender su actualidad contemporánea.



Figura 1. El carácter inmensamente diverso y plural de África en términos de identidad.

Fotografía de Cáritas española, utilizada con motivo de la celebración del día de África, el 25 de mayo de 2016.

Imagen tomada de Lakes (s. f.).

**La identidad precolonial africana.** La historia precolonial de África destaca un continente que, además de su fuerte arraigo en el tradicionalismo, se presenta como un conjunto heterogéneo de más de 800 grupos o comunidades socioculturales (conocidos científicamente como etnias, tribus o clanes) fundamentados en los principios naturales de adhesiones primordiales de parentesco y de consanguinidad (Mballa, 2016). Estos vínculos primordiales dotaban a cada grupo de una denominación endógena propia, por ejemplo, los *yoruba*, *hausa* e *igbo* en Nigeria; los *zulu*, *swahili* y *tsonga* en Sudáfrica; los *tutsi*, *hutu* y *batwa* en Rwanda; los *akan*, *mandé* y *gur* en Costa de Marfil, entre otros. De esta forma los miembros de cada comunidad se sentían vinculados entre sí por un supuesto origen genético común, de modo que en el trasfondo de la etnicidad sobresalía el modelo

de la familia como principio organizador del grupo. En otras palabras, los grupos étnicos se percibían a sí mismos como grupos de parentesco y, por ende, como familias extensas. De acuerdo con Giménez Montiel (2006):

Los llamados grupos étnicos se representan y se perciben a sí mismos como 'comunidades primordiales' a imagen y semejanza de la familia y de los grupos de parentesco. Por eso exigen de sus miembros formas de lealtad y solidaridad que son típicas de los vínculos familiares. Y también por eso emplean frecuentemente el vocabulario y la sintaxis de la familia ['nuestros antepasados', 'la herencia de nuestros mayores', 'nuestros hermanos de sangre', 'nuestra tierra ancestral']. (p. 141)

Las relaciones primordiales de contigüidad que predominaban y que hasta la actualidad siguen prevaleciendo al interior de los grupos étnicos en África, además de encajar perfectamente con las que comenta Giménez Montiel, coinciden –como bien lo señala Fardon (1996)– con las visiones etnicistas de los antropólogos británicos sobre las sociedades africanas (precoloniales, coloniales y poscoloniales), al destacar que los vínculos de parentesco y de afinidades juegan un papel particular en las comunidades y agrupaciones étnicas en África, lo cual establece una gran diferencia entre éstas últimas y los grupos étnicos europeos. También concuerdan indiscutiblemente con los postulados del enfoque primordialista de la etnicidad desarrollados por Geertz (2003).

Las sociedades africanas precoloniales constituían una organización social cuyo poder era centralizado o descentralizado según la comunidad. En la mayoría de los casos eran de tipo aristocrático con estructuras político-administrativas de carácter feudal, establecidas en torno a la figura del jefe o rey (designados a partir de los principios de linaje) y sus colaboradores (nobles, guerreros y representantes religiosos). Se trataba en realidad de imperios o reinos que, a pesar de que no tenían de forma precisa una concepción regulada de las fronteras de los espacios o territorios que ocupaban, formaban una organización social que justipreciaba la coexistencia, el intercambio, la circulación de personas, de bienes y servicios, pero como lo señala Mballa (2011, p. 33) manifestaban "un control del uso de los recursos naturales y económicos, así como una organización en el modo de distribución del trabajo".

Asimismo, prevalecían la cohesión y la integración social en la pluralidad étnica, como bien lo sos-



tiene Ki-Zerbo (1990), según quien la sociedad africana precolonial manifestaba una particular solidaridad y participación asentados en un determinado humanismo que producía un considerable grado de estabilidad.

**La identidad colonial.** El orden social identitario que prevalecía en la época precolonial se vio interrumpido con el advenimiento del colonialismo europeo, marcado por la imposición de un modelo occidental de Estado-nación, como lo señala Evans (2012), las estructuras políticas tradicionales en las colonias fueron destruidas, adaptadas o cooptadas por las potencias coloniales. En efecto, las potencias colonizadoras europeas, tras la exploración del continente africano, procedieron a su colonización propiamente dicha, estableciendo nuevas unidades políticas delimitadas por fronteras coloniales al interior de las cuales impusieron sus lenguas respectivas que se convirtieron en lenguas oficiales. Rossatanga-Rignault (2012) califica dichas fronteras coloniales de artificiales, debido a que fueron impuestas por las potencias colonizadoras de acuerdo con sus intereses en desatención a las necesidades y realidades antropológicas de las mosaicas comunidades socioculturales que ahí habitaban.

Dicho proceso se vio consolidado tras el reparto colonial de África en la Conferencia de Berlín de noviembre de 1884 y febrero de 1885, aunque conoció varias pugnas e inflexiones entre colonizador y colonizados, marcadas por las resistencias africanas contra invasiones y ocupaciones territoriales por una parte y, por otra, entre los propios colonizadores, a raíz de las competencias y enfrentamientos que resultaron de dichas ocupaciones. A partir de la primera década del siglo XX, el continente africano se encontraba prácticamente repartido y supeditado al régimen colonial de las potencias europeas que instauraron instituciones de gobierno para el funcionamiento de los nuevos estados creados.

Así, el Estado africano en la época colonial resulta, como lo menciona Mballa (2016), del producto de una trasplatación impuesta de las tendencias y concepciones del modelo occidental del Estado, en la cual los colonizadores sometieron a sus territorios el modelo de administración más acorde a sus intereses. En el caso de Francia, impuso el modelo de Estado unitario de carácter centralizado; mientras que el modelo de Gran Bretaña era de corte descentralizado o federal (aunque en ocasiones tenía un carácter unitario); por su parte, Bélgica optó por una administración de tipo neofeudal.

En suma, la colonización occidental de África impuso diversos cambios estructurales y funcionales profundos en los niveles político, económico, social, ideológico y cultural, lo que generó una nueva configuración del Estado africano en adelante anclado en el modelo occidental del Estado que políticamente lo somete de forma directa mediante una administración impuesta; económicamente lo subordina y entrega sus enormes recursos naturales y materias primas al capitalismo occidental; culturalmente lo erosiona, al someter los valores africanos a los imperantes en la cultura occidental.

### **La identidad posindependentista y contemporánea.**

La realidad identitaria de los Estados africanos en estas épocas refleja las consecuencias de un modelo occidental de Estado impuesto, que manifiesta tanto estructural como funcionalmente un mayor grado de incompatibilidad con las realidades sociales tradicionales, culturales y antropológicas de las concepciones y tendencias del Estado africano. En efecto, la implementación del referido modelo occidental ha podido dar cuenta de varios avatares y obstáculos que resultan de desviaciones, incongruencias, injerencias y dominaciones, movilizaciones y manipulaciones (en gran medida étnicas), conflictividades, crisis e inestabilidades (para solo citar éstos) que, al afectar el orden social, ponen en tela de juicio la legitimidad del Estado africano, su soberanía interna.

Los avatares y obstáculos que los Estados africanos han enfrentado desde la colonización y que persisten en la actualidad, son diversos. En primer lugar, puede mencionarse la ruptura o división entre las mosaicas comunidades africanas, a través de la creación de fronteras o límites divisorios entre dichos pueblos, en el marco de la configuración de los nuevos Estados africanos por los colonizadores. Los grupos de población africanos se vieron confinados de forma segmentada dentro de territorios cuyas fronteras –como se mencionó anteriormente– fueron concebidas y diseñadas en función de los finalismos economicistas de los colonizadores.

Dicha segmentación y ruptura generó movilizaciones, instrumentalizaciones y manipulaciones del factor étnico, así como los marcadores culturales, para convertirlos en herramientas antagónicas de diferenciación que acabaron instituyendo barreras entre grupos étnicos (convertidos en actores sociopolíticos). Esto generó “el estallido de conflictos violentos y a menudo difíciles, a veces basadas en

las hostilidades étnicas y religiosas entre los pueblos agrupados en unidades políticas arbitrariamente configurados que contienen una variedad de pueblos con poco en común" (Evans, 2012, p. 11).

La cuestión que surge aquí es, ¿cómo entender que la etnicidad (o el factor étnico) que en un principio jugaba el papel de referente determinante de identidad cultural llegó a convertirse en un instrumento cuya sujeción a la movilización y manipulación constituye el detonante de crisis, conflictos, inestabilidad, ingobernabilidad y muchas otras taras que debilitan al Estado africano, obstaculizando no solo su construcción identitaria, sino también su consolidación democrática?

Varios estudios establecidos sobre la construcción identitaria y la consolidación democrática en los Estados africanos, además de sustentar la existencia de la diversidad étnica en África, coinciden en que la etnicidad en sí misma no es fuente de conflicto, ni en contra de la construcción y consolidación democrática en dicho continente (Aapengnuo, 2010), sino una construcción social producto de la historicidad de las sociedades africanas que manifiesta sus dinámicas sociales, culturales y políticas (Nkouatchet, 2015). En África la pertenencia étnica aparece por excelencia como el principal medio de formación de la identidad social.

Sin embargo, con el advenimiento de la colonización la etnicidad sufrió un bricolaje y una normativización de acuerdo con la visión administrativa, los intereses políticos y económicos, y los modos de identificación de los colonizadores. La administración colonial procedió a la burocratización de las jefaturas y mandos a través de una especie de "orden étnico" que definía y designaba quiénes tenían las capacidades y aptitudes para el ejercicio de dichos cargos; además territorializó geográficamente los espacios étnicos (que hasta entonces permanecían abiertos).

En otras palabras, la colonización occidental influyó en la etnicidad con el objetivo de establecer una especie de clientelismo étnico que ha servido de instrumento al servicio de los gobernantes, líderes o élites políticas para movilizar y manipular a grupos étnicos con el fin de mantenerse en el poder o llegar a él, obtener ventajas político-administrativas o controlar los recursos estatales, como cambio de favores o privilegios sociopolíticos o simplemente, como contrapartida a beneficios materiales. Se trata según Mbuyi (2011) de estados nacionalmente mal integrados

cuya soberanía (interna-externa) carece de legitimidad, por tanto, su construcción denota un carácter inacabado a través de una ruptura entre Estado-nación. De ahí su incapacidad para solucionar y superar políticamente por lo menos, la cuestión étnica, acomodándola o adaptándola a la modernidad política.

El hecho de que los estados africanos permanezcan aún fragilizados por las divisiones étnicas tiene que ver con la fuerte instrumentalización y manipulación de las comunidades étnicas para la satisfacción de los finalismos economicistas, políticos y materiales de las élites políticas. El caso ruandés es ilustrativo en este sentido. La violencia y los enfrentamientos étnicos sangrientos y genocidas que sucedieron en dicho país estaban anclados en la desigual distribución de los recursos y del poder político. Las manipulaciones políticas de dichos conflictos basados en el control de los recursos –como bien lo confirman Leach y Conde Zambada (2003)– llevaron al genocidio planificado de 1994. Los políticos, demagogos y medios de comunicación instrumentalizaron la etnicidad para obtener el apoyo popular y eliminar a los rivales políticos (tanto tutsi como hutu).

En segundo lugar, un obstáculo importante en la construcción de los pluriétnicos estados africanos –que en la mayoría de los casos ha desembocado en conflictos étnicos– es el control del poder político y los recursos del Estado por un grupo o una comunidad étnica particular, lo cual resulta de las debilidades en las disposiciones institucionales del sistema estatal africano. En estas condiciones, cuando comunidades de estos estados se sienten amenazadas de marginalización y exclusión ante el desigual acceso a los recursos y el poder político, recurren a la movilización y manipulación étnica como instrumento adecuado para remediar sus situaciones sociopolíticas.

El caso nigeriano de las erupciones esporádicas de la violencia que opone cristianos a musulmanes en Jos, la cosmopolita capital del Estado nigeriano de Plateau, lo ilustra perfectamente. Si bien estos tipos de violencia han sido atribuidos de forma general a conflictos intercomunitarios (Al menos 86 muertos..., 2018; Nigeria impone un toque de queda..., 2018; Santé Abal, 2017) develan más bien sesgos institucionales del sistema federal nigeriano, que tienden a establecer el dominio de una comunidad étnica sobre otras en el control y la distribución del poder político y los recursos del Estado (Aapengnuo, 2010). Dominio que en este preciso caso sirvió para estereotipar comunidades, al crear una especie de fronteras étnicas para

negar a los grupos estigmatizados el acceso a ciertos cargos del gobierno estatal, a las subvenciones de la educación pública, así como al derecho de ser terratenientes.

De lo anterior se desprende un tercer avatar en la construcción identitaria de los estados africanos, relacionado con las limitaciones de las instituciones y estructuras de dichos estados para adaptarse y reflejar la diversidad étnica, en el respeto de los derechos de las minorías, la distribución equitativa del poder político, así como en el establecimiento de un sistema eficaz de contrapoder que permita atenuar la percepción de la injusticia e inseguridad. En efecto, las instituciones públicas en África manifiestan mucha debilidad en el establecimiento de un sistema judicial equitativo e imparcial, en el cual prevalezca el derecho y una real separación de los poderes para prevenir los abusos de poder del Estado, puesto que en la mayoría de los países africanos, los funcionarios y servidores públicos utilizan el poder político a favor del grupo étnico al cual pertenecen. Ello denota la manifestación del tribalismo, otro fenómeno que frena el desarrollo en África, por generar desigualdad social y económica y, por ende, pobreza.

Desde un punto de vista socioantropológico, el tribalismo es una forma de organización anclada en la idea de tribu como grupo social. Contribuye a la afirmación de una identidad cultural, por expresar un sentimiento de pertenencia a una tribu, esto es, una comunidad humana que comparte la misma cultura, fundamentada en la lengua y otros marcadores culturales relacionados con la consanguinidad y vínculos primordiales de parentesco. Sin embargo, bajo una concepción política relacionada con la realidad africana, el tribalismo adquiere una connotación diferente que la convierte en una tara, un avatar que obstaculiza el progreso de las sociedades, como ocurre en África.

De acuerdo con Kpotufe (2014) en su concepción extrapolada, el tribalismo se relaciona con los beneficios (sociales, políticos y económicos) acordados con una tribu en detrimento de otras. Kpotufe estima que en África el tribalismo aparece no solo como un detonante de las desigualdades sociales y políticas, sino también como una fuente de conflictos interétnicos basados en la valoración y preferencia por su identidad cultural, por su tribu o etnia, en detrimento de otros grupos. Así, para los empleos, las funciones o los cargos político-administrativos, hasta para las subvenciones, lo que prevalece es favorecer

y dar preferencia a los conocidos más cercanos (esto es, de su familia, de la misma etnia o tribu, religión o región), con desatención a las aptitudes y competencias requeridas para el ejercicio de los puestos referidos. Los estados se convierten en este sentido en sociedades basadas más en el mecenazgo, producto del tribalismo, que en sociedades fundamentadas en los méritos.

## CONCLUSIONES

Las aportaciones teóricas discutidas en este trabajo sirven en gran medida como bases teóricas imprescindibles para entender la realidad que rodea la construcción identitaria en África desde las épocas precolonial, colonial y contemporánea. Esta identidad construida a partir de una visión primordialista durante la época precolonial se vio considerablemente influida por la colonización europea a través de la imposición de cambios estructurales y funcionales profundos en lo político, económico, social, ideológico y cultural. Dichos cambios fueron generando una nueva configuración del Estado africano en adelante anclado en el modelo occidental de Estado que políticamente lo somete de forma directa vía una estructura administrativa impuesta, económicamente lo subordina entregando sus enormes recursos naturales y materias primas al capitalismo occidental y lo acultura al someter los valores africanos a la cultura occidental.

La realidad identitaria contemporánea en los países de ese continente es el reflejo de avatares y obstáculos que resultan de desviaciones, incongruencias, injerencias y dominaciones, movilizaciones y manipulaciones étnicas, conflictividades, crisis e inestabilidades que confluyen para afectar no solo las identidades nacionales de los países, sino la consolidación de su democracia. Parece más que necesario para estos Estados reconstruir identidades nacionales sólidas que comprometan a sus pueblos en una conciencia común de participación, de superación de las diferencias y manipulaciones étnicas con el fin de confluir hacia la constitución de gobiernos e instituciones de calidad que reflejan la pluralidad étnica en el respeto de los derechos de todos (específicamente de las minorías), la distribución equitativa del poder político, así como hacia un aparato judicial equitativo, imparcial y eficaz de contrapoder que respalde la justicia y la seguridad, en un clima democrático propicio para el desarrollo social, político y económico.

## REFERENCIAS

- Aapengnuo, C. (2010). La mauvaise interprétation des conflits ethniques en Afrique. *Bulletin de la Sécurité Africaine*, 4, 1-6.
- Al menos 86 muertos en enfrentamientos armados en Nigeria. (25 de junio de 2018). *El País Internacional*. Recuperado de [https://elpais.com/internacional/2018/06/25/actualidad/1529905520\\_094999.html](https://elpais.com/internacional/2018/06/25/actualidad/1529905520_094999.html)
- Aymes, M., & Péquignot, S. (2000). Question d'identité: l'apport de Fredrik Barth. *Labyrinthe*, 7, 43-47. doi: 10.4000/labyrinthe.503
- Barth, F. (Comp.). (1976). *Los grupos étnicos y sus fronteras. La organización social de las diferencias culturales*. México: FCE.
- Evans, R. (2012). *Decolonization: The end of empire?* [Transcripción de conferencia]. Recuperada de <https://www.gresham.ac.uk/lectures-and-events/decolonization-the-end-of-empire>
- Fardon, R. (1996). «Destins croisés»: Histoires des identités ethniques et nationales en Afrique de l'Ouest. *Politique Africaine*, 61, 75-97.
- Geertz, C. (2003). *La interpretación de las culturas*. España: Gedisa.
- Giménez Montiel, G. (1997). Materiales para una teoría de las identidades sociales. *Frontera Norte*, 9(18), 9-28. Recuperado de <https://fronteranorte.colef.mx/index.php/fronteranorte/article/viewFile/1441/891>
- \_\_\_\_\_ (2006). El debate contemporáneo en torno al concepto de etnicidad. *Cultura y Representaciones Sociales*, 1(1), 129-143.
- Mballa, L. V. (2011). La comunidad interafricana y los componentes básicos para su construcción. En L. V. Mballa (Ed.), *Construcción comunitaria en África: Obstáculos y perspectivas. Integración de África en el sistema internacional* (pp. 180-243). Alemania: Editorial Académica Española.
- \_\_\_\_\_ (2016). La organización de la Unidad Africana (OUA) frente a la realidad de un Estado africano improvisado. En L. V. Mballa & F. Adonon (Coords.), *Organización de la Unidad Africana-Unión Africana, 50 años después: Seguridad, conflictos y liderazgos* (pp. 15-37). San Luis Potosí, México: Universidad de San Luis Potosí.
- Mbuyi, K. (2011). Conflictos en África: El caso de la región de los grandes lagos y de Sudán. *Investigaciones Geográficas*, 55, 71-90.
- Nigeria impone un toque de queda en Jos tras los últimos enfrentamientos intercomunitarios en la ciudad. (28 de septiembre de 2018). *Europa Press*. Recuperado de <http://www.europapress.es/internacional/noticia-nigeria-impone-toque-queda-jos-ultimos-enfrentamientos-intercomunitarios-ciudad-20180928210133.html>
- Nkouatchet, N. (12 de noviembre de 2015). La question identitaire en Afrique. *Le Nouvel Afrik.com* [Nota de periódico en línea]. Recuperado de <http://www.afrik.com/la-question-identitaire-en-afrique>
- Ki-Zerbo, J. (1990). *Histoire générale de L'Afrique. Méthodologie et préhistoire africaine*. Francia: UNESCO.
- Kpotufe, I. (2 de marzo de 2014). Afrique: Tribalisme, régionalisme et développement. *Contrepoints* [Periódico en línea]. Recuperado de <https://www.contrepoints.org/2014/03/02/158290-afrique-tribalisme-regionalisme-et-developpement>
- Lakes, J. (s. f.). Mapa de África Creativa Gratis PNG y Clipart [Imagen]. Recuperada de Gráficos de [https://es.pngtree.com/freepng/creative-map-of-africa\\_2010237.html](https://es.pngtree.com/freepng/creative-map-of-africa_2010237.html)
- Leach, P., & Conde Zambada, G. (2003). Rwanda: Para deconstruir un genocidio evitable. *Estudios de Asia y África*, 38(2), 321-344.
- Rossatanga-Rignault, G. (2012). Identités et démocratie en Afrique. Entre hypocrisie et faits têtus. *Afrique Contemporaine*, 2(242), 59-71. doi: 10.3917/afco.242.0059
- Santé Abal, J. (2017). Nigeria, elenco de conflictos. *Boletín I.E.E.E.*, 5, 100-119.



## Comparación de laparoscopia y boroscopia en la inseminación intrauterina de ovejas

### Comparison of laparoscopy and borescopy in the intrauterine insemination of ewes

Jaime Jorge Martínez-Tinajero\*✉, Daniel Cruz-Zavala\*, Alejandro Muñoz-Bedoya\*\*, Francisco Indalecio Juárez-Lagunes\*\*\*, Miguel Arcángel Rodríguez-Chessani\*\*\*\*

Martínez-Tinajero, J. J., Cruz-Zavala, D., Muñoz-Bedoya, A., Juárez-Lagunes, F. I., & Rodríguez-Chessani, M. A. (2019). Comparación de laparoscopia y boroscopia en la inseminación intrauterina de ovejas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 89-92.

#### RESUMEN

Se comparó la técnica de inseminación artificial intrauterina sustituyendo el laparoscopio por un boroscopio y su análisis económico. Se utilizaron 36 ovejas Blackbelly que fueron asignadas a dos grupos (A= boroscopio, B= laparoscopio). Los estros fueron sincronizados con esponjas impregnadas con MPA más una inyección de eCG después de remover las esponjas. Las variables de estudio fueron inicio del estro, porcentaje de estros, distribución de estros y porcentaje de gestación. El inicio de estro fue  $32.50 \pm 7.07$  y  $34.20 \pm 8.64$  h para grupo A y B, no existiendo diferencias ( $P > 0.05$ ). La presentación de estros fue 100% para ambas técnicas no existiendo diferencias ( $P > 0.05$ ). El porcentaje de gestación fue de 83.33% y

77.77% para A y B no existiendo diferencias ( $P > 0.05$ ). El uso de un boroscopio en sustitución del laparoscopio no afecta el porcentaje de gestación en ovejas y además reduce los costos para su aplicación.

#### ABSTRACT

The intrauterine artificial insemination technique was compared by replacing the laparoscope with a borescope and its economic analysis. 36 Blackbelly sheep were used that were assigned to two groups (A= borescope, B= laparoscope). Estrus were synchronized with sponges impregnated with MPA plus a shot of eCG after sponge's removal. The study variables were onset of estrus, percentage of estrus presentation and pregnancy percentage. The onset of estrus was  $32.50 \pm 7.07$  and  $34.20 \pm 8.64$  h for group A and B, respectively, without finding significant differences ( $P > 0.05$ ). The percentage of estrus presentation was 100% for both techniques, with no significant differences ( $P > 0.05$ ). The pregnancy percentage was 83.33 and 77.77% for groups A and B, and no differences were found ( $P > 0.05$ ). The use of a borescope to replace the laparoscope does not affect the percentage of gestation in sheep and besides reduces the costs for its application.

**Palabras clave:** biotecnología; laparoscopia; boroscopio; reproducción; ovejas.

**Keywords:** biotechnology; laparoscopy; borescope; reproduction; ewes.

**Recibido:** 16 de noviembre de 2017, **aceptado:** 14 de agosto de 2018

\* Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV, Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Costera entronque Huehuetán Pueblo, Huehuetán, C. P. 30660, Chiapas, México. Correo electrónico: jaimej@unach.mx; danielczavala@hotmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0001-9829-9511; orcid.org/0000-0002-3560-6550

\*\* Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de la Amazonia. #4-1 a, Cl. 17 #4451, Florencia, Caquetá, Colombia. Correo electrónico: alejo.mube@hotmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0002-6216-7717

\*\*\* Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Circunvalación y Yañez S/N Col. Unidad Veracruzana, C. P. 91710, Veracruz, Veracruz, México. Correo electrónico: fjuarez@uv.mx. ORCID: orcid.org/0000-0003-0652-7463

\*\*\*\* Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera a Emiliano Zapata Km. 8, Tuxtla Gutiérrez, C. P. 29060, Chiapas, México. Correo electrónico: mvelascoz@yahoo.com.mx. ORCID: orcid.org/0000-0003-1605-1067

✉ Autor para correspondencia

#### INTRODUCCIÓN

La producción de ovinos en México ha evolucionado considerablemente debido al empleo de tecnologías de reproducción y mejoramiento genético, donde es posible encontrar IA por laparoscopia con semen congelado, la cual ha incrementado la productividad en los rebaños al aumentar el índice de concepción a 78.57% (Godfrey, Gray, & Collins, 1998). Este método

consiste en la aplicación de semen directamente dentro del lumen uterino, evitando la barrera natural del cérvix. Dogan, Nur, Gunay, Soylu y Sonmez (2004) mencionan que la IA por laparoscopia es una técnica que emplea una cirugía menor para depositar directamente semen congelado dentro de la cavidad uterina. Su implementación ha generado resultados satisfactorios, ya que permite el uso de sementales de alta calidad genética, especialmente por la utilización de semen congelado, que resulta ser la selección más acertada. Hidalgo et al. (2015) mencionan que la inseminación artificial por laparoscopia con semen congelado se puede realizar a tiempo fijo superando los resultados de la inseminación artificial pericervical, cervical y transcervical. Sin embargo, esta se limita a un grupo reducido de productores, debido al alto costo de su implementación. En 1945 el Dr. Karl Storz empezó a fabricar instrumentos de otorrinolaringología con la intención de crear sistemas y dispositivos que le permitieran observar dentro del cuerpo humano, consistente en dirigir a través de un instrumento una luz clara pero fría hasta las cavidades corporales y de ese modo facilitar una visión nítida; al mismo tiempo, hacer una documentación objetiva mediante la transferencia de imágenes. Los boroscopios son resistentes y han sido diseñados para la industria, ya que constan de un sistema de lentes cilíndricos, lo que pronuncia imágenes luminosas y nítidas. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue utilizar un boroscopio industrial en sustitución del laparoscopio durante el protocolo de inseminación artificial intrauterina para reducir el costo de dicha técnica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el otoño de 2017 en el Centro de Mejoramiento Genético Granja Los Martínez, ubicado entre los 14°46' N y 92°18' O y localizado en el municipio de Tapachula, Chiapas, México. Se utilizaron 36 ovejas Blackbelly de segundo parto con  $26.2 \pm 2.7$  meses de edad y  $34.6 \pm 2.9$  kg de peso corporal, manejadas en un sistema de libre pastoreo con distribución completamente al azar en dos grupos experimentales: (A= boroscopia, n= 18) y (B= laparoscopia, n= 18). Las ovejas se sometieron a un protocolo de sincronización de estros mediante esponjas intravaginales impregnadas con 60 mg de acetato de medroxiprogesterona (MPA) durante 12 d más una inyección intramuscular de 250 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) al retiro de las esponjas. El estro se detectó con un macho

marcador a través de montas falsas. La recolección de semen se realizó en la mañana del día de la inseminación. El semen se recolectó por medio de vagina artificial e inmediatamente se evaluó la calidad seminal (volumen, color, motilidad y concentración espermática). La dilución del semen se realizó con Triladyl (20%), agua bidestilada (60%) y yema de huevo (20%), con la finalidad de obtener 90 M de espermatozoides por dosis de semen en pajillas de 0.25 ml. Una vez diluido se mantuvo a una temperatura de 37 °C hasta su aplicación. Las hembras fueron inseminadas a tiempo fijo 48 h después de retiradas las esponjas evaluando las variables, inicio de estro, distribución y porcentaje del mismo y porcentaje de gestación. Para determinar la variable de porcentaje de gestación se realizó un diagnóstico de gestación a los 45 d después de la inseminación artificial, en donde se utilizó un ultrasonido Sonoace 600 (Medison) con un transductor transabdominal de 7.5 MHz. Las variables continuas fueron estimadas con el análisis de varianza y las de proporción con la prueba no paramétrica Chi cuadrada (Herrera Haro, & Barreras Serrano, 2005).



Figura 1. Se estudia la inseminación artificial intrauterina sustituyendo el laparoscopio por un boroscopio y su análisis económico.

Fotografía tomada por el equipo de investigación.

Tabla 1  
Respuesta reproductiva de ovejas inseminadas por laparoscopia y usando boroscopia  
sincronizadas con esponjas MPA. 250 UI eCG

Tratamientos	N	Inicio de estro (h)	Presentación de estro (%)	Gestación (%)
Grupo A	18	32.50±7.07 <sub>a</sub>	100 <sub>a</sub>	83.33 <sub>a</sub>
Grupo B	18	34.20±8.64 <sub>a</sub>	100 <sub>a</sub>	77.77 <sub>a</sub>
Total	36	33.35±7.56		

Nota: <sup>a</sup> Misma literal significa que no existieron diferencias estadísticas.  
Elaboración propia.

## RESULTADOS

El tiempo promedio del inicio de estro fue de 33.35 ± 7.56 h después del retiro de las esponjas sin diferencias ( $P > 0.05$ ) entre grupos. Los valores promedio del inicio del estro fueron 32.50 ± 7.07 y 34.20 ± 8.64 h para los grupos A y B, respectivamente. Estos datos son similares a lo reportado por González-Reyna, Lucero-Magaña, Briones-Encinia, Limas-Martínez y Martínez-González (2014), quienes registraron inicios de estro de 28.6 a 34.6 h después del retiro de las esponjas. La totalidad de las ovejas presentaron estro después del tratamiento con esponjas sin encontrar diferencias ( $P > 0.05$ ) (tabla 1). Estos datos coinciden con lo reportado por Martínez-Tinajero et al. (2007), donde señalan que las ovejas sincronizadas con MAP + eCG presentan iguales resultados (100%).

El porcentaje de gestación fue de 83.33 y 77.77% para las ovejas de los grupos experimentales A y B, sin diferencias ( $P > 0.05$ ) entre ambas técnicas. Con el uso del laparoscopio se observa una buena imagen de los cuernos uterinos pero es necesario

estar limpiando el telescopio y cuidando el cable de fibra óptica para evitar accidentes que afecten el equipo; mientras tanto, el uso del boroscopio es más factible y menos delicado, ya que se puede adaptar a una computadora, televisión y/o teléfono inteligente para visualizar la imagen del cuerno uterino, lo que permite obtener mejores resultados en el porcentaje de gestación. No se ha encontrado literatura científica en el uso del boroscopio industrial en la inseminación artificial intrauterina. Sin embargo, la técnica de inseminación por laparoscopia es cara por los materiales a utilizar, por lo que una alternativa para reducir costos es sustituir el equipo de laparoscopia por un boroscopio, que permite reducir 98% de los costos.

## CONCLUSIONES

El uso de un boroscopio industrial en sustitución del laparoscopio no tiene efecto significativo sobre el porcentaje de gestación en ovejas sincronizadas al estro e inseminadas con semen fresco y además reduce los costos para su aplicación.

## REFERENCIAS

- Dogan, I., Nur, Z., Gunay, U., Soylu, M. K., & Sonmez, C. (2004). Comparison of fluorgestone and medroxyprogesterone intravaginal sponges for estrus synchronization in Saanen does during the transition period. *South African Journal of Animal Science*, 34(1), 18-22.
- Godfrey, R. W., Gray, M. L., & Collins, J. R. (1998). The effect of ram exposure on uterine involution and luteal function during the postpartum period of hair sheep ewes in the tropics. *Journal of Animal Science*, 76, 3090-3094. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/4538/8908776b5e48b88c20dc94d290a3678b8bc5.pdf>
- González-Reyna, A., Lucero-Magaña, F. A., Briones-Encinia, F., Limas-Martínez, G., & Martínez-González, J. C. (2014). Factores que alteran la conducta en ovejas de pelo sincronizadas con acetato de fluorogesterona y gonadotropina de suero de yegua preñada. *Abanico Veterinario*, 4(2), 13-20.
- Herrera Haro, J. G., & Barreras Serrano, A. (2005). *Manual de procedimientos: Análisis estadísticos de experimentos pecuarios: utilizando el programa SAS* (3ª. ed.). México, D. F.: Colegio de Postgraduados.
- Martínez-Tinajero, J. J., Izaguirre Flores, F., Sánchez Orozco, L., García Castillo, C. G., Martínez-Priego, G., & Torres Hernández, G. (2007). Comportamiento reproductivo de ovejas Barbados barriga negra sincronizadas con MPA y diferentes tiempos de aplicación de eCG durante la época de baja fertilidad. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 17(1), 47-52.



## Alfredo Ignacio Feria y Velasco. *In memoriam*

Carlos Beas-Zárate\*✉

Beas-Zárate, C. (2019). Alfredo Ignacio Feria y Velasco. *In memoriam* [Obituario]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 93-94.

El Dr. Alfredo Ignacio Feria y Velasco, hijo del Sr. Alfredo Feria Feria y de la Sra. Rosa Velasco Pantoja nació en el Distrito Federal, México, el 13 de agosto de 1940 y falleció el 1 de agosto de 2017 en Guadalajara, Jalisco, México. Realizó sus estudios básicos en el Colegio Francés Hidalgo. Médico Cirujano egresado de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México con especialidad en Anatomía Patológica en el Centro Médico Nacional del Instituto Mexicano del Seguro Social, en el Hospital Penrose en Colorado Springs, CO, EE. UU. y el Hospital Montefiore-Morrisania de Nueva York, NY, EE. UU.

Este destacado científico realizó sus estudios de maestría en Neuroquímica en la Facultad de Química de la UNAM y de doctorado en Neurociencias en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, efectuó estudios de posdoctorado en Neuropatología Experimental en la Escuela de Medicina de la Universidad de Harvard, en Boston, MA, EE. UU.

Incansable académico, desarrolló líneas de investigación sobre el desarrollo del sistema nervioso central y bases morfofisiológicas de los mecanismos de producción de convulsiones. Durante su prolífera vida como investigador publicó 211 trabajos en revistas científicas arbitradas con circulación internacional, 247 comunicaciones breves, 80 capítulos en libros y es autor o coautor de cinco libros en su área de especialidad. El Dr. Feria y Velasco se desempeñó como docente de licenciatura y posgrado, dirigió 14 tesis de licenciatura, 21 de maestría en Ciencias y 16 de doctorado en Ciencias.



Dr. Alfredo Feria y Velasco.  
Fotografía proporcionada en 2016 por el Dr. Feria y Velasco al autor del presente.

Por su notorio trabajo científico y su participación en la formación de recursos humanos para la investigación, ingresó al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en 1984 como nivel II, fue en tres ocasiones consecutivas Investigador Nacional nivel III y en enero de 2008 fue reconocido como Investigador Nacional Emérito.

En su trayectoria logró formar investigadores que desarrollaron laboratorios de investigación en todo el occidente del país, en particular en los estados de Jalisco, Michoacán, Colima, Aguascalientes, Durango y Nayarit. Varios de sus estudiantes han logrado ser miembros del SNI en todos los niveles y con posiciones académico-administrativas importantes en diversas universidades.

Se destacó no solamente como científico, sino como excelente gestor, así fue director de la Unidad de Investigación Biomédica de Occidente del IMSS, titular de la subjefatura de Investigación Biomédica

\* Departamento de Biología Celular y Molecular, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez 2100, Nextipac, C. P. 44600, Zapopan, Jalisco, México. Correo electrónico: carlos.beas@academicos.udg.mx. ORCID: [orcid.org/0000-0002-2922-2868](https://orcid.org/0000-0002-2922-2868)

✉ Autor para correspondencia

del mismo instituto a nivel nacional, investigador y coordinador académico del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, director de la División de Ciencias Biológicas y Ambientales del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, coordinador de Investigación del CUCBA, y coordinador de Investigación y Posgrado de la Universidad de Guadalajara. Director del Centro de Instrumentación Transdisciplinaria y de Servicios (CITRANS, hoy ITRANS) de la Universidad de Guadalajara.

Su genuina vocación científica lo llevó a trabajar hasta el final en el estudio de las bases morfológicas del desarrollo del sistema nervioso central y los

mecanismos de producción de convulsiones y excitotoxicidad, como jefe del laboratorio de Neurobiología Celular del Departamento de Biología Celular y Molecular en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

Fue un gran académico, amigo, hombre probo de profundas conversaciones, cuyos dichos y chistes hacían su compañía entrañable, que degustaba una comida con buen vino sin faltar el Cardenal de Mendoza como digestivo; igual disfrutaba el momento con un estudiante que con un gran investigador, político o administrativo de alto nivel y, en todo proyecto a iniciar, al final siempre utilizó su frase célebre: "Hay que echarle cerebro".

## Del faro al foro: La imaginación novelesca frente a la imaginación teatral de Carmen Leñero

Leñero, C. (2016). *Del faro al foro: La imaginación novelesca frente a la imaginación teatral de Carmen Leñero* (ISBN: 978-607-02-79-86-7). Ciudad de México: UNAM.

Ximena Gómez-Goyzueta\*✉

Gómez-Goyzueta, X. (2019). *Del faro al foro: La imaginación novelesca frente a la imaginación teatral de Carmen Leñero* [Reseña de libro]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 95-96.

*Del faro al foro: La imaginación novelesca frente a la imaginación teatral* de Carmen Leñero ha sido publicado en 2016 por el Centro de Poética del Instituto de Investigaciones Filológicas de la UNAM, Ciudad de México (ISBN 978-607-02-79-86-7).

Se trata de un ensayo sobre los procesos de concepción, producción y recepción que están involucrados en dos perspectivas genéricas del ámbito de la creación verbal: la novela y el teatro. La autora, escritora de poesía, narración, teatro y ensayo, parte de un cuestionamiento sobre las pautas que se han utilizado durante el siglo XX y hasta ahora para clasificar los géneros literarios, y particulariza en los objetivos de su ensayo: reflexionar sobre elementos esenciales de las imaginaciones novelística y teatral para configurar una novela o una obra dramática, y las implicaciones de unos procedimientos artístico-verbales que tienen sentido porque están dirigidos a alguien más: el lector-espectador.

Para comenzar, ante un paradigma teórico que ha propuesto estas pautas de clasificación desde la immanencia del texto o desde su universo histórico-contextual, Leñero habla de "formas de imaginar y modelar simbólicamente el mundo" (p. 9) con base en una definición de género literario sugerida a partir de tres aspectos fundamentales: "a) Fruto de una manera peculiar de imaginar [...];

\* Departamento de Letras, Centro de las Artes y la Cultura, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Correo electrónico: ximenaggoizueta@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/000-0001-733-216>

✉ Autor para correspondencia



Portada del libro *Del faro al foro: La imaginación novelesca frente a la imaginación teatral* de Carmen Leñero.

b) Un modo de procesar y priorizar elementos de la ficción [...]; c) Una manera básica de vincularse con el receptor" (pp. 6-7).

Con base en esta idea tripartita, el ensayo discurre sobre la imaginación novelesca y la imaginación teatral en tres capítulos: I. Dos mundos de ficción: dos cabezas; II. Criaturas del lenguaje; III. La invitación al viaje. La prosa es plenamente ensayística, de una fluidez y una viveza que invitan al lector a ser partícipe activo de las reflexiones expuestas. La autora propone discurrir sobre aquellos elementos que se refieren al pensamiento novelesco y al pensamiento teatral como un modo de percibir e interrogar al mundo y las formas en que ese mundo adquiere sentido al estar orientado a un receptor. Este aprehenderá dicha visión desde un espacio y un tiempo intelectual y silencioso, en el que el encuentro se establece con el lenguaje verbal como intermediario en el caso de la novela; o desde un espacio y un tiempo específicos y efímeros, el del aquí y el ahora de la representación teatral, pero que también se construye desde el lenguaje verbal. Si bien ambos géneros presuponen un encuentro virtual con el receptor, hay entre ellos una forma distinta de concebirse, expresarse y, por tanto, de interpelar al receptor: la narratividad y la teatralidad.

Así, el Capítulo I, "Dos mundos de ficción: dos cabezas", propone una definición de "novela" y una de "pieza dramática" para plantear los límites entre una y otra en relación con las nociones de "narratividad" y "teatralidad". Es, por otro lado, un acierto muy interesante, el que la autora señale la importancia de esta delimitación para la reflexión crítica sobre la "hibridez" en los géneros, pues esto implica tener presente la postura actual de algunos artistas que crean a partir de la liminalidad

En el Capítulo II, "Criaturas del lenguaje", Leñero caracteriza la naturaleza de los personajes que habitan cada género a partir de su comportamiento distintivo, "relatar (como forma expresa del recuerdo) y escenificar (como forma de actualizar, de traer al presente lo que pasó o lo que podría pasar alguna vez" (p. 105). Mientras que, señala la autora, la novela se configura mediante un ente virtual, el narrador, presente o ausente de la ficción, que cuenta y despliega una historia que sucede y se extiende en un tiempo abismal, el teatro presenta al autor desdoblado en seres enmascarados que "dan a ver" un fragmento de vida condensado en un tiempo y un espacio, que son el de un presente infinito.

El Capítulo III, "La invitación al viaje", reflexiona sobre el efecto de la lectura o de la representación *in situ*, según el género en cuestión, como un fenómeno determinado por ese modo imaginativo de concebirse que, para cada género supone, a su vez, operaciones de percepción y cognición distintas y peculiares en el modo de recepción. El tiempo profuso y reflexivo de la novela hace profuso y complejo también el rostro de los personajes que la habitan. La representación teatral, por su parte, confronta al espectador en un acto de comunicación directa que evoca naturalmente la teatralidad de lo social.

Finalmente, Leñero cierra con un pequeño epílogo apuntando una idea que es, como ella misma dice, "recursiva y recurrente" a lo largo de su ensayo: sin un lector, sin un espectador, sin el espacio y el tiempo que lo configuran virtualmente en la imaginación del escritor al momento de concebir su obra, ya teatro, ya novela, estos actos artísticos de lenguaje no existirían. Así, la autora entrama la experiencia artística y la experiencia estética de la novela y el teatro como indisolubles en esta disquisición ensayística que puede dirigirse, igualmente al lector especializado, pero también a cualquier lector interesado y aficionado a estos géneros literarios.



## Política editorial de la revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*

*Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* es una revista arbitrada, científica y multidisciplinaria; editada y distribuida cuatrimestralmente por el Departamento de Apoyo a la Investigación, de la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Se editan tres números por año en versión impresa y electrónica (enero-abril, mayo-agosto, septiembre-diciembre).

La revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* contribuye con la difusión del conocimiento científico y tecnológico generado por investigadores de la región, nacionales y extranjeros mediante la publicación de artículos de investigación, revisiones científicas, notas científicas, reseñas de libros y obituarios, para fomentar la colaboración multidisciplinaria e interinstitucional que favorezca el desarrollo de la investigación, promueva la publicación de sus resultados y la formación de una cultura científica en la población lectora.

Tiene como objetivo principal difundir, comunicar y divulgar el conocimiento científico y tecnológico, así como promover el desarrollo de la investigación y la producción científica con estándares de calidad en el ámbito local, nacional e internacional a través de la publicación de artículos originales y de difusión.

Está dirigida a estudiantes de licenciatura, ingenierías y posgrados, profesionistas de las diversas disciplinas, profesores e investigadores y público interesado en la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Se distribuye en instituciones de educación superior, centros de investigación, bibliotecas, y organismos del sector público. Cuenta con convenios de intercambio bibliotecario, como: México-USA, COMPAB, REBCO y REMBA. A nivel internacional la revista se difunde por medio de los índices en los que está citada: Índice de Revistas de Divulgación Científica y Tecnológica del Conacyt, Actualidad Iberoamericana, IRESIE, LATINDEX, PERIÓDICA y REDALYC, y en las bases de datos: DIALNET, EBSCO, HELA, ULRICH'S Periodicals Directory e Informe Académico.

El primer número se publicó en el año de 1990 y hasta el momento se han editado más de 70. En su estructura considera tres secciones: 1) Editorial, que incluye el Directorio, un Consejo Editor, un Comité Editorial de distinguida trayectoria y el grupo editor. 2) Artículos científicos, inéditos y originales. 3) Reseñas de libros y obituarios, todos relacionados con las Ciencias Agropecuarias, Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias de la Salud, Ingenierías y Tecnologías, así como las Ciencias Económicas, Sociales y Humanidades.

La revista participa en la Declaración del Movimiento Internacional "Open Acces" con el fin de contribuir al aumento de la visibilidad, el acceso y la difusión de la producción científica, por ello, los autores y colaboradores de los artículos ceden a título gratuito a la revista los derechos de edición, reproducción, distribución y comunicación pública en el país y en el extranjero por medios impresos, electrónicos, óptico u otra tecnología incluyendo internet. Asimismo, aceptan que el trabajo que se presenta sea distribuido en acceso abierto, resguardando los derechos de autor bajo una licencia "Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional" (CC BY NC-SA).

### 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 original e inédita a la literatura científica. Solo se aceptan artículos escritos en idioma español y deberán contener todas las secciones estipuladas en esta guía, formateados correctamente. Deben seguir las reglas gramaticales y ortográficas de la lengua española. Todos los manuscritos serán evaluados por al menos dos especialistas o investigadores expertos de las diferentes áreas, pertenecientes a diversas instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional.

### Tipos de publicaciones

*Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* acepta artículos originales: de investigación, revisiones científicas y notas científicas; asimismo, reseñas de libros y obituarios; sin embargo, se da prioridad al primer género, de tal manera que integrará el 75% del contenido de cada número y el 25% corresponderá al segundo género.

**Artículo de investigación:** Informa los resultados de una investigación, cuyo tema queda comprendido en alguna de las áreas del conocimiento anteriormente indicadas y es de interés científico por su relevancia.

**Artículo de revisión científica:** Resume y analiza un tema científico de importancia, es una revisión de la literatura y del estado actual de un campo de investigación, que ofrece una evaluación crítica del tema.

**Nota científica:** Es un artículo corto de un tema relevante, novedoso y actual, de ciencia y tecnología que describe o explica un hallazgo y por su mérito científico ameritan una rápida publicación. Pueden incluirse resultados relevantes

que se quieren difundir de forma rápida y no detallada, con información concluyente, pero insuficiente para su análisis en extenso.

**Reseña de libro:** Narra o describe de manera breve y clara la evaluación o crítica constructiva de una obra literaria o científica que se ha publicado en los tres años anteriores a la fecha de publicación de la reseña.

**Obituario:** Describe la vida y obra de una persona fallecida con aportaciones relevantes a la ciencia.

### Estructura del contenido

#### Artículo de investigación

No deberá ser menor de cinco ni mayor de 20 cuartillas incluyendo las ilustraciones. En algunos casos se podrá acordar con el editor una extensión mayor, no sin antes valorar la importancia de dicha ampliación. Los manuscritos deberán incluir los siguientes elementos (si de acuerdo a la temática no es posible cumplirlo se deberá justificar, en su caso podrán aceptarse ensayos con una aportación crítica, analítica y documentada):

**Título.** Deberá ser breve y claro que refleje el contenido del trabajo. No exceder de 20 palabras, escrito en español y en renglón aparte, el título en inglés.

**Nombre(s) del/los autor(es).** Se presentará en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente de los coautores (sin grado académico), agregando al pie de primer página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y número de ORCID. Indicar quién es el autor para correspondencia.

**Resumen.** Deberá ser un sólo párrafo que sintetice el propósito del trabajo y reúna las principales aportaciones del artículo en un máximo de 150 palabras, sin subdivisiones y sin citas bibliográficas. Esta sección se iniciará con la palabra **Resumen** al margen izquierdo, con letras negritas y sin punto. Todo manuscrito debe incluir una versión en inglés del resumen (*abstract*).

**Palabras clave.** Incluir seis palabras clave relacionadas con el contenido del trabajo, separadas con punto y coma, escritas en español y su versión en inglés (*keywords*).

**Introducción.** Señalar en qué consiste el trabajo completo, objetivos, antecedentes, estado actual del problema e hipótesis.

**Materiales y Métodos.** Describir en forma precisa el procedimiento realizado para comprobar la hipótesis y los recursos empleados en ello.

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

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

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

**Agradecimientos.** Mencionar fuente de financiamiento o gratitud que el autor considere necesario.

**Referencias.** Todas las referencias citadas en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa. Se enlistarán las fuentes bibliográficas y páginas electrónicas consultadas en riguroso orden alfabético sin enumeración ni viñetas, con sangría francesa e interlineado doble.

Todos los artículos deberán apegarse al Manual de Publicaciones de la *American Psychological Association* (APA) 6<sup>ta.</sup> edición.

**Para libro.** Iniciar con el apellido del primer autor con mayúsculas y minúsculas, separándolo de la(s) inicial(es) del nombre con una coma. Si son varias iniciales, éstas se separan entre sí con un punto y un espacio. Se coloca un punto después de la última inicial de cada autor y una coma para separar el nombre del siguiente autor. Después del último autor se abre un paréntesis donde se coloca el año de la referencia citada, se cierra el paréntesis y se coloca un punto. Se escribe el título del libro con mayúsculas y minúsculas y cursivas. Se coloca entre paréntesis la edición usando número ordinal con la abreviatura *ed* y un punto al cierre del paréntesis. En caso de ser la primera edición se omitirá. A continuación la ciudad (si la ciudad en la que se encuentra la editorial no es muy conocida, se colocará el país también), dos puntos, espacio y el nombre de la editorial con mayúsculas y minúsculas, y punto final. Aquí se presenta el formato de diversas publicaciones con diferente número de autores.

#### Formato de libro con un autor:

Apellido1 Apellido2 de autor, X. (Año). *Título de libro*. Ciudad: Editorial.

#### Formato de libro con número de edición y con un autor:

Apellido1 Apellido2 de autor, X. (Año). *Título de libro* (0<sup>ª</sup> ed.). Ciudad: Editorial.

#### Formato de libro con dos autores:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, X., & Apellido1 Apellido2 de Autor2, Y. (Año). *Título de libro* (0<sup>ª</sup> ed.). Ciudad: Editorial.

#### Formato de libro con tres a siete autores:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, V., Apellido1 Apellido2 de Autor2, W., Apellido1 Apellido2 de Autor3, X., Apellido1 Apellido2 de Autor4, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor5, Z. (Año). *Título de libro* (0<sup>ª</sup> ed.). Ciudad: Editorial.

En caso de haber un libro con ocho o más autores, se colocan los primeros seis autores igual que en los libros con siete o menos autores, inmediatamente puntos suspensivos, coma, y el último autor. El año, título, ciudad y editorial se colocan igual que en libro con menos de ocho autores.

En referencias de origen anglosajón es usual que autores tengan su nombre normalizado con un solo apellido, lo cual facilita su búsqueda en índices. Algunos autores de origen latino, por otra parte, en ocasiones colocan su nombre con ambos apellidos unidos por un guion, con el mismo motivo. Se tratará de respetar este aspecto dentro de lo posible.

#### Formato de libro editado:

Apellido1 Apellido2 de Editor1, X., & Apellido1 Apellido2 de Editor2, Y. (Eds.). (Año). *Título de libro editado*. Ciudad: Editorial.

#### Formato de capítulo en libro editado:

Apellido1 Apellido2 de autor de capítulo, X. (Año). Título de capítulo de libro editado. En X. Apellido1 Apellido2 de Editor (Ed.), *Título de libro editado* (pp. 000-111). Ciudad: Editorial.

**Para artículo científico en publicación periódica.** Para autores y año de publicación es igual que para libro; de ser revista mensual, se incluirá el mes antes del año. Después se coloca el título del artículo empleando mayúsculas y minúsculas y redondas. Punto. Nombre de la revista o publicación con mayúsculas y minúsculas y cursivas, coma, volumen con cursivas, número de publicación entre paréntesis, coma, espacio y número de primera y última página del artículo separadas por guion y punto final.

#### Formato de artículo en publicación periódica:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, W., Apellido1 Apellido2 de Autor2, X., Apellido1 Apellido2 de Autor3, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor4, Z. (Año). Título del artículo. *Nombre de revista*, 0(1), 000-111.

#### Formato para artículo de periódico:

Apellido1 Apellido2 de Autor, X. (día de mes de año). Título de artículo o nota. *Nombre de periódico*, pp. X0, X1.

**Para sitio de Internet.** Este tipo de referencias deben ir en orden alfabético en la misma lista que las referencias consultadas para realizar el documento. Se sigue el mismo proceso que para las versiones impresas, pero en las referencias electrónicas se incluye la clave conocida como DOI (digital object identifier, por sus siglas en inglés), que significa identificador digital de objetos, aunque no todas las publicaciones electrónicas cuentan con uno. De contar con DOI, es suficiente con colocarlo después de la editorial, en caso de ser libro; o después de las páginas Recuperado de, en caso de publicación periódica, para

una adecuada recuperación de los datos. Si no se tiene DOI, se coloca el URL (uniform resource locator, por sus siglas en inglés) o localizador uniforme de recursos, al que se conoce como enlace electrónico.

Ejemplo de URL:

<http://www.crossref.org/02publishers/glossary.html>

Al trabajar con un enlace electrónico en un documento de texto, es importante tener la casilla de guiones inactiva en el procesador. También lo es copiar el URL de la ventana de dirección del navegador y pegarlo en el documento para una correcta recuperación de los datos. Tanto el DOI como el URL deben colocarse sin agregar ningún punto final, aunque sean la parte última de la referencia, ya que ello puede dar lugar a confusión en el rastreo de los datos.

Ejemplo de DOI:

10.1037/0278-6133.27.3.379

#### Formato de libro electrónico con DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor, X. (Año). *Título de libro*. doi: 00.0000/0-000-00000-0

#### Formato de libro electrónico sin DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor, X. (Año). *Título de libro*. Recuperado de <http://www.xxxxx.xxx.xxx/xxxx/XXXX.xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx0xxxx0xxx00000>

#### Formato para publicación periódica electrónica con DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, X., Apellido1 Apellido2 de Autor2, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor3, Z. (Año). Título del artículo. *Nombre de la revista electrónica*, 0(1), 000-111. doi: xx.xxxxxxxxx

#### Formato para publicación periódica electrónica sin DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, X., Apellido1 Apellido2 de Autor2, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor3, Z. (Año). Título del artículo. *Nombre de la revista electrónica*, 0(1), 000-111. Recuperado de <http://www.xxxxxxx>

#### Periódico en línea:

Además de la información para periódico impreso mencionada en esta guía, agregar Recuperado de y el enlace electrónico.

#### Formato para una película:

Apellido1 Apellido2 de Productor, X. (Productor), & Apellido1 Apellido2 de Director, Y. (Director). (Año). *Título de la película* [Película]. País de origen: Estudio.

#### Formato para una fotografía recuperada en línea:

Apellido1 Apellido2 de Fotógrafo, X. (Año). *Título de fotografía* [Fotografía]. Recuperado de <http://www.www>

**Si no se tiene el autor:**

Título de la fotografía [Fotografía]. (Año). Recuperado de <http://www.www.www>

**Si no se tienen tampoco título ni fecha:**

[Imagen de xxxx]. Recuperado de <http://www.www.www>

Para mayor detalle se recomienda consultar los lineamientos del manual de publicaciones de la APA (*American Psychological Association*). Se pueden revisar en

Tovar Sosa, M. A. (Dir. ed.). (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association*. Versión abreviada (2ª. ed., trad. de la 6ª. en inglés M. Guerra Frías). México: Editorial El Manual Moderno.

Para las citas a lo largo del documento se recomienda la siguiente guía.

Cuando el o los nombres de los autores forman parte de la redacción; es decir, están incluidos en la acción, se colocan los autores unidos con la conjunción "y", posteriormente se coloca el año entre paréntesis. Ejemplo: Domínguez Márquez y Johns (2009) descubrieron que las partículas se movían hexagonalmente. En la siguiente tabla se encuentra el formato para este tipo de cita.

Número de autores	Primer mención de autor(es) dentro de la redacción	Siguientes menciones dentro de la redacción
Un autor	Apellido(s) de Autor (año)	Apellido(s) de Autor (año)
Dos autores	Apellido(s) de Autor1 y Apellido(s) de Autor2 (año)	Apellido(s) de Autor1 y Apellido(s) de Autor2 (año)
Tres a cinco autores	Apellido(s) de Autor1, Apellido(s) de Autor2, de Autor3, de Autor4 y de Autor5 (año)	Apellido(s) de Autor1 et al. (año)
Seis autores en adelante	Apellido(s) de Autor1 et al. (año)	Apellido(s) de Autor1 et al. (año)

Por otra parte, cuando el o los nombres de los autores no forman parte de la redacción; es decir, están excluidos de la acción, se colocan tanto los autores como el año dentro del paréntesis, separados por una coma. Ejemplo: Otros autores han descubierto que las partículas se movían hexagonalmente (Domínguez Márquez, & Johns, 2009). En la siguiente tabla se encuentra el formato para este tipo de cita.

Número de autores	Primer mención de autor(es) fuera de la redacción	Siguientes menciones fuera de la redacción
Un autor	(Apellido[s] de Autor, año)	(Apellido[s] de Autor, año)
Dos autores	(Apellido[s] de Autor1 & Apellido[s] de Autor2, año)	(Apellido[s] de Autor1 & Apellido[s] de Autor2, año)
Tres a cinco autores	(Apellido[s] de Autor1, Apellido[s] de Autor2, de Autor3, de Autor4, & de Autor5, año)	(Apellido[s] de Autor1 et al., año)
Seis autores en adelante	(Apellido[s] de Autor1 et al., año)	(Apellido[s] de Autor1 et al., año)

**Tablas y Figuras.** Deberán encontrarse insertadas en el lugar que les corresponde a lo largo del artículo, se identificarán consecutivamente con números arábigos y cada una deberá ser mencionada pertinentemente dentro del texto.

En cuanto a las tablas, su orientación será vertical. Deberán tener título breve pero explicativo en la parte superior utilizando mayúsculas y minúsculas, así como la fuente de donde se obtuvieron al pie de las mismas. Se suprimirán los filetes verticales. Cada tabla deberá, además de estar incluida en el documento, ser enviada aparte en el formato original en el que fue creada (Word, Excel, por ejemplo). Se evitará enviar tablas creadas en formato de imagen o pdf.

Con respecto a las figuras, se consideran como tales tanto gráficas, como fotografías, mapas, planos, dibujos, etc., se utilizarán mayúsculas y minúsculas con tipografía Century Gothic 8-10 pts. en su elaboración. Se deberá explicar en un texto al pie de la imagen, claro pero breve, el contenido de cada una, así como la fuente de donde se obtuvo. El tamaño máximo de cada figura incluyendo texto al pie será de 12 cm de longitud y 16 cm de ancho, el mínimo permitido será de 6 cm de longitud y 8 cm de ancho. Los dibujos o esquemas deberán estar en original y tener una calidad mínima de 300 ppp. o al menos 5 megapíxeles con formato tiff, eps o jpg.

Además de las gráficas, mapas, planos, etc., que pueda contener, el artículo deberá incluir por lo menos una fotografía con texto al pie breve pero explicativo, e incluir todas las características referidas en esta guía.

Para especificar la fuente tanto en tablas como figuras, en caso de ser de su autoría, se colocará la leyenda "Elaboración propia" al pie de cada tabla o figura. De no ser así, es responsabilidad del autor contar con el permiso para tomar o adaptar información, así como colocar la fuente de donde se tomó o adaptó la misma con la leyenda "Tomada de..." o "Adaptada de...", según corresponda, e incluir dicha referencia en el apartado correspondiente, para tener un cruce de referencias completo.



*Ecuaciones o símbolos matemáticos.* En caso de que el artículo contenga ecuaciones o símbolos matemáticos que pudiesen perderse en el proceso de edición, se enviarán, además del archivo en Word, el mismo documento en formato pdf con cada ecuación o símbolo señalados y otro archivo también en pdf, que contenga únicamente las ecuaciones.

#### **Identificación de archivos de imagen para envío:**

Para el envío de archivos de figuras, el o los archivos deberán estar nombrados con la expresión Fig, sin espacio el número consecutivo y sin espacio una o máximo dos palabras identificatorias del artículo, sin acentos, puntos ni guiones, con la finalidad de lograr una mayor fluidez en el proceso de edición.

Ejemplo:

Fig1Nanotubos

Fig2EspecieMarina

#### **Artículo de revisión científica**

No deberá ser menor de cinco ni mayor a 20 cuartillas, considerando figuras y tablas insertadas dentro del documento. Debe incluir título en español y en inglés; Nombre(s) del/los autor(es). Se presentará en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente de los coautores (sin grado académico), agregando al pie de primer página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID. Indicar quién es el autor para correspondencia; resumen en español y en inglés (abstract) y palabras clave en español y en inglés (keywords); texto del artículo considerando: introducción al tema (incluyendo por qué el problema es de interés), desarrollo del trabajo con una discusión académica, conclusión y un apartado de referencias. El contenido del artículo puede estar subdividido cuidando que exista una conexión entre los apartados. Las referencias, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación.

#### **Nota científica**

No deberá ser mayor a cinco cuartillas. Debe incluir título en español y en inglés; Nombre(s) del/los autor(es). Se presentará en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente de los coautores (sin grado académico), agregando al pie de primer página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID. Indicar quién es el autor para correspondencia; resumen en español y en inglés (abstract) y palabras clave en español y en inglés (keywords). El texto deberá escribirse de continuo y sin espacio extra entre los párrafos. Las referencias, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación.

#### **Reseña de libro**

No deberá ser mayor a dos cuartillas, con la imagen de la portada ya insertada. Debe incluir identificación del autor y su obra: nombre del autor, título de la obra, lugar de publicación, editorial, fecha de edición, ISBN y número de páginas; resumen o descripción del texto o contenido, señalando las partes en que está integrado, crítica y conclusión, literatura, fotografías, ilustraciones o gráficas y otros recursos o datos relevantes que lo particularizan como exponente y autoridad en la materia. Se enviará, aparte del archivo de texto, los datos del autor (nombre completo), adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID, así como, un archivo JPG con la portada del libro en la edición reseñada.

#### **Obituario**

No deberá ser mayor a dos cuartillas, considerando ya la fotografía ilustrativa dentro del texto. Deberá incluir los datos del autor (nombre completo), adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID; texto del artículo con una introducción que incluya nombre de la persona recordada, fecha y lugar de nacimiento y muerte, una breve biografía, aportaciones científicas y académicas relevantes en la ciencia y una reflexión. También es importante que el autor envíe aparte el archivo jpg con buena resolución de la fotografía en donde aparezca solamente el científico aludido para ilustrar el documento. Deberá colocar la autoría de dicha imagen o la fuente de donde se obtuvo.

#### **Características de la revisión de artículos**

1. El editor se reserva el derecho de devolver a los autores los artículos que no cumplan con los criterios para su publicación.
2. El proceso de dictamen se llevará a cabo siguiendo un orden, de acuerdo con la fecha de recepción. El tiempo estimado del proceso de evaluación y aceptación es de 6 meses.
3. La revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, utiliza el software TURNITIN para detectar coincidencias y similitudes entre los textos sometidos a evaluación en la revista y los publicados previamente en otras fuentes. Los resultados son enviados al autor.
4. Todos los trabajos son sometidos a un proceso de dictamen por pares académicos (especialistas) a doble ciego a cargo de la Cartera de Árbitros que integra la revista, la cual está compuesta por miembros del SNI o investigadores expertos en el área pertenecientes a instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional. Cada trabajo es revisado por al menos dos evaluadores, especificando en el dicta-

- men si se acepta el artículo intacto, con modificaciones o si definitivamente se rechaza. En caso de contar con resultados discrepantes, se enviará el trabajo a un tercer evaluador, cuyo resultado será definitivo.
5. El editor dará a conocer al autor contacto el resultado del arbitraje a través del formato "Observaciones"; si el trabajo es aceptado con modificaciones, el autor deberá atenderlas en un plazo no mayor a 10 días hábiles y enviará nuevamente al editor el original y el archivo electrónico del artículo junto con un **archivo de respuesta a dichas observaciones** en formato Word. El archivo consiste en una explicación detallada de las modificaciones realizadas tomando en cuenta todas y cada una de las observaciones señaladas por los evaluadores. Se deberá incluir el comentario del evaluador y correspondiente acción o respuesta del autor. No es necesario incluir en este archivo las anotaciones realizadas por los evaluadores sobre el artículo.
  6. Cuando el autor demore más de 30 días en responder a las sugerencias de los evaluadores, el artículo no será considerado para publicarse en el siguiente número de la revista.
  7. El editor informará al autor contacto, en su caso, el avance de su trabajo en el proceso de dictaminación, el rechazo, o la fecha de publicación del mismo.
  8. La revista se reserva el derecho de adelantar o posponer los artículos aceptados con el fin de dar una mejor estructura a cada número de acuerdo a la política editorial.
  9. Una vez que el artículo haya sido aceptado, pasará a una revisión de estilo y formato, para su versión definitiva. Se enviarán pruebas de impresión en formato Word al autor para correspondencia y serán devueltas al editor dos días después de haber sido recibidas. Si las pruebas no se entregan a tiempo, el artículo se publicará sin las correcciones correspondientes.
  10. Los artículos presentados son responsabilidad total del autor (o los autores) y no reflejan necesariamente el criterio de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, a menos que se especifique lo contrario.
6. Abreviaturas: Escribir el término completo la primera vez que se usa y seguirlo con la abreviatura entre paréntesis.
  7. Las expresiones matemáticas deben estar escritas claramente y se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades. Asimismo, los conceptos y términos científicos y técnicos deberán escribirse de forma clara y precisa.
  8. Es importante que la información se condense dentro del texto principal y utilizar alguna nota al pie solo para fortalecer los planteamientos del artículo. La nota debe transmitir solo una idea evitando ecuaciones o párrafos complejos.
  9. Sugerir por lo menos tres posibles evaluadores para la revisión de su trabajo. La selección final de revisores será responsabilidad del editor.
  10. Los autores tendrán derecho a recibir cinco ejemplares de la versión impresa. No se tienen costos por publicación.

### Especificaciones de envío

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido que anteriormente se han especificado.

El envío del artículo puede realizarse mediante dos vías:

- a) **Mensajería o entrega personal** en la Dirección General de Investigación y Posgrado, en un sobre cerrado dirigido a María del Carmen Martínez Serna, editora de la revista, el cual deberá contener artículo impreso, archivos del artículo e ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor para correspondencia.
- b) **Correo electrónico** dirigido a la editora de la revista, a través de [revistaiyc@correo.uaa.mx](mailto:revistaiyc@correo.uaa.mx) que contenga archivos adjuntos (*attachment*) con el artículo, las ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor para correspondencia.

Es importante que el autor conserve una copia de los archivos y de la impresión enviada.

### Colaboración e informes

#### Revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes

Universidad Autónoma de Aguascalientes  
 Dirección General de Investigación y Posgrado  
 Departamento de Apoyo a la Investigación  
 Av. Universidad núm. 940, C.U.,  
 Edificio Académico-Administrativo, piso 5  
 C. P. 20131, Aguascalientes, Ags., México  
 Teléfono (449) 910 74 00 Ext. 34113  
 Correo electrónico: [revistaiyc@correo.uaa.mx](mailto:revistaiyc@correo.uaa.mx)  
[investigacion.uaa.mx/Revistaiyc](http://investigacion.uaa.mx/Revistaiyc)

### Indicaciones para los autores

1. El escrito se enviará en formato Word y en formato pdf en hoja tamaño carta.
2. Tipografía para texto: Arial en 12 pts. Tipografía para figuras: Century Gothic 10 pts.
3. Justificación: Completa, no utilizar sangría al inicio de párrafos.
4. Márgenes: Superior e inferior 2.5 cm.; izquierdo y derecho de 3 cm.
5. Espacio: Doble.