

DIGITAL CIENCIA@UAQRO

ISSN: 2395 - 8847

VOLUMEN 12 NÚMERO 2

JULIO - DICIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO





Presentación

La revista Digital Ciencia@UAQRO cumple, este mes de Diciembre, 12 años de actividad. Es grato colaborar con su noble misión, proporcionar un espacio para que profesores, investigadores y estudiantes puedan divulgar el resultado de su labor académica.

El Número 2 del Volumen 12 cumple con el propósito de ser multidisciplinaria, como se observa en su contenido, cuatro artículos derivan de la reunión de la Red Temática CONACyT: Biología, Manejo y Conservación de Fauna Nativa en Ambientes Antropizados (REFAMA). Estos artículos tratan sobre aves, hormigas, murciélagos y damiana. Todos ellos indican cómo viven estos animales y plantas en ambientes antropizados y nos hacen ver de qué manera se puede llegar a respetar el hábitat de los mismos aún cuando el hombre se ha asentado en parte de su hábitat original.

Tres de los artículos tratan sobre la producción de biocombustibles. Los dos primeros hacen ver la importancia de los combustibles renovables o biocombustibles como alternativa a los combustible fósiles. En el primero se hace un recuento de las materias primas, su origen y la conveniencia de su uso para la producción de los mismos. El segundo se enfoca en los procesos de producción de combustibles para diversos tipos de transporte, así como las ventajas o desventajas del uso de los mismos. En el tercer artículo se presenta la conveniencia del uso de combustibles sólidos producidos a partir de residuos agroindustriales. Esto permite contar con una alternativa al uso de combustibles fósiles, cuya materia prima se agota continuamente.

Dos de los artículos tratan sobre alimentos. El artículo “Método para la medición de dureza del grano de maíz” es una revisión sobre las técnicas usadas tradicionalmente y las técnicas desarrolladas últimamente para este fin. La dureza del grano de maíz es importante para definir el uso al que se destina. Un grano suave puede ser conveniente para destinarlo a la elaboración de atoles mientras que un grano duro es apropiado para la elaboración de harinas nixtamalizadas. El artículo “Evaluación de los parámetros de textura sensoriales e instrumentales durante el desarrollo de un prototipo de alimento para personas de la tercera edad” trata, como su nombre lo indica, de la evaluación de esta característica sensorial tan importante, en especial para las personas para quienes se diseñó este alimento, ya que la integridad dental se deteriora conforme la edad avanza y la textura de los alimentos de su dieta debe ser diferente a la de los alimentos incluidos en la dieta de los jóvenes.

“El recetario de cocina del periódico Excélsior 1943 como fuente primaria singular para la historia de la cocina mexicana” es un artículo que nos transporta al México de la postguerra. Nos permite ver no únicamente el tipo de alimentos que el ama de casa preparaba en esa época sino también las políticas de alimentación que diferentes países establecieron durante ese difícil período.

El artículo “El litigio por enfermedad de la esclava Juana de la Cruz (Querétaro, 1718)” nos muestra la existencia de la esclavitud en esta ciudad, así como las costumbres sociales sanitarias y legales que existían en la época novohispana.

Como puede observarse, la gama de temas es amplia y proporciona la oportunidad de atender al significado original de la palabra Universidad o Universitas, formada por los elementos unus, una unum, y verto, vertere, versum, que expresa una visión globalizadora de toda la realidad. Hacia fines del siglo XIV, la palabra empezó a usarse, con el significado que tiene en la actualidad. Así, la revista Digital Ciencia@UAQRO proporciona al lector la oportunidad de esta amplia visión de toda la realidad.

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña





Índice

REVISTA DIGITAL CIENCIA @UAQRO

NÚMERO 2 VOLUMEN 12

EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL TRABAJO ACADÉMICO: EXPERIENCIAS CON BASE EN LAS AVES SILVESTRES

*ENVIRONMENTAL EDUCATION IN THE ACADEMIC WORK: EXPERIENCES WITH
WILD BIRDS*

Alejandro Meléndez-Herrada

14 - 22

HORMIGAS (Himenoptera Formicidae) DEL BOSQUE LOS COLOMOS, GUADALAJARA, JALISCO, MÉXICO

*ANTS (Himenoptera Formicidae) OF BOSQUE LOS COLOMOS, GUADALAJARA,
JALISCO, MEXICO*

Miguel Vázquez-Bolaños, Ana Laura González-Hernández y Georgina Adriana
Quiroz-Rocha

23 - 27

¿MURCIÉLAGOS EN MI CIUDAD? CONSEJOS Y REFLEXIONES PARA CONVIVIR CON ELLOS

BATS IN MY CITY? TIPS AND CONSIDERATIONS TO COEXIST WITH THEM

Romeo A. Saldaña-Vázquez, Daniel Ferreyra-García y Guillermo Vázquez-Domínguez

28 - 32

ANÁLISIS DE APTITUD PARA EL CULTIVO DE DAMIANA (TURNERA DIFFUSA. WILL. EX SCHULT; PASSIFLORACEAE) EN EL ESTADO DE QUERÉTARO, MÉXICO

*Damiana (Turnera diffusa. Will. Ex Schult; Passifloraceae) crop suitability analysis
in the Queretaro state, Mexico*

Puga-Guzmán Paola, Luna-Soria Hugo, Magallán-Hernández Fabiola

33 - 40

PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN MÉXICO. PARTE 1. MATERIAS PRIMAS

PRODUCTION OF BIOFUELS IN MEXICO. PART 1. RAW MATERIALS

Fernando Israel Gómez-Castro, Claudia Gutiérrez-Antonio, Salvador Hernández,
Carolina Conde-Mejía, Antioco López-Molina y Ricardo Morales-Rodríguez

41 - 50

**PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN MÉXICO. PARTE 2.
PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y ÁREAS DE OPORTUNIDAD**

PRODUCTION OF BIOFUELS IN MEXICO. . PART 2. PRODUCTION PROCESSES AND OPPORTUNITY AREAS

Fernando Israel Gómez-Castro, Claudia Gutiérrez-Antonio, Salvador Hernández, Carolina Conde-Mejía, Antioco López-Molina y Ricardo Morales-Rodríguez

51 - 60

**BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS: UNA ALTERNATIVA
ECONÓMICA Y SOSTENIBLE PARA LA GENERACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO**

BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS: UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA Y SOSTENIBLE PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO

Inés María Ríos-Badrán, Iván Luzardo-Ocampo, José Sandos-Cruz, Juan Fernando García-Trejo y Claudia Gutiérrez-Antonio

61 - 66

**MÉTODOS PARA MEDIR LA DUREZA DEL
GRANO DE MAÍZ: REVISIÓN**

METHODS FOR THE MEASUREMENT OF MAIZE GRAIN HARDNESS: REVIEW

Wendy Arriaga-Pérez, Marcela Gaytán-Martínez y María L. Reyes-Vega

67 - 78

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TEXTURA
SENSORIALES E INSTRUMENTALES DURANTE EL
DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE ALIMENTO PARA
PERSONAS DE LA TERCERA EDAD**

EVALUATION OF SENSORY AND INSTRUMENTAL TEXTURE PARAMETERS DURING THE DEVELOPMENT OF A FOOD PROTOTYPE FOR PEOPLE OF THE THIRD AGE

Guadalupe Dorantes-Aspeitia y Margarita Contreras-Padilla

79 - 86

**EL RECETARIO DE COCINA DEL PERIÓDICO EXCÉLSIOR
1943 COMO UNA FUENTE PRIMARIA SINGULAR PARA
LA HISTORIA DE LA COCINA MEXICANA**

THE EXCÉLSIOR 1943 COOKBOOK AS A UNIQUE PRIMARY SOURCE FOR THE HISTORY OF MEXICAN CUISINE

Rosa María Martínez-Pérez

87 - 98

**EL LITIGIO POR ENFERMEDAD DE LA ESCLAVA JUANA
DE LA CRUZ (QUERÉTARO, 1718)**

THE LITIGATION FOR DISEASE OF THE SLAVE JUANA DE LA CRUZ (QUERETARO, 1718)

Amanda Hernández-Puga y Jesús Gabriel Sánchez-Campa

99 - 101

Comité Editorial

Ciencias Físico Matemáticas

Dr. Gilberto Herrera Ruiz

Facultad de Ingeniería UAQ

Dr. Eusebio Jr. Ventura Ramos

Facultad de Ingeniería UAQ

Dra. Teresa Guzmán Flores

Facultad de Informática UAQ

Dr. Enrique González Sosa

Facultad de Ingeniería UAQ

Ciencias de Psicología y Pedagogía

Dra. Evelyn Diez-Martínez

Facultad de Psicología UAQ

Dr. Martín Mora Martínez

Universidad de Guadalajara

Dra. Ma. del Carmen Colín Cabrera

Facultad de Psicología UAQ

Dra. Raquel Ribeiro Toral

Facultad de Psicología UAQ

Dra. Pamela Garbus

Facultad de Psicología UAQ

Ciencias Socio Políticas

Dr. Gabriel Muro González

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UAQ

Dra. Sulima del Carmen García Falconi

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UAQ

Dra. Ana Elisa Díaz Aldret

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UAQ

Ciencias Químico Biológicas

Dra. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Facultad de Química

Dr. Fernando Chiang Cabrera

Instituto de Biología, UNAM

Dra. Mahinda Martínez y Díaz de Salas

Facultad de Ciencias Naturales UAQ

Dr. Juan Campos Guillén

Facultad de Ciencias Naturales UAQ

Dra. Rosalía Reynoso Camacho

Facultad de Química UAQ

Ciencias Jurídicas

Dr. Juan Ricardo Jiménez Gómez

Facultad de Derecho UAQ

Dr. Cesar García Ramírez

Facultad de Derecho UAQ

Dr. Gerardo Porfirio Hernández Aguilar

Facultad de Derecho UAQ

Ciencias de la Salud

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz

Coordinación de Investigación Científica de la UNAM

Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca

Facultad de Ciencias Naturales UAQ

Dr. Leonardo Viniestra Velásquez

Centro Médico Nacional Siglo XXI

Dra. María Peña Rangel

Instituto de Neurobiología, UNAM

Dr. Elhadi Yahia Kazuz

Facultad de Ciencias Naturales UAQ

Dra. Olga Patricia García Obregón

Facultad de Ciencias Naturales UAQ

Dra. Ma. Alejandra Hernández Castañón

Facultad de Enfermería

Dr. Enrique Villareal Ríos

Facultad de Enfermería

Dr. Rubén Salvador Romero Márquez

Director de Servicios de Salud en el Estado de Querétaro

Agropecuarias

Dr. Aurelio Guevara Escobar

Facultad de Ciencias Naturales UAQ

Dra. Tercia C. Reis de Souza

Facultad de Ciencias Naturales UAQ

Dra. Rosalía Ocampo Velázquez

Facultad de Ingeniería UAQ

Ciencias Económico Administrativas

Dra. Graciela Lara Gómez

Facultad de Contaduría y Administración UAQ

Dra. Alejandra Elizabeth Urbiola Solís

Facultad de Contaduría y Administración UAQ

Dr. Jesús Alberto Pastrana Palma

Facultad de Contaduría y Administración UAQ

Humanidades

Dra. Ángela Moyano Pahissa

Facultad de Filosofía UAQ

Dr. José Ignacio Urquiola Permisán

Facultad de Filosofía UAQ

Dra. Cecilia del Socorro Landa Fonseca

Facultad de Filosofía UAQ

Dra. Cecilia López Badano

Facultad de Lenguas y Letras

Dra. Beatriz Garza González

Facultad de Lenguas y Letras UAQ

Dra. Valeria Bello

Facultad de Lenguas y Letras UAQ

Dra. María de los Ángeles Aguilar San Román

Facultad de Bellas Artes UAQ

Dr. Sergio Rivera Guerrero

Facultad de Bellas Artes UAQ

Directorio

Rectora

Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca

Secretaría académica

Dr. Aurelio Domínguez González

Secretaría de contraloría

M. en A.P. José Alejandro Ramírez Reséndiz

Secretaría administrativa

Mtro. Sergio Pacheco Hernández

Secretaría de FinanzaS

M. en I. Alejandro Jáuregui Sánchez

Secretaría de extensión universitaria

Dra. Teresa García Besné

Secretaría particular de rectoría

Mtro. Luis Alberto Fernández García

Dirección de investigación y posgrado

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Consejo editorial

Editor en Jefe

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Coordinación editorial

Dra. María de la Luz Reyes Vega

MATI Maura Jarubi Chávez López

WebmaSter

Mtro. Carlos Aníbal Alonso Castilla

Lic. Ramsés Jabín Oviedo Pérez

Diseño editorial

Coordinación de diseño e impresión

Lic. Gerson A. Cornihs Mendoza

La revista CIENCIA@UAQRO es una revista semestral editada y publicada por la Universidad Autónoma de Querétaro, Dirección de Investigación y Posgrado. C.U. Cerro de las Campanas S/N, Col. Las Campanas, C.P. 76010, Tel. (442) 192-13-12, http://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/, e-mail: ciencia@uaq.mx. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2014-062610323500-203, ISSN: 2395-8847, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este número Dirección de Innovación de Tecnologías de la Información DITIUAQ, M. en C. Jesús Martín Jaramillo Morales Flores, Centro Universitario Cerro de las Campanas s/n, Col. Las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, Qro., fecha de la última modificación 15 de diciembre de 2017.

El diseño de esta revista se financió con recursos de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial del contenido e imágenes de la publicación sin plena autorización de la Universidad Autónoma de Querétaro.

LATINDEX, sistema de Información sobre las revistas de investigación científica técnico-profesionales y de divulgación científica y cultural que se editan en los países de América Llatina, El Caribe, España y Portugal, No. 24506.





Normas Editoriales

DIGITAL CIENCIA@UAQRO es una revista multidisciplinaria electrónica. El idioma de publicación es el español con temas originales que podrán ser agrupados en alguno de los dos bloques:

- a. Ciencias Naturales y Exactas
- b. Ciencias Sociales y Humanidades

Revisión entre pares

Se invita a la revisión de un artículo a tres investigadores cuyo trabajo se relacione con el tema del artículo. Los nombres de los autores no son revelados a los revisores y viceversa. Se envía la invitación acompañada del resumen del artículo (sin nombres ni instituciones de adscripción). Este proceso de evaluación anónimo protege a los autores y a los revisores de todo prejuicio. Una vez que los árbitros aceptan la invitación para ser revisores, se envía el manuscrito, anónimo para que sea examinado a fondo. Los revisores envían el dictamen y sugerencias posibles cambios o una recomendación firme sobre la conveniencia de publicar o no el artículo.

Sólo se recibirán los originales que cumplan con las normas editoriales señaladas, que sean originales e inéditas y que se estén postulando exclusivamente en este medio, y no en otro más, simultáneamente. El Editor acusará de recibidos los originales que serán enviados al Comité Editorial para su dictamen y en un plazo no mayor de tres meses comunicará a los interesados si el trabajo ha sido aceptado para su publicación.



Información Para Los Autores

- DIGITAL CIENCIA@UAQRO es una revista multidisciplinaria electrónica. El idioma de publicación es el español. En ella se publican artículos de investigación o de revisión, con temas originales, que podrán ser destinados a uno de los siguientes bloques:
 - a. Ciencias Naturales y Exactas
 - b. Ciencias Sociales y Humanidades
- Sólo se recibirán artículos originales que cumplan con las normas editoriales señaladas.
- Los artículos serán enviados al Comité Editorial para su dictamen y en un plazo no mayor de tres meses se comunicará a los interesados si el trabajo ha sido aceptado para su publicación.

Para consultas o ayuda escriba a: ciencia@uaq.mx

Guía para los autores

Antes de enviar un manuscrito a la Revista DIGITAL CIENCIA@UAQRO, verifique que su documento cumpla con los requisitos de la revista. Esto evitará correcciones de formato y agilizará el proceso de evaluación.

La revista publica artículos derivados de investigaciones concluidas o de reflexiones que traten sobre las temáticas convocadas, que no estén siendo sometidos en otras revistas y que sean inéditos.

El texto debe estar escrito en español, correctamente. El texto del manuscrito se divide en secciones numeradas; deben numerarse también las páginas y las líneas. El texto deberá escribirse a doble espacio. Se requiere un dictamen ético cuando la investigación a la que se refiere el artículo la haya requerido. Si el artículo incluye Tablas y/o Figuras, estas deben presentarse por separado, en formato jpg ó tif en 300 dpi. Todas las fuentes relevantes, tales como artículos, capítulos de libros, libros, páginas web, entre otros, deben incluirse en la lista de Referencias. Debe prepararse una Hoja Frontal en la cual se introduzca el artículo explicando la novedad de la investigación mediante “Aspectos Interesantes” que identifiquen los logros obtenidos en su trabajo y lo expliquen en pocas palabras. Deben presentarse de 3 a 5 frases, de 85 caracteres cada una.

Lista de verificación

Esta lista asegura al autor que su manuscrito cumple con los requerimientos, antes de su envío.

- Los autores deben asegurarse de la novedad del artículo y de que éste no haya sido publicado – ver “Responsible research publication: international standards for authors” en el siguiente enlace: http://publicationethics.org/files/International%20standards_authors_for%20website_11_Nov_2011_0.pdf
- Consentimiento ético, cuando este sea necesario.

Información para los autores

- Extensión: No deben contener menos de 10 ni más de 20 páginas, incluyendo Tablas y Figuras.
- Página del título: Contiene el título del artículo, los nombres de los autores, sus afiliaciones, correos electrónicos y el teléfono del autor principal. Los nombres de los autores deben escribirse en el siguiente orden: Nombre Apellidos (los apellidos, separados por un guión), ejemplo: María Soledad CARREÓN-LÓPEZ – esto asegura que se enlisten correctamente en los servicios de indización.
- Primera página: “Aspectos Interesantes”: de 3 a 5 enunciados. De máximo 85 caracteres cada uno.
- Las páginas deben numerarse consecutivamente, excepto la Página del Título y la Hoja Frontal (que contiene los “Aspectos Interesantes”).
- También deben numerarse consecutivamente las líneas de las páginas numeradas. La numeración de las líneas debe ser consecutiva desde la primera hasta la última página.
- El manuscrito debe contener una declaración de ausencia de Conflicto de Intereses. Esta debe situarse antes de la Referencias.
- El manuscrito debe contener, si es necesario, la aprobación ética y el consentimiento informado.
- El manuscrito debe proporcionarse como un archivo Microsoft Word.
- Deben proponerse tres o más revisores (incluyendo afiliación y correo electrónico institucional), al menos dos de ellos deben ser de instituciones externas a la Universidad de adscripción del autor.

Tipos de artículos

1. Artículo de investigación: Es un artículo que relata una investigación completa que no ha sido publicada anteriormente. No debe exceder 7,500 palabras de Introducción a Conclusión (sin incluir referencias). Debe contener un máximo de 6 Tablas y Figuras, combinadas. No debe exceder de 40 referencias. Si fuera absolutamente necesario exceder de estos límites (tablas, figuras, referencias), por favor contacte al Coordinador de la Revista antes de enviarlo.
2. Artículo de revisión: Debe tratar sobre un tópico interesante. Normalmente se enfoca a la literatura publicada durante los cinco años previos. No debe exceder de 10,000 palabras, de Introducción a Conclusión (sin incluir referencias). Debe contener un máximo de 6 Tablas y Figuras, combinadas. No debe exceder de 120 referencias. Si fuera absolutamente necesario exceder de estos límites (tablas, figuras, referencias), por favor contacte al Coordinador de la Revista antes de enviarlo.

Preparación del manuscrito

GENERAL: Los manuscritos deben prepararse en Microsoft Word, a doble espacio, con márgenes de 2.5 cm (superior, inferior, lateral derecho e izquierdo), con fuente Arial 12 puntos. Los editores se reservan el derecho de ajustar el estilo para obtener uniformidad.

ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO: Se debe seguir el siguiente orden: Título, Autores, Afiliaciones, Resumen, Palabras clave, Texto principal (Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Conclusión), Agradecimientos, Apéndice, Conflicto de intereses, Referencias, Títulos de Figuras y Tablas. El autor que recibe la correspondencia debe identificarse con un asterisco y un pie de nota. Todos los otros pies de página se identificarán con números arábigos superíndices (ejemplo: texto¹, 1pie de página). El título del artículo no debe ser ambiguo y debe reflejar su contenido.

TÍTULO: Conciso e informativo. Los títulos se usan en sistemas de recuperación de información. Deben evitarse las abreviaturas y las fórmulas.

AUTORES Y AFILIACIONES: En la línea enseguida del título, anotar los nombres y apellidos completos de cada autor y confirmar que estén escritos correctamente. Asegúrese de escribir primero el nombre o nombres con minúsculas y en segundo término el apellido con mayúsculas; si son dos apellidos, sepárelos por un guión (Ejemplo: José Alberto MUÑOZ-BUENROSTRO) –esto asegurará que se enlisten correctamente en los servicios de indización. En la línea enseguida de los autores, escribir la afiliación de los autores (donde trabajan actualmente). Indicar la afiliación de cada autor mediante una letra minúscula superíndice inmediatamente al término del nombre del autor y al inicio de la afiliación correspondiente. Proporcionar la dirección postal completa de cada afiliación, incluyendo el nombre del país y la dirección electrónica de cada autor.

AUTOR DE CORRESPONDENCIA: Indicar claramente quien es el autor que recibirá la correspondencia durante las etapas de evaluación y publicación del artículo, así como en etapas posteriores. Asegurarse de que la dirección electrónica se incluya y que los detalles del contacto se mantengan actualizados por el autor.

DIRECCIONES ACTUALES PERMANENTES: Si un autor cambia de afiliación o es un invitado en la afiliación proporcionada, debe indicarse como pie de página la “Dirección Permanente” del autor.

RESUMEN: Debe escribirse en español y en inglés. El orden de presentación es primero en español, seguido de las palabras clave y enseguida en inglés, seguido de las “keywords”. Debe ser conciso. Debe incluir brevemente el objetivo de la investigación, la metodología relevante, los principales resultados y conclusiones. Un resumen se presenta, a menudo, independientemente del artículo y por esta razón deben evitarse las referencias bibliográficas y las abreviaturas no estándares. El resumen no debe exceder 200 palabras.

PALABRAS CLAVE: De 3 a 5 palabras que indiquen a qué se refiere el artículo. Éstas se usan en los servicios de indización para la localización de artículos.

ASPECTOS INTERESANTES (EN INGLÉS HIGHLIGHTS): Se incluyen de 3 a 5 frases, en español y en inglés, con un máximo de 85 caracteres cada una, para destacar las contribuciones importantes del artículo. No deben usarse abreviaturas y asegúrese de que las frases puedan entenderse independientes del manuscrito.

SUBDIVISIÓN-SECCIONES NUMERADAS: Divida su artículo en secciones claramente definidas y numeradas (1, 2, 3, etc.). Las subsecciones también deben numerarse (1, 1.1, 1.1.1 y luego 1.2, 1.2.1, etc.). El resumen no debe incluirse en la numeración. Use esta denominación para referencias cruzadas en el texto. Cada sección y subsección debe tener un breve encabezado. Cada encabezado debe aparecer en una línea independiente.

HIPÓTESIS: Los artículos científicos se benefician con la inclusión de hipótesis. Estas deben ser claras, concisas y declarativas. Se deben describir una o varias hipótesis, las cuales se intentarán confirmar o refutar mediante el trabajo descrito en el manuscrito. La inclusión de la hipótesis facilita contrastar las hipótesis con las aseveraciones de literatura previa y señalar lo que el autor considera distintivo o novedoso en el manuscrito. La hipótesis debe incluirse en la Introducción y en Conclusión debe incluirse si la hipótesis fue confirmada o refutada.

FORMATO PARA AGRADECER FINANCIAMIENTO: Deben enlistarse las fuentes de financiamiento indicando los datos de las becas u otros organismos que apoyaron el desarrollo del trabajo. Si no se recibieron fondos para la investigación, debe incluirse la siguiente frase:

- Esta investigación no recibió ningún subsidio de agencias públicas, comerciales o sectores no lucrativos.

UNIDADES: Deben seguirse las reglas aceptadas internacionalmente: use el sistema internacional de unidades (SI). Si se mencionan otras unidades, por favor dé su equivalencia en el SI. La temperatura debe indicarse en grados Celsius. La unidad “billón” es ambigua, no debe usarse.

ESTADÍSTICA: Debe aplicarse el análisis estadístico apropiado.

FIGURAS: Adjunte fotografías de 300 ppp e ilustraciones a 600 ppp en formato JPG, TIFF o PNG. En archivos independientes.

TABLAS: Evite tablas muy largas o muy cortas. La mitad de una página se recomienda como una buena medida. Los símbolos y abreviaciones tendrán que aparecer en el pie de nota.

CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: Confirme que cada referencia esté citada en el texto y viceversa.

Las referencias deben enlistarse por orden alfabético del apellido del primer autor y

en segundo término en orden cronológico. Al citarlas en el texto, si hay más de una referencia del mismo primer autor y del mismo año, deben identificarse mediante las letras a, b, c, etc. colocadas después del año de publicación.

■ Citas:

Las citas se enuncian en el texto iniciando con el apellido del autor (sin iniciales) y el año de publicación (ejemplo: “Sánchez, Martínez y Vega (2010) estudiaron los efectos...” ó “...valores semejantes a los reportados por otros (Camargo, González, Velázquez & Zapata, 2012)...”). Para 2-6 autores, todos los autores se enlistan como se indicó. Cuando se trata de más de 6 autores, se escribe el apellido del primer autor *et al.*

■ Referencias a publicaciones en revistas:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

■ Referencia a una publicación en revista con un número de artículo:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2018). The art of writing a scientific article. *Heliyon*, 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

■ Referencia a un libro:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, [Chapter 4].

■ Referencia a un capítulo en un libro editado:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281-304). New York: E-Publishing Inc.

■ Referencia a un website:

Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK. (2003). <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> Accessed 13 March 2003.

■ Referencia a una base de datos:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T. (2015). Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. *Mendeley Data*, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

■ Referencia a una conferencia o presentación de póster:

Engle, E.K., Cash, T.F., & Jarry, J.L. (2009, November). The Body Image Behaviours Inventory-3: Development and validation of the Body Image Compulsive Actions and Body Image Avoidance Scales. Poster session presentation at the meeting of the Association for Behavioural and Cognitive Therapies, New York, NY.

DIGITAL CIENCIA@UAQRO

VOLUMEN 12

NÚMERO 2





EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL TRABAJO ACADÉMICO: EXPERIENCIAS CON BASE EN LAS AVES SILVESTRES

ENVIRONMENTAL EDUCATION IN ACADEMIC WORK: EXPERIENCES BASED ON WILD BIRDS

Alejandro Meléndez Herrada¹ *

¹ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Departamento El Hombre y su Ambiente; Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, C.P. 04960, Ciudad de México, México

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: meha1789@correo.xoc.uam.mx

Resumen

La educación ambiental (EA) en el ámbito académico es relativamente reciente. Es en la década de 1990 cuando se producen cambios en la educación superior que permitieron la integración de la EA, donde los grupos faunísticos son elementos clave en el diseño de actividades. Por tal motivo, esta aportación tiene como objetivo plantear la importancia de la EA en el trabajo académico tomando como eje a las aves silvestres. Se presentan argumentos con base en la información disponible y la experiencia del autor. En la EA convergen disciplinas diversas, con actividades sustantivas y variadas que los académicos deben desarrollar dentro de las modalidades formal no-formal e informal. La EA demanda una perspectiva multidisciplinaria, la que es facilitada al seleccionar a las aves silvestres (por los atributos que las favorecen) y su hábitat. No obstante, es primordial la integración de una parte sensibilizadora que fomente actitudes responsables con la naturaleza. Se distinguen niveles en el desarrollo del trabajo académico: con estudiantes, con académicos, en eventos académicos y otras actividades relacionadas, en la modificación ambiental del campus y con grupos sociales. Tendrá mayor efecto formativo llevar a cabo actividades flexibles y con un soporte de la historia de vida de las especies y el naturalismo, lo cual no demerita el rigor científico. La sensibilización requerida para la conservación de las aves y sus hábitats debe percibirse como una oportunidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En general, la EA en el trabajo académico requiere ser revalorada e incentivada.

Palabras clave: Aves, Educación Ambiental, Historias de Vida, Naturalismo, Trabajo Académico.

Abstract

Environmental education (EE) in academia is relatively recent. It was in the 1990s that changes took place in higher education and the integration of EE began; fauna research groups were key elements in the design of educational activities. For this reason, this contribution aims to raise the importance of EE in the academic work considering wild birds as its axis. Arguments are presented based on available information and the author's experience. In the EE, diverse disciplines converge with varied practical activities that academics must develop, with options within the formal non-formal and informal modalities. EE demands a multidisciplinary perspective, which is facilitated by selecting wild birds –by the attributes that favor them– and their habitat. However, the incorporation of a sensitizing part that fosters responsible attitudes towards nature is paramount. There are different levels at which academic work can be developed: with students, with academics, in academic events and other related activities, in the environmental modification of the campus and with social groups. It will have a greater formative effect to carry out flexible activities with a support of the life history of species and naturalism, which does not demerit scientific rigor. The awareness required for the conservation of birds and their habitats should be perceived as an opportunity in the teaching-learning process. In general, EE in academic work needs to be revalued and encouraged.

Keywords: Academic Work, Birds, Environmental Education, Life Histories, Naturalism.

Introducción

Las universidades comenzaron a conformarse como tal en el siglo XI en Europa, pero fue en el siglo XVI en que iniciaron su presencia en América. No obstante, es hasta el siglo XX que un contexto ecológico y conservacionista se integró en la investigación y la enseñanza a este nivel de estudios, cuando toma auge el interés por los diferentes ecosistemas y la amplia variedad de problemas ambientales. En la década de 1970, en la Conferencia de las Naciones Unidas en Estocolmo, se integra con mayor firmeza la “calidad ambiental” en esta preocupación sobre el entrono humano, y en la década de 1990 se producen cambios en la educación superior que permitieron la integración de la educación ambiental, no sólo en la biología y aquellas ramas de la ciencia afines a las ciencias biológicas, sino también en diversas disciplinas académicas cuyo actuar tienen que ver con el ambiente (Semarnat, 2006; Carter y Simmons, 2010; Primack, 2010).

Bajo este panorama, resulta para nuestros tiempos que la educación ambiental en el ámbito académico es relativamente reciente. A sólo tres décadas de haberse identificado ya propiamente el inicio de esa incursión, su avance ha sido paulatino y sujeto a restricciones que los propios académicos tienen en su actuar dentro de sus instituciones de enseñanza superior, aunque es de reconocerse que ha sido muy variado.

Para comprender la integración de la educación ambiental en el trabajo académico, se debe entender que las diversas disciplinas ofrecen oportunidades particulares para su integración, pero al mismo tiempo, limitadas en su operatividad.

En la educación ambiental se debe diferenciar entre lo que es una clase en aula sobre aspectos ecológicos y ambientales a lo que verdaderamente se requiere para la educación que promueva una actitud responsable hacia la naturaleza. En realidad, la educación ambiental demanda un involucramiento multidisciplinario que comúnmente el docente-investigador debe asumir cuando un grupo de trabajo está ausente o pobremente representado.

De manera similar, la enseñanza de la ornitología es muy diferente a la educación ambiental para la conservación de las aves y su hábitat. Así como la investigación para y en la educación ambiental.

El objetivo de este documento es mostrar que ambos contextos en conjunto, el ornitológico y el de educación

ambiental, a pesar de ser un reto para el trabajo académico, se puede construir un ámbito armónico en el que ambos universos se manifiesten convenientemente.

2. La educación ambiental

La educación ambiental es considerada por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF, 2018) como:

Proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida.

De acuerdo con de Alba (1993), de manera sintética, la educación ambiental se puede dividir en tres tipos: *Formal*, aquella que se integra oficialmente a los planes y programas del sistema educativo.

No formal, aquella que apoya a los planes y programas de estudio y que puede verse hacia actividades extra muros.

Informal, también llamada “comunicación educativa”, se lleva a cabo en los medios de difusión en sus diversas modalidades escritas, audiovisuales y con actividades concretas.

De esta manera, se comprende que el académico tiene opciones para incursionar en la educación ambiental, pero que demandan ajustar el conocimiento académico hacia la modalidad que se esté eligiendo.

3. Instituciones de Educación Superior

Para entender el quehacer en la educación superior y su potencial en la educación ambiental, se debe comprender que existe una amplia variedad de instituciones de enseñanza superior (Semarnat, 2006; SEP, 2018).

Dentro del Sistema de Educación Superior se ubican las universidades públicas y particulares, universidades tecnológicas, universidades politécnicas, institutos tecnológicos, instituciones de investigación y posgrado, centros regionales y escuelas normales (para formación de profesores) y escuelas superiores del ejército y la marina.

Cada institución se avoca al desarrollo de diversas

disciplinas y el profesional del trabajo académico debe realizar actividades sustantivas que su institución le demanda cumplir; entre ellas se identifican: docencia, investigación, generación del conocimiento básico, aplicado y de innovación tecnológica, divulgación, difusión y extensión de la cultura (Semarnat, 2006). Así mismo, en este ámbito, se identifica la formación profesional, la investigación, publicaciones, materiales de difusión y didácticos, eventos académicos y organizaciones académicas.

Bajo este panorama, se comprende que en la educación ambiental, al ser multidisciplinaria, cada una de las áreas del conocimiento estará regida por sus propias normas y reconocimientos académicos que incentivarán o frustrarán al académico en este desempeño.

4. Educación ambiental en las instituciones de enseñanza superior

Si bien es relativamente reciente la integración de la educación ambiental en las instituciones de educación superior, se han incrementado los programas académicos que incluyen temas ambientales.

La integración de la educación ambiental se ha llevado a cabo más en las licenciaturas, seguido de maestrías y muy reducidamente en las especialidades y doctorados (Semarnat, 2006), por lo que no es de extrañarse que, en materia de educación ambiental, la mayoría de las presentaciones en eventos especializados sean por profesionales a nivel licenciatura.

En los planes y programas de estudio a nivel licenciatura, son consideradas una o dos materias integradas de manera vertical, por lo común las que tienen que ver con la contaminación, la ecología o el medio ambiente.

En menor medida, de manera transversal en el currículo de licenciatura o posgrado para una formación ambiental integrada, es decir, en la concurrencia de varias disciplinas académicas con la educación ambiental. Estas dos visiones revelan que el número de programas es insuficiente.

La Semarnat (2006) también ubica como una debilidad en el ámbito educativo a la preparación teórica, metodológica y pedagógica limitada de los docentes en los distintos niveles de la educación formal y en la modalidad

no formal; así como la formación y capacitación en materia ambiental dirigida a los docentes de manera tangencial, efímera y voluntaria, comúnmente centralizada en las ciudades.

Los académicos, cuya orientación está encaminada a trabajar con los seres vivos y el ambiente, tienen la oportunidad de aplicar sus conocimientos para la conservación de la naturaleza. En el proceso de enseñanza-aprendizaje, se debe contar con un motivo lógico para centrar las actividades. Es común seleccionar ecosistemas representativos, secciones de ambientes de interés y especies de importancia particular.

5. Características de las aves para la educación ambiental

Diversos grupos taxonómicos pueden ser considerados para la educación ambiental, entre ellos sobresalen las aves silvestres por su variedad de especies, carisma, amplia aceptación en la sociedad, y a que son relativamente fáciles de observar. De hecho, es común que en localidades de interés sean las aves el grupo que más especies reúna, en comparación con los demás vertebrados en conjunto, incluso hasta ser más del doble que ellos, evidenciándose aún más en ambientes urbanos y periurbanos; por ejemplo, en la Ciudad de México están reportadas 355 especies de aves y para el resto de los vertebrados 162 en total (Meléndez *et al.*, 2013; García-Vázquez y Trujano-Ortega, 2016).

Desde el ámbito ecológico, los requerimientos y servicios ambientales de las aves facilitan la comprensión de conservar el ambiente, lo que también puede ser canalizado en programas de educación ambiental. Son de utilidad los hábitos alimentarios de las especies, los sucesos reproductivos, los sitios de refugio y aquellos en los que las especies descansan. La presencia estacional, la distribución espacial, el endemismo y el estatus de riesgo frecuentemente son elementos indispensables en la motivación de estudiantes y público en general, y que va más allá del análisis de datos o de la mera clase de ecología o de ornitología. Más bien, son elementos a los que se le adhiere ese aspecto sensibilizador en la interpretación de la información teórica o aquella recabada en campo y laboratorio.

6. Educación ambiental con aves en la institución de enseñanza superior

Se pueden identificar cinco niveles en que el trabajo académico puede adentrarse tomando como hilo

conductor la educación ambiental con aves silvestres: a) con los alumnos, b) con académicos, c) con la población del campus, d) con grupos sociales, y e) con sectores claves en la conservación de la naturaleza (figura 1).

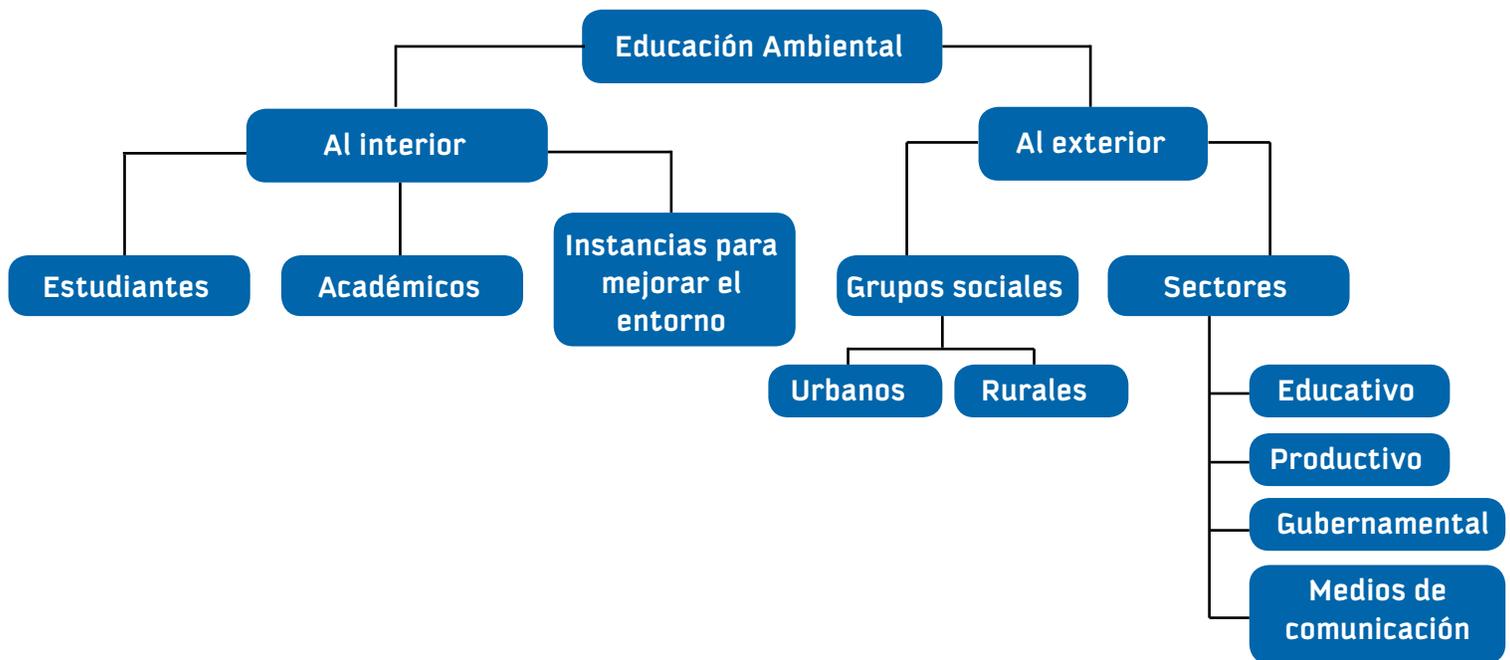


Figura 1. Actuar del académico en la educación ambiental con aves silvestres hacia el interior y el exterior de su institución de enseñanza superior.

7. Trabajo con alumnos

Dentro de los planes y programas de estudio de las instituciones de enseñanza superior, es indispensable identificar el nivel de organización biológica en los que las aves pueden ser consideradas, donde los temas académicos relativos a las poblaciones, comunidades y ecosistemas se perfilan como los más idóneos. Merece una mención aparte aquellos relativos a la historia de vida de las especies, ya que han sido relegados o desvalorizados por dar paso a estudios ‘más técnicos o científicos’; no obstante, la evidente necesidad de conocer más sobre este tema de cada especie.

Una parte esencial en la educación ambiental con aves está en la manera en que se inician los contenidos académicos con los estudiantes. Retomar el ‘naturalismo’ y ‘la historia natural de las especies’ es una estrategia que llama la atención de los alumnos y permite un inicio accesible a temas más complejos. El naturalismo ha sido visto como un ‘tema simpático’, pero que en reali-

dad se deben tomar acciones serias con base en él. No se trata de sustituir el conocimiento científico formal, o de prescindir del aprendizaje activo y el pensamiento crítico que se desarrolla en el aula como método pedagógico por una aparente propuesta ‘tradicionalista y pasiva’, por el contrario, es muy dinámica y reflexiva donde se adecúa una con la otra; después de todo, el avance científico en la biología y la ecología así inició y muchos de los grandes científicos también han sido grandes naturalistas. De hecho, muchos libros y artículos de difusión y documentales los producen o asesoran científicos, en los que se aborda la historia natural de las especies. Es probable que la renuencia de algunos docentes de nivel superior a considerar el naturalismo en sus técnicas pedagógicas se deba a que se acompaña de espontaneidad, descubrimiento y conciencia de los hechos de manera práctica y a que se requiere de una actitud convincente y motivadora por parte del docente a diferencia de una actitud mecánica y aburrida. Es importante formar biólogos que aprecien y entiendan la historia natural, lo que redundará

de manera favorable en la educación y la ciencia (Krupa, 2000; Primack, 2008).

Una decisión afortunada está en la promoción de cursos de campo y en diferentes ambientes; es decir, usar la naturaleza como un salón de clases y mantener a los estudiantes cerca de la naturaleza, de donde se desarrollan preguntas basadas en esta actividad. El docente debe estar a la expectativa para tomar especies y situaciones a resaltar oportunamente desde el inicio, ya que el primer trabajo de campo tiene enorme impacto en los estudiantes, más aún cuando no han tenido verdaderas experiencias en el campo y contacto con la diversidad de especies (Krupa, 2000).

Independientemente de si el sistema de estudio es escolarizado, modular o basado en otra modalidad, el acercamiento del docente con los alumnos despierta un ambiente de confianza e intercambio, y la motivación de los estudiantes fundamentada en la comprensión de su individualidad orientará la manera de abordar el contenido de educación ambiental basado en las aves silvestres. Aún con las características que favorecen a las aves para ser usadas dentro de la educación ambiental, es innegable que la mayoría de los estudiantes recién ingresados a una unidad de enseñanza aprendizaje a nivel licenciatura mostrarán poco o nulo entusiasmo hacia las aves debido a sus diferentes perspectivas de desarrollo profesional y su experiencia previa, no sólo con aves sino con fauna silvestre en general.

Es aquí donde el docente debe considerar los recursos y las estrategias educativas que le permitan atraer estudiantes hacia las aves y sensibilizarlos hacia el cuidado del medio ambiente. El docente, desde un inicio, debe ser convincente en su actuar y maximizar los materiales y equipos con que cuente, así como implementar dinámicas de trabajo pertinentes dentro del aula y actividades extramuros. Por lo que el dominio de la conjunción del ámbito ornitológico y el pedagógico se hace indispensable.

En el transcurso del curso y al final de éste, debe notarse un mayor interés hacia las aves, en el que, si bien tampoco sean muchos estudiantes los que tomen la ornitología como su campo de desarrollo, es plausible identificar conocimientos y habilidades que les permitirán comprender este grupo de animales y sus necesidades de hábitat, permitiéndoles ser entes proactivos en sus

profesiones o en sus vidas diarias en favor de las aves. La educación ambiental, integrada al trabajo con aves en un grupo de estudiantes, se potencializa en la parte práctica con la observación y la captura, y en la teórica con los atributos de las especies para su conservación (endemismo, estatus de riesgo, importancia internacional, entre otros).

Observación de aves. A la par de ese avance de la educación ambiental en las instituciones de enseñanza superior en México, la observación o avistamiento de aves silvestres se ha ido consolidando con mayor fuerza en las mismas décadas (1970 en adelante). Los Estados Unidos de América iniciaron e influenciaron su desarrollo y, al igual que en ese país, la disponibilidad de guías para la identificación de aves y el acceso a los binoculares han contribuido a que la observación de aves sea más exitosa y satisfactoria. Se considera observador de aves a la persona que muestra interés en observarlas en su hábitat y con fines recreativos, a diferencia del ornitólogo que lo hace con intenciones científicas. Esta actividad refuerza el respeto a la naturaleza, la pertenencia a un grupo con intereses comunes y la conservación de las aves y su hábitat (Gómez de Silva y Alvarado, 2010). Dichas cualidades del observador de aves son valiosas al integrarse en el proceso de enseñanza aprendizaje, con mayor o menor fuerza en las diversas modalidades de enseñar ornitología en las instituciones de enseñanza superior. El hacer agradable la observación de aves en las técnicas de campo formales para registrar aves en su hábitat, tiene mayor efecto formativo que el estricto manejo de técnicas sin este matiz “recreativo”, lo cual no demerita el rigor científico. Ambos, docente y educando, lo deben comprender y manejar desde el principio del curso y en relaciones académicas posteriores. Aunque en algunas instituciones se adopta como un enfoque educativo, en realidad se lleva a cabo principalmente por iniciativa y convencimiento del docente.

Esencialmente, la observación de aves puede ser practicada por quien sea, donde sea y en cualquier momento; sin demasiadas habilidades y con poco equipo, facilitándole adentrarse en la naturaleza. Tiene la ventaja de ver al organismo, para la identificación de la especie, en su hábitat y se pueden aprovechar actividades de las aves, tales como la alimentación, comunicación (cantos y llamados), distribución en el hábitat o sucesos

reproductivos; al estar en el campo, se puede denotar la necesidad de minimizar el impacto de la presencia humana al seguir un código de comportamiento que fomentará el respeto a la naturaleza, actitud que debe mostrar el estudiante o cualquier persona desde su inicio (del Olmo, 2009). De esta manera, la identificación rápida de las especies dejará tiempo suficiente para formular preguntas sobre lo que se está observado (Sibley *et al.*, 2001). El entrenamiento y la disponibilidad de recursos son claves para el mejor desempeño y convencimiento del estudiante.

Una herramienta adicional, pero con gran futuro, es aprovechar el uso de dispositivos móviles (teléfonos celulares, tablets) para que los estudiantes cuenten con guías de consulta gratuita que se pueden descargar como aplicaciones y que fomentan la autonomía en la identificación de especies, entre ellas las de Merlin (<http://bit.ly/MerlinApp>) y Audubon (<https://www.audubon.org/app>). Estas aplicaciones también son útiles en el entrenamiento con grupos sociales donde, de igual manera, el uso de esos dispositivos ya está ampliamente generalizado y son una alternativa al uso de guías impresas para la identificación de aves de las que aún es complicada su adquisición, las cuales se encuentran en idioma inglés, en su mayoría.

Captura de aves. Al implementar actividades de captura, el científico involucra participantes en la colecta de datos, aunque se deben sortear diversos desafíos económicos y logísticos.

En la educación ambiental, tener un ave en la mano es una efectiva y relativamente accesible manera de mostrar su historia natural y las adaptaciones en este tipo de fauna como en la forma del pico, el tipo de alimento, estatus de residencia, y otras cualidades más que se pueden encadenar a sus necesidades de hábitat. En este sentido, es primordial tener claridad en el mensaje que se quiere dejar con el trabajo de captura, en este caso, hacia la sensibilización requerida para la conservación de las aves y sus hábitats. Las inquietudes de los participantes, derivadas de esta actividad, pueden ir desde cuestiones sobre la biología de las especies y su apreciación hasta el proceso científico y el valor del monitoreo a largo plazo (Pitkin, 2006).

En el ámbito académico, esta actividad se puede considerar como altamente formativa en los alumnos, pero se debe considerar la calidad de los datos tomados. Si se quisieran utilizar como información confiable,

se recomienda hacerlo para la determinación de las especies, de manera supervisada y, en menor grado, para la precisión de los datos morfométricos. Esto se acentúa con mayor notoriedad en cursos puntuales que no tienen una perspectiva a largo plazo, cuando los alumnos están de paso en esta actividad, pero se hacen más confiables en estudiantes formados para continuar en sus investigaciones de tesis, tesinas o servicios sociales debido al mayor entrenamiento y direccionalidad que es factible imprimirles. Se espera, entonces, que esto también pueda redundar en la participación de estudiantes en proyectos y programas de conservación que consideran aspectos tan técnicos como lo implica la captura de aves.

El trabajo con estudiantes, basado en la captura de aves, se debe percibir como una oportunidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el que el alumno puede identificar con mayor certeza la especie de ave que tenga en la mano y tomar datos de interés para la investigación, pero ser lo suficientemente sensibilizado desde el momento en que se elige un buen lugar de captura (equivalente a buenas condiciones de hábitat para las aves), la captura del ejemplar, su extracción de la trampa utilizada, la manipulación del ejemplar y su liberación; es decir, todas las etapas de este proceso están sujetas a despertar el compromiso de los estudiantes hacia la conservación de las especies (Pitkin, 2006).

Para la gente joven (K-18), las sensaciones despertadas en la captura le permiten considerar a la biología como una opción de carrera, en particular en el ámbito ornitológico; mientras que, en los estudiantes de licenciatura, el formarse con mejores valores éticos y de desarrollo profesional.

Las actividades de observación y captura también se pueden llevar hacia la participación de la comunidad por medio del entrenamiento y al integrarse a la ciencia ciudadana con el monitoreo de especies que, como lo sugieren Ortega-Álvarez y Sánchez-González (2015), va más allá de sólo tomar datos y se considere como un mecanismo en que la gente se interese por la conservación del ambiente de su localidad en compatibilidad con los intereses sociales.

Es común que los académicos se muestren reacios a implementar prácticas de captura con estudiantes, principalmente por la falta de recursos económicos, materiales y equipos; pero quizá con mayor preocu-

pación respecto al manejo de ejemplares que pudieran ser lastimados o muertos por las manos inexpertas. Situación que se puede sobrellevar con un correcto entrenamiento, la disponibilidad de colaboradores experimentados, la supervisión constante durante todo el proceso de captura y, desde luego, la sensibilización de los estudiantes. Aún con el deceso de algún ejemplar, se puede tomar ventaja si la situación se maneja apropiadamente; de hecho, cada método de captura tiene sus riesgos. En particular, por ejemplo, en el trabajo con redes de niebla se centra en menos del 1.0% de las capturas como probabilidad general, pero que se reduce con medidas de minimización de riesgos (Spotswood *et al.*, 2012).

8. Trabajo con académicos

Si bien los académicos de las disciplinas más afines a la biología y la ecología pudieran integrarse con mayor facilidad al trabajo de educación ambiental con aves, al recordar que la educación ambiental es multidisciplinaria, es de esperarse que pueden participar otros académicos con perfiles diferentes como son los arquitectos, profesionales de la salud, y sociólogos, entre otros. El que trabaja en educación ambiental con aves debe propiciar su comprensión, exponer necesidades apremiantes y motivar la cooperación con pares académicos. Afortunadamente, el interés por un medio ambiente de calidad está más generalizado en la actualidad que en épocas pasadas, aspecto que ahora le es más familiar a los académicos de otras disciplinas.

9. Eventos académicos y otras actividades

Como una actividad sustantiva de los académicos, está la difusión de la ciencia y la cultura. Este ámbito se caracteriza usualmente por organizar o participar en eventos especializados como son congresos, simposios y reuniones académicas diversas donde en mayor o menor medida se le brinda un espacio a la educación ambiental (Semarnat, 2006).

Algunos trabajos basados en educación ambiental y aves silvestres encuentran un lugar en eventos como el Congreso para el Estudio y Conservación de las Aves en México (CECAM), la Red Temática: Biología, Manejo y Conservación de Fauna Nativa en Ambien-

tes Antropizados (REFAMA), Congreso Internacional de Recursos Naturales, Congresos de Ciencias Ambientales, Foros de Educación Ambiental, entre otros. Así mismo, los académicos también pueden participar en las redes y asociaciones académicas en las que se difunde el quehacer académico, especialmente sobre la educación ambiental y particularmente en relación con las aves.

Una labor académica, que recientemente ha recibido el valor que merece, es la relacionada al desarrollo de los festivales y eventos similares (Hvenegaard *et al.*, 2013; Lawson, 2018). Los profesionales se encargan de organizarlos o al menos participar en ellos. Son actividades ricas y dinámicas en las que se aprovecha la concurrencia de gente para la difusión y divulgación ambiental, entendidas estas como la parte inicial o medular para la educación ambiental. Algunos eventos donde se considera la educación ambiental y en particular con aves silvestres son el Festival Mundial de las Aves, el Día Mundial de las Aves Migratorias-Alas Metropolitanas y otros similares; aunque no es un festival propiamente dicho, el Programa de Aves Urbanas y el de Monitoreo Comunitario de la Conabio (Ortega-Álvarez *et al.*, 2015) organiza múltiples actividades que redundan en la conservación de las aves y el ambiente, donde el participante se integra a la ciencia ciudadana al aportar información y contribuir a difundirla en Internet por medio del programa aVerAves (<http://averaves.org/>).

Los eventos académicos son una fortaleza de las instituciones de enseñanza superior; también son foros para el análisis y reflexión ante las exigencias socio-ambientales.

10. Trabajo en la modificación ambiental del campus

Las instalaciones de las instituciones de enseñanza superior son propicias para llevar a cabo trabajo de educación ambiental para la conservación de las aves silvestres. En las instalaciones de estos planteles se tiene cierto respeto por las áreas verdes, lo que se puede aprovechar para mejorarlas y acondicionar algunas infraestructuras para que las aves puedan disponer de ellas con mayores beneficios y la comunidad pueda aprender de ellas, de sus requerimientos de hábitat y su conservación.

El académico entablará una interacción sensi-

bilizadora con las autoridades del campus, trabajadores (principalmente jardineros) y en general con la comunidad del plantel. Para llevar a cabo esta labor, es necesario conocer la riqueza de aves con la que se cuenta; determinar aquellas que se desea atraer con mayor énfasis; qué plantas deben ser conservadas, sustituidas o plantadas; qué diseño paisajístico se puede lograr para hacer más aceptable el área (distribución de espacios, elementos vegetales y mobiliario urbano); qué tan accesibles son de adquirir los elementos arbóreos, arbustivos y herbáceos considerados; y cuál será el costo de adquisición y mantenimiento. Esto implica la colaboración de varios profesionales y de los tomadores de decisiones del plantel.

11. Trabajo con grupos sociales

Por lo común, los biólogos, ecólogos y otros científicos de la conservación generan mucha información de sus proyectos de investigación, pero sólo está disponible en artículos y libros técnicos con muy limitado alcance para la gente común. De esta manera, resulta evidente que estos profesionales se comuniquen con una audiencia más amplia, escribiendo y exponiendo sobre el trabajo que desempeñan.

Existen proyectos de conservación donde los académicos trabajan con grupos de escolares y con la gente de las localidades, a quienes se les ofrecen talleres, materiales educativos, entrenamiento y apoyo. En este trabajo, en el que el académico se involucra, se busca dar valor a las especies (a las aves en nuestro caso) y su hábitat, en particular en comunidades donde ya es una necesidad apremiante (Primack, 2008).

En las comunidades rurales y urbanas, es importante el acercamiento inicial para generar una atmósfera de confianza y entendimiento. En este ámbito, las aves silvestres también son buen elemento de trabajo para interactuar con la comunidad al proporcionar conocimiento y aprovechar el saber local que la gente ha adquirido al realizar sus actividades diarias. Es vital que el académico se dirija a los miembros de la comunidad con un lenguaje accesible y les ofrezca perspectivas viables; así como propiciar la valoración de los recursos naturales locales y la toma de decisiones ambientalmente deseables (Ortega-Álvarez *et al.*, 2015).

En la actualidad, es usual saber de académicos

que consideran en sus investigaciones a monitores comunitarios que ellos mismos han entrenado, que lo han hecho otras instancias o por profesionales que se han formado con un bagaje académico sensibilizador.

El trabajo con la comunidad motiva el empoderamiento, refuerza el conocimiento local, invita a la participación y multiplica el interés por la conservación con base en el ambiente cotidiano y con accesibilidad para adultos y niños. Es innegable que parte de la estrategia de educación ambiental que el académico debe considerar está en las diferencias entre las comunidades urbanas y las rurales, ya que varían las percepciones del entorno, las necesidades para la subsistencia, las relaciones sociales y la disponibilidad para actuar.

12. Conclusión

La educación ambiental en el trabajo académico es muy reciente, se está difundiendo cada vez más y aumentado el interés por la colaboración multidisciplinaria.

Si bien la educación ambiental en el trabajo académico, tomando como eje central a las aves silvestres, puede confundirse con meramente clases de ornitología, la diferencia estriba en integrar la parte sensibilizadora y práctica hacia la conservación de las aves y su hábitat.

Trabajar con aves silvestres en el ámbito de la educación ambiental es una buena opción por los diversos atributos que las favorecen. No obstante, requiere conocimiento y entrenamiento para trabajar con gente inexperta y que fructifique en más personas sensibilizadas y comprometidas con la conservación.

Una opción para trabajar con educación ambiental en la enseñanza a nivel superior está en la revaloración de la utilidad del naturalismo y las historias de vida de las especies. Los docentes deben considerar sus aptitudes para trabajar con la educación ambiental dentro de su actividad académica como base para lograr el éxito con sus alumnos y personas a involucrar.

Los académicos han colaborado en la difusión de la conservación del ambiente en los diversos medios de comunicación, donde las aves silvestres han tenido presencia constante; sin embargo, la comunidad científica debiera revalorar esta actividad (difusión de la ciencia) cuyos efectos tienen gran alcance entre la población. Si bien

existe un bajo reconocimiento académico de las actividades de educación ambiental, se percibe un incremento en las instituciones de enseñanza superior y ampliación de espacios en foros especializados.

Referencias Bibliográficas

- Bub, H. 1996. Bird trapping and bird banding: A handbook for trapping methods all over the world. Cornell University Press. New York.
- De Alba Ceballos, A. 1993. Estado de la educación ambiental. Capítulo IV. En: E. González Gaudiano (Coord.). Hacia una estrategia nacional y plan de acción de educación ambiental. Instituto Nacional de Ecología/SEDESOL-UNESCO. México.
- Del Olmo Linares, G. 2009. Manual para principiantes en la observación de aves: pajareando. Bruja de Monte. México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2018. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Texto Vigente: última reforma publicada DOF 05-06-2018. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México.
- García-Vázquez, U. O. y M. Trujano-Ortega. 2016. Resumen ejecutivo. Diversidad de vertebrados. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. Conabio/Sedema, México, p.373-374.
- Bub, H. 1996. Bird trapping and bird banding: A handbook for trapping methods all over the world. Cornell University Press. New York.
- De Alba Ceballos, A. 1993. Estado de la educación ambiental. Capítulo IV. En: E. González Gaudiano (Coord.). Hacia una estrategia nacional y plan de acción de educación ambiental. Instituto Nacional de Ecología/SEDESOL-UNESCO. México.
- Del Olmo Linares, G. 2009. Manual para principiantes en la observación de aves: pajareando. Bruja de Monte. México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2018. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Texto Vigente: última reforma publicada DOF 05-06-2018. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México.
- García-Vázquez, U. O. y M. Trujano-Ortega. 2016. Resumen ejecutivo. Diversidad de vertebrados. En: La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. II. Conabio/Sedema, México, p.373-374.
- Hvenegaard, G. T., T. A. Delamere, R. H. Lemelin, K. Brager y A. Auger. 2013. Insect festivals: Celebrating and fostering human-insect encounters. Capítulo 13. En: R. H. Lemelin (Ed.). The management of insects: In recreation and tourism. Cambridge University Press. UK.
- Krupa, J. J. 2000. The importance of naturalists as teachers & the use of natural history as a teaching tool. The American Biology Teacher, 62: 553-558.
- Lawson, S. 2018. Birding festivals and events. The Cornell Lab of Ornithology, Cornell University. USA. Recuperado el 25 de agosto de 2018 desde: <https://www.allaboutbirds.org/birding-festivals/>
- Meléndez Herrada, A., R. G. Wilson, H. Gómez de Silva y P. Ramírez Bastida. 2013. Aves del Distrito Federal: una lista anotada. Serie Académicos de CBS, núm. 108. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México.
- Ortega-Álvarez, R., R. Calderón-Parra, L. A. Sánchez-González, V. M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras y H. Berlanga. 2015. Programa de aves urbanas (PAU): manual ilustrado. Conabio/NABCI-México. México.
- Pitkin, M. 2006. Mist-netting with the public: A guide for communicating science through bird banding. PRBO Conservation Science/Klamath Bird Observatory/North American Banding Council. USA.
- Primack, R.B. 2008. A primer conservation biology. 4a edición. Sinauer Associates Inc. USA.
- SEP (Secretaría de Educación Pública). 2018. gob.mx, Educación sin Fronteras. Recuperado el 19 de noviembre de 2018 desde: www.ses.sep.gob.mx/educacionsinfronteras/
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2006. Estrategia de educación ambiental para la sustentabilidad en México. Semarnat. México.
- Sibley, D. A., C. Elphick y J. B. Dunning. 2001. The Sibley guide to bird life & behavior. Alfred A. Knopf. New York.
- Spotswood, E. N., K. R. Goodman, J. Carlisle, R. L. Cormier, D. L. Humple, J. Rousseau, S. L. Guers y G. G. Barton. 2012. How safe is mist netting? Evaluating the risk of injury and mortality to birds. Methods in Ecology and Evolution, 3: 29-38. doi: 10.1111/j.2041-210X.2011.00123.x



Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco, México

Ants (Hymenoptera: Formicidae) of Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco, México

Miguel Vásquez-Bolaños*, Ana Laura González-Hernández y Georgina Adriana Quiroz-Rocha

Entomología, Centro de Estudios en Zoología, Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez # 2100, Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México. C. P. 45220.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: mvb14145@hotmail.com

Resumen

Las hormigas son insectos comunes en las zonas urbanas, se adaptan rápidamente a las actividades humanas, algunas especies son consideradas plaga, la mayoría de estas son introducidas. El Bosque Los Colomos es un Área Natural Protegida dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara, con casi 100 hectáreas. Para conocer a las hormigas de Bosque Los Colomos se hicieron colectas con necrotrampas cebadas con calamar, se revisaron cada mes, desde agosto 2011 a julio 2012, en cuatro tipos de vegetación: pino, casuarina, eucalipto y vegetación secundaria. Se obtuvieron 18,520 individuos pertenecientes a 25 especies. La zona de eucalipto y pino presentaron el mayor número de especies, 17 cada una; casuarina con 16 y la zona con vegetación secundaria presentó el menor número de especies, doce. Cuatro especies se recolectaron en un tipo de vegetación y siete en los cuatro; pino y casuarina tienen dos especies exclusivas cada uno, ni la zona de eucalipto ni la de vegetación secundaria tienen especies exclusivas. Entre las especies ampliamente distribuidas destacan *Camponotus atriceps*, *Crematogaster* sp., *Paratrechina longicornis*, *Pheidole* sp. 1 y *Solenopsis geminata*. Hay tres especies introducidas: *Paratrechina longicornis*, *Cardiocondyla emeryi* y *Anoplolepis gracilipes*.

Palabras clave: Guadalajara, Hormigas urbanas, Riqueza.

Abstract

Ants are common insects in urban areas, they adapt quickly to human activities, some species are considered pest, most of these are introduced species. Bosque Los Colomos is a Natural Protected Area within the Metropolitan Zone of Guadalajara, with almost 100 hectares. To know the species of ants of Bosque Los Colomos, they were collected with necrotraps baited with squid, they were reviewed every month from August 2011 to July 2012, in four types of vegetation: pine, casuarina, eucalyptus and secondary vegetation. 18,520 individuals belonging to 25 species were obtained. The eucalyptus and pine zones presented the highest number of species, 17 each one; casuarina zone with 16 and the one with secondary vegetation has the lowest number of species, twelve. Four species were collected in one type of vegetation and seven in four types; pine and casuarina zones have two exclusive species, eucalyptus and secondary vegetation zones have not exclusive species. Species widely distributed are: *Camponotus atriceps*, *Crematogaster* sp., *Paratrechina longicornis*, *Pheidole* sp. 1 and *Solenopsis geminata*. There are three introduced species: *Paratrechina longicornis*, *Cardiocondyla emeryi* and *Anoplolepis gracilipes*.

Key words: Guadalajara, Richness, Urban ant.

Introducción.

Las hormigas son un grupo diverso, se conocen casi 15,000 especies a nivel mundial; 3,000 en la región Neotropical, siendo la que cuenta con la mayor riqueza y 927 especies para México (Vásquez-Bolaños, 2015). Sus hábitos alimentarios, generalistas en la mayoría de las especies, les permiten adaptarse y establecerse en aquellos ambientes que presentan cambio en el uso de suelo por el hombre, tales como incendios, fines agrícolas, ganaderos y urbanos (Castaño-Meneses y Palacios-Vargas, 2003). Debido a sus características pueden ser usadas como un grupo bioindicador: tienen una alta diversidad, su gran abundancia, la variedad de funciones que cumplen en el ecosistema, su respuesta rápida a los cambios ambientales, el fácil muestreo y una situación taxonómica relativamente resuelta (Arcila y Lozano-Zambrano, 2003). En las zonas urbanas y suburbanas es común encontrar especies de hormigas adaptadas a las actividades humanas, a éstas especies se les llega a considerar plaga por los efectos negativos hacia el hombre, la mayoría de estas especies son introducidas (Buczowski y Richmond, 2012, Chacón de Ulloa, 2003). La urbanización es una de las grandes amenazas para la pérdida de la diversidad (Lutinski y col. 2013).

Las especies más dispersas en el planeta y comunes en las zonas urbanas son denominadas plaga y responden positivamente al efecto de urbanización, tal es el caso de *Anoplolepis gracilipes*, *Cardiocondyla emeryi*, *Linepithema humile*, *Monomorium pharaonis*, *Paratrechina longicornis*, *Tapinoma melanocephalum* (Toennisson y col. 2011); todas ellas se pueden encontrar en la zona metropolitana de Guadalajara (observación personal).

Poco se ha estudiado acerca de las hormigas urbanas, donde llegan a ser diversas y abundantes, y en algunos casos dominantes; una especie, introducida o no, llega a ser única en estos ambientes (Cupul-Magaña, 2009, Stringer y col. 2009). Se encuentra un mayor número de especies en los bosques que en lotes baldíos y en jardines urbanos (Uno y col. 2010).

2. Materiales y métodos.

2.1 Descripción del área de estudio

El Bosque Los Colomos se localiza en el límite norte del municipio de Guadalajara, es una Área Natural Prote-

gida bajo la categoría de Manejo de Área Municipal, de Protección Hidrológica, que se encuentra inmersa en la Zona Metropolitana de Guadalajara completamente rodeada de edificios y casas habitación (Anaya Corona y col. 2009). Tiene una superficie de casi 100 hectáreas, se divide en dos secciones, es un bosque urbano de uso público. Es una zona de recreo para los habitantes de la ciudad, cuenta con senderos para peatones y ciclistas, además ofrece un servicio de paseos a caballo, canchas de para diversos deportes (basquetbol, volibol) y áreas de ejercicio (Anaya Corona y Corona Medina, 2009). El clima del Bosque Los Colomos tiene una temperatura media de 19.5 °C, una mínima de 11 °C y una máxima de 27.9 °C; la precipitación promedio anual es de 976.5 mm, con 102 días con lluvia (Loza Ramírez y González Salazar, 2009). Cuenta con vegetación nativa e introducida, donde la vegetación predominante es: pino (*Pinus* spp.), casuarina (*Casuarina equisetifolia*), eucalipto (*Eucalyptus* sp.) y vegetación secundaria, además de ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*) (Guerrero-Nuño, 2009).

2.2 Recolección de hormigas

Para la recolección de los especímenes se utilizaron necrotrampas (modelo NTP-80 modificadas) cebadas con calamar, se colocaron 14 necrotrampas repartidas en los cuatro tipos de vegetación más abundantes: pino, casuarina, eucalipto y vegetación secundaria. Se revisaron cada mes, durante un año, desde agosto de 2011 hasta julio de 2012. El material recolectado se conservó en alcohol al 70%, se trasladó al Laboratorio de Entomología del Centro de Estudios en Zoología de la Universidad de Guadalajara (CZUG) para su separación, montaje y determinación. Las hormigas fueron identificadas con claves de Palacio y Fernández (2003), Mackay y Mackay (1989) entre otros. El material se encuentra depositado en la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología de la Universidad de Guadalajara.

3. Resultados

Durante el periodo de muestreo se obtuvieron 18,520 individuos, pertenecientes a 25 especies agrupadas en 20 géneros y seis subfamilias. Las hormigas encontradas en las zonas con vegetación de eucalipto y pino representaron el mayor número de especies, con 17 cada una; la

zona con vegetación de casuarina 16 y la zona con vegetación secundaria 12, el menor número de especies.

La colecta mensual muestra, para los meses de diciembre y junio, un total de 20 especies; en septiembre 19, para octubre 18; en agosto, enero y julio 17; en noviembre y abril 11.

En cuanto a la abundancia por tipo de vegetación se obtuvo lo siguiente: vegetación secundaria 7,206 ejemplares; en la zona de pino 4,762; en la zona de eucalipto 3,676 y en la zona de casuarina 2,876 individuos. Mes: mayo 3,626, abril 3,515, diciembre 1,839; noviembre 496, febrero 751, julio 705 y agosto 874. Cuatro especies se recolectaron solo en un tipo de vegetación y siete en los cuatro; las zonas de pino y casuarina tienen dos especies exclusivas cada una, ni la de eucalipto ni la de vegetación secundaria tienen especies exclusivas. La subfamilia más diversa fue Myrmicinae, con 14 especies; Formicinae obtuvo cinco especies; Dolichoderinae y Pseudomyrmecinae dos especies cada una; Ponerinae y Dorylinae una especie cada una. Entre las especies mejor distribuidas, es decir en los cuatro tipos de vegetación y en la mayoría de las trampas, destacan *Camponotus atriceps*, *Crematogaster sp.*, *Paratrechina longicornis*, *Pheidole sp. 1* y *Solenopsis geminata*.

Lista de especies de hormigas colectadas en el Bosque Los Colomos.

Formicidae

Dolichoderinae

Dorymyrmex insanus
Tapinoma sp.

Formicinae

Anoplolepis gracilipes
Brachymyrmex sp.
Camponotus atriceps
Camponotus sp.
Paratrechina longicornis

Pseudomyrmecinae

Pseudomyrmex gracilis
Pseudomyrmex pallidus

Dorylinae

Neivamyrmex sp.

Ponerinae

Odontomachus sp.

Myrmicinae

Atta mexicana
Cardicondyla emeryi
Crematogaster sp.
Monomorium sp.
Pheidole tolteca
Pheidole sp. 1
Pheidole sp. 2
Pogonomyrmex barbatus
Solenopsis geminata
Solenopsis sp.
Strumigenys sp.
Temnothorax sp.
Tetramorium spinosum
Trachymyrmex sp.

4. Discusión

El Bosque Los Colomos tiene tres especies introducidas: *Paratrechina longicornis*, originaria de Asia con una amplia distribución en todo el mundo y está presente en las 32 entidades federativas de México; *Cardicondyla emeryi* originaria de África con amplia distribución en el mundo sobre todo en áreas tropicales, para México se conoce en la mayor parte del territorio; *Anoplolepis gracilipes*, también de Asia y ampliamente distribuida en los trópicos de Asia, parte de África y América, para México sólo se conoce en algunos estados de la vertiente del Pacífico y recientemente se reportó para la península de Yucatán (Lachaud y Pérez-Lachaud, 2015, Vásquez-Bolaños, 1998, Wetterer, 2005, 2008, 2012). La cantidad de especies de hormigas encontradas en el Bosque Los Colomos, 25 especies, es una cifra considerable ya que representa casi el 25% las de las 111 citadas para el estado de Jalisco (Vásquez-Bolaños, 2011, 2015) y es mayor a lo encontrado en el área urbana de Nueva York, una de las ciudades más urbanizadas de Norte América, donde se encontraron 13 especies, diez nativas y tres introducidas (Pecarevic y col. 2010). Tanto en áreas naturales como en urbanas, la subfamilia Myrmicinae es la

más diversa y abundante, seguida de Formicinae (Khot y col. 2013). Las especies de hormigas tropicales que ahora son consideradas plaga son las que mejor se adaptan a las zonas urbanas (Lee, 2002).

5. Conclusiones

Se conocen 25 especies de hormigas para el Bosque Los Colomos. Se tienen 3 especies introducidas: *Paratrechina longicornis*, *Cardiocondyla emeryi* y *Anoplolepis gracilipes*. El Bosque Los Colomos a pesar de ser un área verde rodeada por desarrollo urbano y sometida a las presiones de la urbanización representa un refugio para la fauna que ha quedado allí, siendo una isla importante para la conservación de especies.

6. Agradecimientos

Al personal administrativo y de seguridad del Bosque Los Colomos por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo de campo. Este trabajo forma parte del proyecto del Cuerpo Académico de Zoología CA-UDG-51 “Fauna urbana y periurbana de Jalisco: diversidad y ecología”, financiado por PROMEP.

Referencias Bibliográficas

Anaya Corona, M., y cols. (2002). *Bosque Los Colomos, Guadalajara: una visión integral a su conservación. Guadalajara, Símbolos Corporativos, S. A. de C. V.*

Anaya Corona, M. y Corona Medina, J. P. (2009). Planificación en el espacio local: la experiencia del Bosque Los Colomos. En M. Anaya Corona, y cols. (eds.). *Bosque Los Colomos, Guadalajara: una visión integral a su conservación* (pp. 37–52). Guadalajara, Símbolos Corporativos, S. A. de C. V.

Arcila, A. M., y Lozano-Zambrano, F. H. (2003). Hormigas como herramienta para la bioindicación y el monitoreo. En F. Fernández (ed.). *Introducción a las hormigas de la región neotropical* (pp. 159–166). Bogotá, Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Buczowski, G., y Richmond, D. S. (2012). The Effect of Urbanization on Ant Abundance and Diversity: A temporal Examination of Factors Affecting Biodiversity.

Plos ONE, 7 (8), e41729. Doi: 10.1371/journal.pone.0041729

Castaño-Meneses, G., y Palacios-Vargas, J. G. (2003). Effects of fire and agricultural practices on neotropical ant communities. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1913–1919.

Chacón de Ulloa, P. (2003). Hormigas urbanas. En F. Fernández (ed.). *Introducción a las hormigas de la región neotropical* (pp. 351–363). Bogotá, Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Cupul-Magaña, F. G. (2009). Diversidad y abundancia de hormigas (Formicidae) en las viviendas de Puerto Vallarta, Jalisco, México. *Ecología Aplicada*, 8 (2), 115–117.

Guerrero-Nuño, J. J. (2009). Vegetación y flora del Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco. En M. Anaya Corona, y cols. (eds.). *Bosque Los Colomos, Guadalajara: una visión integral a su conservación* (pp. 171–204). Guadalajara, Símbolos Corporativos, S. A. de C. V.

Khot, K., Quadros, G., y Somani, V. (2013). Ant diversity in an urban garden at Mumbai, Maharashtra. En National Conference on Biodiversity: Status and Challenges in Conservation–FAVEO (pp. 121–125).

Lachaud, J.-P., y Pérez-Lachaud, G. (2015). Primer reporte de la hormiga invasiva *Anoplolepis gracilipes* (Smith, 1857) en Quintana Roo, México. *Memorias II Reunión de Formicidae de México* (pp. 32–33). Juriquilla, Querétaro, México.

Lee, C.-Y. (2002). Tropical household ants: pests status, species diversity, foraging behavior, and baiting studies. En Jones, S. C., Zhai, J., y Robinson, W. H. (eds.). *Proceedings of the 4th International Conference on Urban Pests* (pp. 3–18).

Loza Ramírez, L., y González Salazar, A. (2009). Estudio del clima en el Bosque Los Colomos. En M. Anaya Corona, y cols. (Eds.). *Bosque Los Colomos, Guadalajara: una visión integral a su conservación* (pp. 137–155). Guadalajara, Símbolos Corporativos, S. A. de C. V.

Lutinski, J. A., Cortes Lopes, B., y Barros de Morais, A. B. (2013). Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil. *Biota Neotropical*, 13 (3): 332–342.

Mackay, W. P., y Mackay, E. E. (1989). Claves de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae). *Memorias del II Simposio Nacional de Insectos Sociales* (pp. 1–82). Sociedad Mexicana de Ento-

- mología, Oaxtepec, Morelos, México.
- Palacio, E. E., y Fernández, F. (2003). Claves para las sub familias y géneros. En F. Fernández (ed.). *Introducción a las hormigas de la región neotropical* (pp. 233-260). Bogotá, Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Pecarevic, M., Danoff-Burg, J., y Dunn, R. R.. (2010). Biodiversity on Broadway – Enigmatic Diversity of the Societies of Ants (Formicidae) on the Streets of New York City. *Plos ONE*, 5(10), e13222. Doi: 10.1371/journal.pone.0013222
- Stringer, L. D., y cols. (2009). Ant dominance in urban areas. *Urban Ecosystems*, Doi 10.1007/s11252-009-0100-4.
- Toennisson, T. A., y cols. (2011). Influences structure of suburban ant (Hymenoptera: Formicidae) communities and the abundance of *Tapinoma sessile*. *Community and Ecosystem Ecology*, 40(6), 1397-1404.
- Uno, S., Cotton, J., y Philpott, S. M. (2010). Diversity, abundance, and species composition of ants in urban green spaces. *Urban Ecosystems*, 13, 425-441.
- Vásquez-Bolaños, M. (1998). *Anoplolepis longipes* (Jerdon, 1852). *Dugesiana*, 5(1), 44-45.
- Vásquez-Bolaños, M. (2011). Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana*, 18(1), 95-133.
- Vásquez-Bolaños, M. (2015). Taxonomía de Formicidae (Hymenoptera) para México. *Métodos en Ecología y Sistemática*, 10(1), 1-55.
- Wetterer, J. K. (2005). Worldwide Distribution and Potential Spread of the Long-Legged ant, *Anoplolepis gracilipes* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 45(1), 1-21.
- Wetterer, J. K. (2008). Worldwide spread of the longhorn crazy ant, *Paratrechina longicornis* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 11, 137-149.
- Wetterer, J. K. (2012). Worldwide spread of Emery's sneaking ant, *Cardiocondyla emeryi* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 17, 13-20.





¿Murciélagos en mi ciudad? Consejos y reflexiones para convivir con ellos

Bats in my city? Tips and considerations to coexist with them

Romeo A. Saldaña-Vázquez^{1*}, Daniel Ferreyra-García², Guillermo Vázquez-Domínguez³

¹ Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Blvd, Valsequillo y Av, San Claudio, Edificio BIO 1, Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel, C.P. 72570 Puebla, México. romeo.saladana@gmail.com

² Laboratorio de Análisis para la Conservación de la Biodiversidad. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzícuar s/n, Col. Nueva Esperanza, Morelia, Mich., CP 58337, México.

³ Laboratorio de Ecología Funcional, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro, No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

* Autor de correspondencia: romeo.saladana@gmail.com

Resumen

A pesar de los avances en la clasificación taxonómica y ecología de murciélagos, las personas carecen de información para una sana convivencia con ellos. En este artículo exponemos algunos de los factores que provocan los encuentros humano-murciélago en las ciudades y algunas propuestas de manejo y diseño urbano para convivir sanamente con ellos. Dentro de las más importantes están: el incremento de refugios (artificiales y naturales) en áreas verdes urbanas, reducción de la luz artificial nocturna en áreas habitacionales y comerciales, el diseño de corredores ecológicos urbanos, el ordenamiento territorial urbano y la tenencia responsable de mascotas. El éxito de estas propuestas de manejo tiene como base el reconocimiento de la importancia de este grupo de mamíferos por diferentes actores sociales, principalmente urbanistas y jefes de gobierno.

Palabras clave: ambientes urbanos, ecología urbana, ciudades, conflictos fauna-humano, manejo de fauna, servicios ecosistémicos.

Abstract

Despite the advances in their taxonomic classification and ecology, people do not have information about a healthy coexistence with bats in urban environments. In this article, we expose some factors that provoke human-bat encounters in the cities and propose some actions of urban design and management of urban green areas to coexist healthfully with bats. The most important are: the increase of bat roosts (artificial and natural) in urban green areas, reduction of artificial light at night in residential and commercial areas, design of urban ecological corridors, urban land use planning and the responsible pet ownership. The success of these management proposals is based on the recognition of the importance of these group of mammals by different decision makers, mainly urban planners and government.

Keywords: cities, ecosystem services, urban ecology, urban environments, wildlife-human conflicts, wildlife management.

1. ¿Por qué encontramos murciélagos en ciudades?

Los murciélagos son el segundo grupo de mamíferos más diverso del mundo, con más de 1300 especies descritas (Fenton y Simmons, 2014; Figura 1.). Sólo se encuentran debajo de los roedores en número de especies descritas. Esta característica, aunada a la gran variedad de adaptaciones conductuales, morfológicas y fisiológicas les permite persistir en una gran variedad de hábitats en el mundo. A pesar de que los murciélagos pueden habitar una gran parte de los ecosistemas del planeta, no todas las especies pueden persistir en ambientes urbanos.

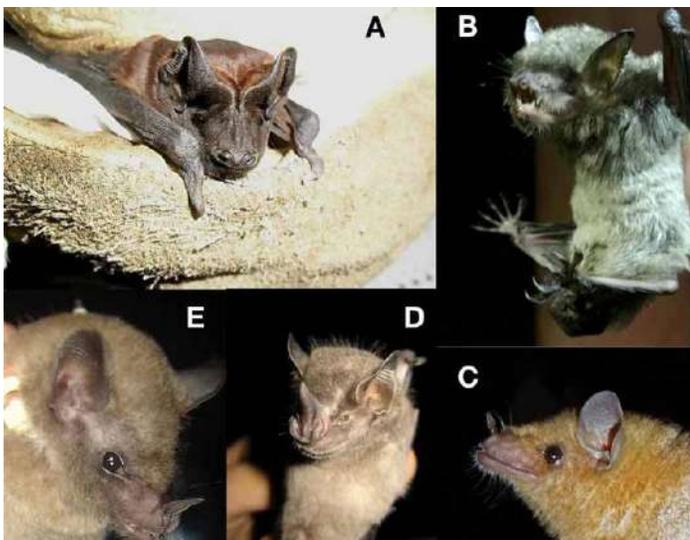


Figura 1. Algunas especies de murciélagos comunes en las ciudades de México. A) *Molossus rufus* (insectívoro), B) *Myotis velifer* (insectívoro), C) *Leptonycteris yerbabuenae* (nectarívoro), D) *Dermanura tolteca* (frugívoro), E) *Glossophaga soricina* (nectarívoro-frugívoro). Fotografías: Romeo Alberto Saldaña Vázquez y Jesús Rafael Hernández Montero.

Los estudios más recientes sobre la diversidad de murciélagos en ciudades de México han reportado de 3 hasta 16 especies (Gurrusquieta, 2015; MacGregor-Fors y col., 2016; Ferreyra-García y col., 2017). Estas especies, en su mayoría, se alimentan de fruta, néctar de flores e insectos, lo cual nos indica que las ciudades contienen recursos de origen vegetal y animal los cuales son aprovechados por los murciélagos (Saldaña-Vázquez y Schondube, 2016; Jung y Threlfall, 2018). Por lo tanto, la respuesta es simple, hay murciélagos en las ciudades porque en ellas encuentran alimento y refugio.

2. ¿En qué lugares de la ciudad y cuándo podemos encontrarlos?

A pesar de que las ciudades proveen de alimento y refugio a los murciélagos, estos no se encuentran de manera homogénea en las ciudades. El alimento que consumen los murciélagos urbanos se encuentra principalmente en áreas verdes, y cuerpos de agua (Gurrusquieta, 2015; Jara-Servín y col., 2017). Mientras que los refugios que suelen utilizar los murciélagos urbanos son casas abandonadas, plafones de casas y edificios, alcantarillas y árboles frondosos (Sampedro-Marín y col., 2008; López-Berrizbeitia y Díaz, 2013; Li y Wilkins, 2015). En algunas ciudades de México, como Cuernavaca y Tuxtla Gutiérrez, hay frutos disponibles para los murciélagos todo el año, lo que permite que ellos puedan estar presentes todo el año en estos ecosistemas urbanos (Gurrusquieta, 2015; Jara-Servín y col., 2017). Por lo tanto, si tu ciudad cuenta con las características antes mencionadas no será raro que tengas un encuentro con un murciélago. Debido a ello, es necesario tener la información básica para saber qué hacer en caso de encontrarte con uno o con muchos murciélagos.

3. ¿Qué hacer si me encuentro con un murciélago?

Lo primero que tienes que hacer es no entrar en pánico. Si el murciélago entró a tu domicilio debes facilitarle su salida. Debemos tener en cuenta que un murciélago “atrapado” en una casa estará nervioso, y en caso de querer manipularlo intentará defenderse con aleteos y mordidas. Nunca manipules un murciélago con las manos desprotegidas. Para retirarlo de tu domicilio tienes que capturarlo cuando esté posado sobre una pared y seguir los siguientes pasos: 1) conseguir una caja de zapatos, 2) cubrir el murciélago con esta, con mucha precaución para no lastimarlo y con las manos protegidas con guantes gruesos de cuero, 3) deslizar una hoja de cartón entre la pared y la caja, asegurándose de que el murciélago quede en el interior y tapado con la hoja de cartón (Figura 2.), 4) acondicionar pequeños orificios a la caja para que esté ventilada y colocar algún trapo dentro de la caja y un recipiente pequeño con agua para que el murciélago pueda beber, 5) por último, si el murciélago fue capturado en el día, esperar a que sea de

noche para abrir la caja en el exterior para su liberación, lo adecuado es que sea en un lugar alto, como una ventana o en una azotea, para que el murciélago pueda emprender vuelo por su cuenta (Rodríguez Herrera y col., 2015).

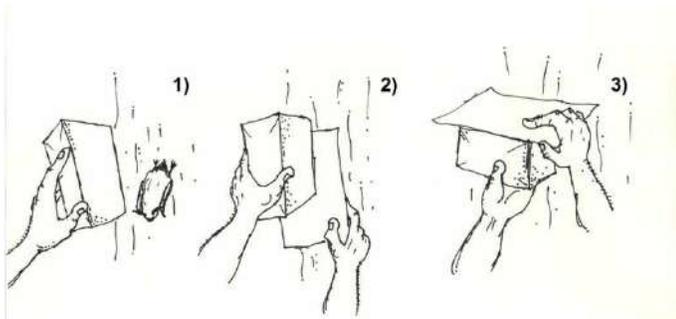


Figura 2. Pasos para poder capturar con una caja a un murciélago perchedo dentro de una casa y liberarlo sin riesgo de ser mordido. 1) Cubrir al murciélago con la caja, 2) Deslizar una hoja por debajo del murciélago, 3) Sacar al murciélago de la pared. Dibujo: Daniel Ferreyra-García.

Por último, en caso de que encuentres un murciélago muerto, lo mejor es que lo entregues a un biólogo o veterinario interesado en fauna silvestre, él sabrá qué hacer con él. Ellos se encuentran en universidades e instituciones de investigación. En caso de que en tu ciudad no haya un biólogo interesado en resguardarlo en alguna colección biológica lo que puedes hacer es tomarle fotos y subirlas a la plataforma de Naturalista (www.naturalista.mx) y después enterrarlo en un jardín. Naturalista es una red social para los interesados en socializar sus encuentros con fauna y flora silvestre. En ella existe un proyecto de observación de murciélagos del mundo, el cual agrupa los registros fotográficos de estos animales. Así estarás contribuyendo al conocimiento de las especies de murciélagos que habitan las ciudades del mundo.

5. ¿Qué factores promueven mayores encuentros entre murciélagos y humanos en las ciudades?

Uno de los factores que promueven los encuentros entre murciélagos y humanos en las ciudades es la escasez de refugios naturales para murciélagos, lejos de zonas habitadas por personas. Al igual que nosotros, los murciélagos necesitan de un refugio que les brinde protección

ante el clima y posibles depredadores. En ambientes no urbanos ellos suelen refugiarse y dormir en cuevas, copas de árboles, huecos de árboles y hasta hojas de árboles modificadas por ellos (Voss y col., 2016). Ciertas estructuras artificiales en la ciudad son similares a los refugios que ellos usan naturalmente, por ejemplo, las cúpulas de las catedrales y los espacios debajo de los puentes vehiculares pueden parecer para ellos cuevas y ser usados como refugios (Figura 3). Por lo tanto, la falta de refugios en zonas alejadas de la ciudad aumenta la probabilidad de un encuentro con ellos.

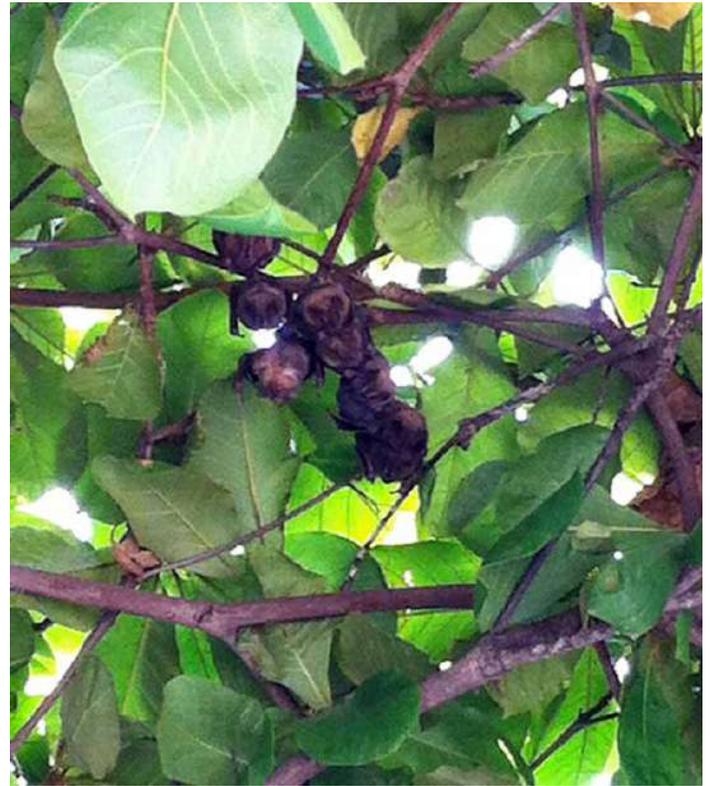


Figura 3. Murciélagos frugívoros gigantes (*Artibeus lituratus*) perchedos en un árbol de almendro (*Terminalia catappa*) plantado en una banqueta de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Fotografía: Romeo Alberto Saldaña Vázquez.

Debido a los hábitos nocturnos de los murciélagos, la luz artificial emitida durante la noche por luminarias públicas y otras fuentes pueden afectar su conducta e interacciones ecológicas. Por ejemplo, algunas especies de murciélagos insectívoros pertenecientes a las familias Molossidae y Vespertilionidae forrajean alrededor de luminarias públicas que emiten luz blanca –luminarias de halogenuro metálico (HID) y los diodos emisores de luz (LED)–, las cuales atraen grandes cantidades de mariposas nocturnas y otros insectos

tos (Wakefield y col., 2015). Otras especies como *Artibeus jamaicensis* podrían beneficiarse de la luz urbana y consumir los frutos de árboles que están iluminados durante la noche, lo que haría más eficiente su actividad de forrajeo. Sin embargo, especies nectarívoras como *Anoura geoffroyi* disminuyen su actividad en zonas de baja iluminación, menores a los 10 luxes. Esto sugiere que la luz artificial durante la noche puede determinar la presencia o ausencia de algunas especies de murciélagos en las ciudades.

Un último aspecto que aumenta la probabilidad de encuentros humano-murciélago en las ciudades es la presencia de árboles que consumen o polinizan los murciélagos en áreas verdes urbanas (Sazima y col. 1994). Por ejemplo, en la ciudad de Cuernavaca, del estado de Morelos se han encontrado hasta 19 especies de plantas de las cuales los murciélagos consumen sus frutos. Algunos de estos frutos también son consumidos por los humanos, como el mango (*Mangifera indica*), la guayaba (*Psidium guajava*), el capulín (*Muntingia calabura*) y el chicozapote (*Manilkara zapota*) (Gurrusquieta, 2015; Jara-Servín y col., 2017). Por lo tanto, si en tu jardín o parque favorito tienes árboles de alguna de estas especies, seguro tendrás murciélagos en algún momento.

6. ¿Qué podemos hacer para conservar y promover la convivencia adecuada con los murciélagos en las ciudades?

Estudios han demostrado que mantener áreas verdes dentro de las ciudades, como parques urbanos y parques lineales, permiten el establecimiento de algunas especies de animales, incluidos los murciélagos (Schiller y Horn, 1997; Russo y Ancillotto, 2015). Además, las calles arboladas o setos vivos funcionan como rutas de movimientos para murciélagos urbanos (Russo y Ancillotto, 2015). Por otra parte, la presencia de vegetación en ambientes urbanizados se ha definido como el principal factor que sustenta poblaciones de insectos que son presas de especies de murciélagos insectívoros (Ávila-Flores y Fenton, 2005) y de hojas y frutos para murciélagos folívoros (Novaes y Nobre, 2009). De esta manera la vegetación podría ser uno de los principales factores para diseñar corredores ecológicos dentro de ambientes urbanos, siempre y cuando también se les dé

mantenimiento, y que durante la noche tengan luminarias amigables para los murciélagos, ya que se ha demostrado que algunas especies prefieren tomar rutas arboladas y oscuras (Stone y col., 2009).

La presencia de gatos domésticos en las áreas urbanas es un factor de suma importancia que puede limitar el establecimiento de poblaciones de murciélagos. Aunque los datos en México son escasos, se ha observado que los gatos urbanos pueden cazar murciélagos de tamaño grande (> a 22 gramos) como las del género *Artibeus sp.* o *Leptonycteris sp.* Otros reportes de depredación de murciélagos por gatos reportan especies singulares como el murciélago vampiro *Desmodus rotundus*, y que los gatos visitan cuevas que albergan colonias de murciélagos, en donde pueden matar hasta 100 individuos en una noche (Martínez-Coronel y col., 2009). Por lo anterior, es de suma importancia que los tomadores de decisiones y manejadores consideren el control de fauna doméstica que se ha establecido en las ciudades y que constituya una amenaza para la conservación de los murciélagos urbanos.

Resúmenes curriculares

Romeo A. Saldaña-Vázquez

Investigador mexicano interesado en la ecología de fauna en ambientes antropizados. Sus principales líneas de investigación son conocer los mecanismos que determinan la presencia, abundancia y actividad de estos en ciudades y sistemas agrícolas.

Daniel Ferreyra-García

Estudiante mexicano de maestría interesado en ecología general de murciélagos. Actualmente realiza un estudio sobre murciélagos insectívoros de un área urbana subtropical el cual trata de evaluar qué factores urbanos y ambientales determinan sus patrones de actividad.

Guillermo Vázquez-Domínguez

Mexicano, estudiante de doctorado interesado en entender los efectos de las perturbaciones antrópicas en la ecología de los animales silvestres. Actualmente investiga los efectos de la contaminación lumínica en la conducta, fisiología e interacciones de murciélagos neotropicales.

Referencias Bibliográficas

- Ávila-Flores, R. y Fenton, M. B. (2005). Use of spatial Features by foraging Insectivorous Bats in a large Urban Landscape. *Journal of Mammalogy*, 86(1):1193-1204.
- Botadina, F., Schofield, H. y Naef-Daenzer, B. (2002). Radio-tracking reveals that Lesser Hoerseshoe Bats (*Rhinolophus hipposideros*) forage in Woodland. *Journal of Zoology*, 258: 281-290.
- Fenton, M. B. y Simmons, N. (2014). *Bats a World of Science and Mystery*. The University of Chicago Press.
- Ferreyra-García D, Saldaña-Vázquez R. A., y Mendoza E. (2017). *Macrotus waterhousii* en Morelia, México. *Boletín de la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos*, 8: 20-23.
- Gurrusquieta-Navarro M. C. (2015). Dieta de murciélagos frugívoros en la zona urbana de Cuernavaca Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Morelos.
- Jara-Servín A. M., Saldaña-Vázquez R. A., y Schondube J. E. (2017). Nutrient availability predicts frugivorous bat abundance in an urban environment. *Mammalia* 81: 367-374.
- Jung K, Threlfall C. G. (2018). Trait-dependent tolerance of bats to urbanization: a global meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285: 20181222.
- Li, H. y Wilkins, K. T. (2015) Selection of building roosts by mexican free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*) in an urban area. *Acta Chiropterologica*, 17(2): 321-330.
- López-Berrizbeitia, M. G. y Díaz, M. M. (2013). Diversidad de murciélagos (Mammalia, Chiroptera) en la ciudad de Lules, Tucumán. *Acta Zoológica Mexicana*, 29: 234-239.
- MacGregor-Fors, I., Escobar, F., Rueda-Hernández, R., Avendaño-Reyes, S., Baena M, y Bandala V. (2016). City "Green" Contributions: The Role of Urban Greenspaces as Reservoirs for Biodiversity. *Forests* 7: 146-15.
- Martínez-Coronel, M., Morales-Medina, X., y Müdespaer-Ziehl, C. (2009) Depredadores de murciélagos en la cueva de Los Laguitos, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 3: 82-91.
- Novaes, R. L. M. y Nobre, C. C. (2009). Dieta de *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) em área urbana na cidade do Rio de Janeiro: Frugivoria e novo registro de folivoria. *Chiroptera Neotropical*. 15(2): 487-493.
- Rodríguez Herrera, B., y cols. (2015). Murciélagos que habitan en edificaciones humanas. En San José (Ed.), *Murciélagos y Techos* [pp. 23-31]. Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología.
- Russo, D. y Ancilloto, L. (2015). Sensitivity of bats to urbanization: A review. *Mammalian Biology*, 80(3): 205-212.
- Saldaña-Vázquez, R. A., y Schondube, J. E. (2016). La masa corporal explica la dominancia de *Artibeus* (Phyllostomidae) en ambientes urbanos. In: Ramirez-Bautista A, Pineda-Lopez R (eds) *Fauna Nativa en Ambientes Antropizados*, 23-33.
- Sampedro-Marín, A. C., Martínez-Bravo C. M., Otero-Fuentes, Y. L., Santos-Espinoza, L. M., Osorio-Ozuna, S. y Mercado-Ricardo, A. M. (2008). Presencia del murciélago casero *Molossus molossus* Pallas, 1776 en la Ciudad de Sincelejo, Departamento de Sucre, Colombia. *Caldasia*, 30: 495-503.
- Schiller, A. y Horn, S. P. (1997). Wildlife conservation in urban greenways of the mind-southeastern United States. *Urban Ecosystems*, 1: 103-116.
- Stone, E. L., Jones, G. y Harris, S. (2009). Street lighting disturbs commuting bats. *Current Biology*. 19(13): 1123-1127.
- Voss, R. S., Fleck, D. W., Strauss, R. E., y Velazco, P. M. (2016). Roosting ecology of Amazonian bats: Evidence for guild structure in hyperdiverse mammalian communities. *American Museum Novitates*: 43pp.
- Wakefield, A., Stone, E. L., Jones, G. y Harris, S. (2015). Light-emitting diode street lights reduce last-ditch evasive manoeuvres by moths to bat echolocation calls. *Royal Society Open Science*, 2: 150291.





Análisis de aptitud para el cultivo de Damiana (*Turnera diffusa*. Will. Ex Schult; Passifloraceae) en el estado de Querétaro, México

Damiana (*Turnera diffusa*. Will. Ex Schult; Passifloraceae) crop suitability analysis in the Queretaro state, Mexico

Puga-Guzmán Paola¹., Luna-Soria Hugo², Magallán-Hernández Fabiola^{3*}

¹Licenciatura en Horticultura Ambiental. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. Av. De las ciencias s/n, Juriquilla, 76230. Santiago de Querétaro, Qro. ²Docente-investigador. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. Av. De las ciencias s/n, Juriquilla, 76230. Santiago de Querétaro, Qro.

*Autor para correspondencia: fabiola.magallan@uaq.mx Tel. 4421520528

Resumen

La aptitud territorial se refiere al nivel de adecuación de un determinado sitio para alguna actividad en específico. *Turnera diffusa* Willd. ex Schult (Damiana) es una planta nativa de México comercializada por sus propiedades terapéuticas. Sin embargo, no se han llevado a cabo evaluaciones específicas de las posibles zonas de cultivo bajo esquema de agronegocio. El objetivo de este trabajo fue utilizar los Sistemas de Información Geográfica, como apoyo para la determinación y análisis del potencial de áreas en el estado de Querétaro que presenten características apropiadas para el cultivo de Damiana. Se consideraron seis variables sobre las condiciones climáticas y ecológicas del estado, los requerimientos de la especie se obtuvieron por medio de revisiones bibliográficas y fichas técnicas. Se generaron cuatro niveles de aptitud [4-Muy apto, 3-Apto, 2-Moderadamente apto y 1-Poco apto], donde el 4 es el nivel más alto de aptitud y uno es el nivel mínimo. Asimismo, se elaboró un mapa donde se asignaron valores para definir el nivel de aptitud del estado. La mayor superficie con potencial 4-Muy apto para el cultivo de esta especie se encuentra distribuida en las regiones Centro y Norte del estado, mientras que el potencial 3-Apto está distribuido en las regiones Centro y Sur, principalmente. El identificar los sitios adecuados para el cultivo de Damiana es una estrategia sustentable que contribuye a la conservación de la especie en su hábitat.

Palabras clave: Aptitud territorial, cultivo, plantas medicinales, plantas nativas, *Turnera diffusa*.

Abstract

Land suitability establishes the degree of fitness for a specific activity on a certain site. Turnera diffusa Willd. ex Schult (Damiana) is a native Mexican plant commercialized for its therapeutic properties. Despite this use, there is a lack of specific evaluation studies on suitable site recognition. Therefore, through the use of Geographic Information Systems potential areas on the Queretaro state, appropriate for the crop, were determined. Six variables, including climate, ecological and species requirements were considered. In this analysis, four levels of suitability were established; being four the highest suitability level, and one the lowest, which were assigned to a map. Queretaro State has high suitability areas on the center and north part of the state, while the south and center zones presents a moderate suitability. The recognition of Queretaro suitable areas for the Damiana cultivation is an important tool that contributes to the conservation of this species at their natural habitats.

Key words: crop, medicinal plants, Querétaro, Suitability analysis, Turnera diffusa.

Introducción.

La aptitud o vocación territorial se refiere al nivel de aprovechamiento de un sitio para alguna actividad en particular, tomando en cuenta las características naturales del terreno y sus limitantes (CONCYTEC, 2002). El análisis de aptitud es parte del proceso de planeación del desarrollo regional y local, con base en el resultado de este, se generará el destino del uso del terreno (Plasencia y Mendoza, 2010). Este análisis se desarrolla a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permiten la generación de mapas de aptitud territorial, los cuales muestran si el terreno es adecuado para una determinada actividad (SEMARNAT, 2018).

El estado de Querétaro ha tenido fuertes cambios en el uso de suelo, principalmente con el crecimiento de las zonas urbanas; el cual se ha presentado considerablemente en áreas que anteriormente eran usadas para la agricultura tanto de temporal como de riego, así como en áreas de vegetación natural del estado (CONCYTEQ, 2002).

Turnera diffusa Willd. ex Schult, conocida comúnmente como Damiana, es una planta nativa de México, ampliamente comercializada por sus propiedades terapéuticas y medicinales. La colecta y venta de Damiana, por parte de los habitantes de localidades rurales en México, representa un ingreso familiar para ellos durante la temporada de lluvias. Sin embargo, existen problemas en la cadena comercial de *T. diffusa*, tales como la falta de producción continua, el precio que se les paga a los colectores locales y la disminución creciente del recurso natural en su hábitat (Alcaráz-Meléndez y Véliz-Murillo, 2006).

A pesar de su importancia económica en el estado de Querétaro, la Damiana se obtiene mayormente a través de la colecta en su estado silvestre, sin tener registros de zonas donde se pueda cultivar. Es probable que las poblaciones silvestres se encuentren en riesgo por la colecta intensiva y la falta de manejo del recurso, por lo que es importante llevar a cabo el diagnóstico en el estado de Querétaro y la propuesta de zonas que cuenten con las características aptas para implementar su cultivo.

1.1 Información general de la especie.

Turnera Diffusa Willd. ex Schult es un arbusto medicinal de la familia Passifloraceae (APG IV: 2016). En México, sus

poblaciones silvestres se distribuyen frecuentemente en sierras altas, llanuras y cañones, en regiones de roca caliza, en altitudes de 1000 a 2100 msnm. Se encuentra en regiones de clima semicálido a templado y en menor proporción en climas cálidos. Se localiza en regiones cuyo intervalo de precipitación es de 500 a 1000 mm y la temperatura media anual es de 14 a 24°C. No soporta suelos inundables o arcillosos. Se asocia a vegetación de selva baja caducifolia, pastizal, matorral xerófilo y vegetación secundaria de bosque de *Quercus*. En el estado de Querétaro, se asocia a matorral submontano y matorral xerófilo (Juárez y col., 2013), en los municipios de Cadereyta, Colón, Peñamiller, Pinal de Amoles, San Joaquín y Tolimán (Magallán y col., 2016).

El objetivo de este trabajo fue analizar y determinar el potencial de áreas, del estado de Querétaro, que cuenten con características apropiadas para el cultivo de *T. diffusa*, usando como herramienta de análisis los Sistemas de Información Geográfica.

2. Materiales y métodos.

2.1 Área de estudio.

El estado de Querétaro de Arteaga es una de las 32 entidades federativas de los Estados Unidos Mexicanos, ubicado en el centro norte del país, comprende 18 municipios. En la entidad se encuentra una región natural de semidesierto, la cual contiene un considerable número de especies vegetales endémicas, así como bosques templados y tropicales al Noroeste (Bayona, 2016a). Por su ubicación geográfica, el estado de Querétaro posee tres grandes grupos de climas, al sur del estado predominan climas templados subhúmedos [C (w₁) (w)], mientras que en la región central son predominantes los climas secos y semisecos (BS1 hw), finalmente en la región Noroeste los climas que dominan son cálidos y semicálidos subhúmedos [A(C)w₀ (w)] (Luna y Suzán, 2016). Los suelos del estado de Querétaro en su mayoría son suelos minerales, no hay abundancia de suelos orgánicos, es decir, formados mayoritariamente por materia orgánica (Bayona, 2016b).

2.2 Definición de las variables.

La delimitación de las zonas con potencial para el cultivo de la especie se llevó a cabo a través de una revisión bibliográfica de las disponibilidades agroecológicas del es-

tado. Para la clasificación de las zonas con potencial para el cultivo, fue necesario conocer previamente cuáles son las necesidades específicas de la especie de estudio. En este análisis se consideraron seis variables: 1) Temperatura, 2) Precipitación media anual, 3) Uso de suelo y vegetación, 4) Edafología, 5) Clima y 6) Pendiente. Las bases de datos y capas que se utilizaron fueron: 1) ‘Temperatura’. Escala 1:1,000,000. México. 2) ‘Precipitación media anual’ Escala 1:4,000,000. México 3) ‘Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación’ Escala 1:250,000. México 4) ‘Edafología’. Escala 1:250,000. México. 5) ‘Climas’ clasificación de Köppen, modificado por García [1998]. Es-

cala 1:250,000. México. 6) Pendiente. Derivada del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 [INEGI, 2012].

2.3 Ponderación de las variables.

Para llevar cabo la ponderación de las variables se utilizaron valores del uno al diez, generando así cuatro niveles de aptitud: 4-Muy apto, 3-Apto, 2-Moderadamente apto y 1-Poco apto. Donde el cuatro es el nivel más alto de aptitud y uno es el nivel con la menor aptitud; este procedimiento se aplicó a las seis variables propuestas tomando en cuenta los requerimientos de la especie con las características del estado de Querétaro. [Tabla 1-7].

Tabla 1. Ponderación de variables edafológicas (FAO, 1968) para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult.

Tipos de suelo	Valor	Justificación.
Acrisol	1	Suelo pobre en nutrientes y ácidos, por lo tanto, no cumple con los requerimientos de la especie.
Cambisol	4	Buen contenido de materia orgánica pero es pobre en nutrientes.
Castañozem	5	Rico en nutrientes y en materia orgánica, puede contener carbonatos, <i>T. diffusa</i> crece en lugares con carbonatos de manera natural.
Chernozem	10	Rico en materia orgánica y nutrientes así como carbonatos, cumple con los requerimientos de la especie.
Feozem	10	Rico en materia orgánica y nutrientes así como carbonatos, cumple con los requerimientos de la especie.
Litosol	1	Suelo con menos de 10 cm de profundidad, y no es suelo apto para la agricultura.
Luvisol	1	Suelo con arcillas acumuladas, la especie no soporta suelos arcillosos.
Planosol	1	Suelos con drenaje deficiente, la especie requiere buen drenaje.
Regosol calcárico	2	Posee carbonatos, pero es poca la profundidad de estos suelos.
Rendzina	10	Suelos carbonatados, profundos, ricos en nutrientes y en materia orgánica. Cumple con las condiciones para el cultivo de <i>T. diffusa</i> .
Vertisol	1	Suelos arcillosos, muy agrietados y no aptos para el cultivo de <i>T. diffusa</i> .
Yermosol	1	Suelos con capa superficial delgada débilmente desarrollada, la cual es muy pobre en materia orgánica. No apto para agricultura.

Tabla 2. Ponderación de variables climáticas para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult.

Clasificación de Köppen ¹	Valor	Justificación.
Cw	10	Clima templado, subhúmedo con temperatura media anual de los 12- 18°C. Cumple con los requerimientos de la especie.
(A)Cw	5	Semicálido, la temperatura media anual es mayor a los 18 °C. Cumple con los requerimientos de la especie, aunque se distribuye en menor medida en climas cálidos.
BS	5	Semiárido, cálido, temperaturas mayores a 22 °C. Adecuado para la especie.
(A)C(m)	10	Temperatura media anual mayor a 18 °C, siendo la máxima 22 °C. Adecuado para la especie.
C(m)	10	Templado, temperatura media anual de 12- 18 °C, siendo la máxima 22 °C. Adecuado para la especie.
C(b)	2	Semifrío, temperatura media anual de 12 °C, siendo la mínima menor a los 22 °C. La especie es susceptible a heladas.
(A)f	3	Cálido, temperatura del mes más caliente mayor a 22°C. La especie no se distribuye en climas cálidos.

¹ Modificado por García (1988)

Tabla 3. Ponderación de variables de temperatura para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. Ex Schult.

Temperatura promedio [°C]	Valor	Justificación.
36 -38 32-34	1	La especie no es tolerante a climas cálidos, mayores a 24 °C.
30-32	1	<i>T. diffusa</i> se encuentra en menor proporción se encuentra en climas cálidos.
28-30	5	Las variables se encuentran dentro del rango que tolera la especie en su hábitat, considerando que el máximo de temperatura que llega a soportar es de 30 °C.
26-28	10	Se encuentra dentro del rango aceptable de temperatura.
24-26	10	
22-24	10	Se encuentra dentro de los requerimientos del cultivo.
0-2	1	<i>T. diffusa</i> es susceptible a heladas y temperaturas menores de 14 °C. Rangos menores de temperatura tienen valor no apto.
2-4	1	<i>T. diffusa</i> soporta temperaturas mínimas de 8 °C, al ser una especie semidesértica, es susceptible a heladas, por lo que no tolera temperaturas menores.
4-5	1	
5-6	1	
6-8	3	
8-10	3	Temperatura mínima para el establecimiento de la especie, tomando en cuenta que puede desarrollarse raquíticamente, aspecto que no se requiere en condiciones de cultivo.
10-12	4	Entra en el rango mínimo de temperatura que soporta la especie, puede ser susceptible en su desarrollo a bajas temperaturas.
12-14	10	Entra dentro de los requerimientos del cultivo, pues soporta temperaturas mínimas de 14 °C.

Tabla 4. Ponderación de variables de precipitación para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult

Precipitación media anual (mm)	Valor	Justificación.
300-400	10	Se encuentran dentro del intervalo de requerimientos de la especie. Tolerancia de 500 a 1000 mm de precipitación.
400-500	10	Requerimientos mínimos para el establecimiento de la especie.
500-600	10	Se encuentran dentro del intervalo de requerimientos de la especie.
600-800	10	
800-1000	5	Se encuentra dentro del rango que tolera la especie, sin embargo, niveles máximos de precipitación en el cultivo puede generar pérdida de calidad de planta.
1000-1200	1	Variables mayores a 1000 mm de precipitación media anual tienen niveles no aptos o moderadamente aptos pues la especie es susceptible a inundaciones y mala infiltración.
1200-1500	1	
1500-1800	1	

Tabla 5. Ponderación de variables de uso de suelo y vegetación para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult.

Uso de suelo y vegetación	Valor	Justificación.
Agricultura de temporal	10	En los sitios destinados para la agricultura, existe un fácil acceso a recursos hídricos aunque solo en una temporada, aspecto que tendría que regularse en un cultivo.
Vegetación secundaria de bosque de encino	10	Se ha registrado el establecimiento de <i>T. diffusa</i> asociada a este tipo de vegetación.
Pastizal inducido	3	Se ha registrado el establecimiento de <i>T. diffusa</i> asociada a esta vegetación, aunque son suelos perturbados, se necesitaría incrementar los insumos para un cultivo adecuado.
Selva baja caducifolia	10	En el estado de Querétaro se distribuye de manera natural en esta vegetación, al igual que en el matorral rosetófilo.
Matorral rosetófilo	10	
Agricultura de riego anual	10	En los sitios destinados para agricultura es fácil el acceso a recursos hídricos.
Matorral submontano	10	En el estado de Querétaro se distribuye de manera natural en esta zona
Asentamiento humano	1	No se encuentran las condiciones adecuadas de la especie y existe limitación espacial y por recursos.
Bosque de Pino- Encino	3	Se ha registrado la especie asociada a este tipo de vegetación.

Tabla 6. Ponderación de variables de pendiente para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult

Pendiente	Valor	Justificación.
0	10	En sitios planos, es más fácil la adaptación del cultivo, y existe mayor disponibilidad de recursos que en sitios inclinados [López-Méndez y col. 2013].
0-2	10	
2-5	2	Para cuestiones de cultivo, es más adecuado establecerse en planicies.
5-10	1	
>10	1	

Una vez generadas las ponderaciones para cada variable, se elaboró el mapa que muestra la evaluación de aptitud en el estado. Cada capa tiene una tabla de atributos, en la cual se agregó una nueva fila denominada 'valor', colocando las ponderaciones para cada variable. Todos los vectores y rasters usados se trabajaron con el datum WGS 1984 UTM zona 14N. Se asignaron las calificaciones correspondientes en la fila 'Valor' con base en las condiciones y características que favorecen o limitan la actividad productiva para la especie en el estado. Una vez realizado, los vectores fueron convertidos a raster. Por último, se asignaron categorías de aptitud en función del

proceso de análisis jerárquico [Saaty, 2008] con los criterios de valor de cada variable para definir el nivel de aptitud del territorio, y se elaboró la salida cartográfica del mapa.

3. Resultados y discusión.

La ponderación dada a las variables muestra que, de cuatro niveles de aptitud generados en el estado de Querétaro, se presentan dos niveles predominantes: 2-Moderadamente apto y 3-Apto. Un 66 % de la superficie total del estado tiene un nivel 2-Moderadamente apto, mientras

que el 33% restante de la superficie total cuenta con un nivel 3-Apto (Figura 1).

De acuerdo con el análisis, 12 municipios muestran condiciones 2-Moderadamente aptas para el cultivo de *T. diffusa*, los cuales son: Cadereyta de Montes, San Juan del Río, Landa de Matamoros, Corregidora, Huimilpan, Colón, El Marqués, Ezequiel Montes, Pedro Escobedo, Arroyo Seco, Querétaro y Tolimán. Las condiciones aptas se presentan en los municipios de San Joaquín, Amealco de Bonfil, Jalpan de Serra, Peñamiller, Pinal de Amoles y Tequisquiapan.

La mayor superficie con nivel 2-Moderadamente apto para el cultivo de esta especie, se encuentra distribuida en las regiones Norte, Centro y Sur con 76,614 km² del área total del estado. El potencial 3-Apto está distribuido en las regiones Centro y Sur principalmente con 39,144 km² del área total del estado. En menor medida se tienen niveles 1-Poco aptos y 4-Muy aptos dentro del estado de Querétaro, Únicamente 64 km² del territorio estatal corresponden a nivel de 1-Poco apto, ubicados en los municipios de Peñamiller, Tolimán, Colón y Querétaro. El análisis mostró que 89.6 km² del territorio estatal tiene aptitud 4-Muy apto, los cuales se ubican dentro de los municipios de Jalpan de Serra, Peñamiller, Tolimán, Pinal de Amoles, Cadereyta y San Joaquín. Se observa que, los municipios de Cadereyta de Montes, Colón, Peñamiller, Pinal de Amoles, San Joaquín y Tolimán, zonas donde la Damiana se distribuye de manera natural dentro del estado de Querétaro (Magallán y col., 2016), presentan una aptitud nivel 3-Apta y 2-Moderadamente apta.

En la mayoría de las zonas áridas y semiáridas la agricultura compite por el uso de suelo (UNESCO, 1982). Por lo que, es probable que la disminución en el nivel de aptitud en la parte Centro y Sur del estado, se encuentre relacionado con la presencia de zonas agrícolas. Del total de la superficie del estado de Querétaro, el 28.36 % se encuentra ocupado por la agricultura de temporal anual, seguido del 17.38% ocupado en la agricultura de riego anual y 17.85 % de vegetación secundaria. De acuerdo a Llata (2002), el uso de suelo de estas zonas está dominado por asentamientos humanos, aspecto que limita las áreas destinadas para la introducción de cultivos, sin embargo, solo el 1.51% es utilizado por asentamientos humanos.

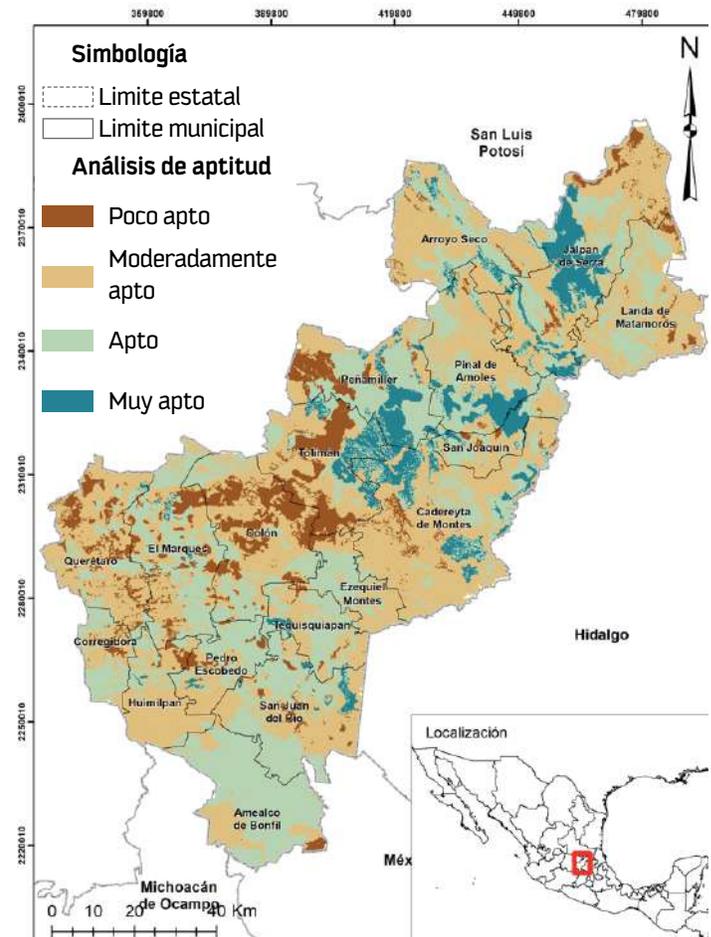


Figura 1. Análisis de aptitud territorial para el cultivo de *T. diffusa* en el estado de Querétaro

4. Conclusión.

Los resultados muestran las zonas potenciales para cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult, en el estado de Querétaro. Se resalta que este tipo de análisis permite obtener resultados y potencialidades, de una manera más exacta y en menor tiempo. Para este trabajo se identificaron los sitios más adecuados, con base en las características naturales que presenta actualmente el estado de Querétaro. Estos resultados podrían servir como una estrategia novedosa para el impulso de agro-negocios con *T. diffusa*, cuyo aprovechamiento sustentable puede ser redituable económicamente para las regiones con niveles 4-Muy aptos y 3-Aptos para su cultivo. A su vez, contribuye a la conservación de la especie, evitando su extracción en el medio silvestre, en caso de que se impulse

su cultivo en los municipios propuestos. De igual forma, el empleo de los SIG demuestra la utilidad en el análisis y distribución espacial para determinar la aptitud territorial para el cultivo de esta especie tomando en cuenta sus requerimientos. El estado de Querétaro presenta características adecuadas para el establecimiento de cultivos de dicha especie en 115,758 km².

Resumen curricular

Paola Puga Guzmán.

Egresada de la Licenciatura en Horticultura Ambiental de la Universidad Autónoma de Querétaro. Actualmente, encargada de propagación de plantas ornamentales y mantenimiento de jardinería en Puerta del Lobo, mpio. El Marqués, Qro.

Hugo Luna Soria.

Licenciado en Biología por la UAQ y Maestro en Geografía por la UNAM. Responsable del Laboratorio de Sistemas de información Geográfica en la FCN se ha desempeñado como profesor desde 2010 en la UAQ.

Fabiola Magallán Hernández.

Doctora en Ciencias Recursos Bióticos por la UAQ. Docente investigador en la FCN desde 2013. Una de sus líneas de investigación es la conservación, manejo y aprovechamiento de las plantas medicinales nativas de México.

Referencias bibliográficas

- Alcaráz-Meléndez, L., y Véliz-Murillo, M.G. (2006). Comercialización de una planta del desierto: *damiana* (*Turnera diffusa*). *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. X, núm. 19. Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde <http://www.redalyc.org/pdf/141/14101906.pdf>
- Bayona, A. (2016a). El estado de Querétaro. En *Historia Natural de Querétaro* (pp 17-18). Editorial Universitaria. Querétaro, Qro., México.
- Bayona, A. (2016b). Los suelos del estado de Querétaro. En *Historia Natural de Querétaro* (pp 71). Editorial Universitaria. Querétaro, Qro., México.
- Botanical Journal of the Linnean Society. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal*, 181, 1-20.
- Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC). (2002, Mayo). Uso actual y potencial del suelo en los municipios conurbados de Querétaro. Centro Queretano de Recursos Naturales. Extraído el 10 de julio de 2018 desde <http://www.concyteq.edu.mx/concyteq/uploads/publicacionArchivo/2017-06-212.pdf>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2012, marzo). Diccionario de datos edafológicos escala 1:250 000. Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/edafologia/doc/dd_edafologicos_v2_250k.pdf
- Juárez-Rosete, C., J. Aguilar-Castillo, M. Juárez-Rosete, R. Bugarín-Montoya, P. Juárez-López y E. Cruz (2013, diciembre). Hierbas aromáticas y medicinales en México: Tradición e Innovación. *Revista Bio Ciencias*; 2(3): 119-129. Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde https://www.researchgate.net/publication/269168694_HIERBAS_AROMATICAS_Y_MEDICINALES_EN_MEXICO_TRADICION_E_INNOVACION.
- Llata-Gómez, R. (2002). Uso actual y potencial en los municipios conurbados de Querétaro. *Concytec*. Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde <http://concyteq.edu.mx/PDF/Tomo%205.pdf>.
- López-Méndez, A., C. Armenta-López, A. Armenta-Bojórquez, H. Fraga-Palomino y J. Félix-Herrán. (2013, enero 21). Localización de zonas aptas para la agricultura protegida en Baja California sur, México. *Revista Agronomía Mesoamericana* 24(2):401-409. Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000200016.
- Luna, H. y Suzán, H. (2016). El clima actual en el Estado de Querétaro. En *Historia Natural de Querétaro* (pp 56). Editorial Universitaria. Querétaro, Qro., México.

- Magallán F., Alvarado., A y Ocampo., R. (2015). Informe técnico: protocolos de propagación de plantas nativas aromáticas y medicinales con uso potencial en la industria farmacéutica y cosmética. Fondo de vinculación tecnológica. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1968). Base referencial mundial del recurso suelo, un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. Roma
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO). (1982). Desarrollo de tierras áridas y semi áridas, obstáculos y perspectivas. Paris.
- Plascencia, H., y Mendoza, M. (2010). La evaluación de tierras. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde <http://www.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/601/evaluacion.pdf>.
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. Services Sciences, Vol. 1, No. 1. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Sistema Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA). México.





PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN MÉXICO. PARTE 1. MATERIAS PRIMAS.

PRODUCTION OF BIOFUELS IN MEXICO. PART 1. RAW MATERIALS.

Fernando Israel Gómez-Castro^{1*}, Claudia Gutiérrez-Antonio², Salvador Hernández¹, Carolina Conde-Mejía³, Antioco López-Molina³, Ricardo Morales-Rodríguez¹

¹ Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Noria Alta s/n, Col. Noria Alta, Guanajuato, Guanajuato, 36050, México.

² Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario, Cerro de las Campanas S/n, Col. Las Campanas, Querétaro, Querétaro, 76010, México.

³ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Carretera Villahermosa-Comalcalco km. 27, Jalpa de Méndez, Tabasco, 86200, México.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: fgomez@ugto.mx

Resumen

Los combustibles renovables, o biocombustibles, son obtenidos a partir de materia prima renovable, y representan una alternativa sustentable a los combustibles fósiles. Entre las materias primas que pueden procesarse para obtener combustibles renovables se encuentran los aceites vegetales, las grasas animales, los residuos agroindustriales, entre otros. En los primeros años de desarrollo de los biocombustibles se emplearon aceites comestibles para su producción, así como maíz y caña de azúcar, lo cual generó incertidumbre respecto a una posible competencia entre los sectores de alimentación y energía. A pesar de que en los últimos años se han propuesto materiales alternativos para evitar dicha competencia, el temor prevalece en la opinión pública. Debido a esto, en este trabajo se expone la evolución en las materias primas propuestas y estudiadas para la producción de biocombustibles, así como su potencial de producción en México.

Palabras clave: biocombustibles, materia prima, potencial productivo.

Abstract

Renewable fuels or biofuels are obtained from renewable raw materials, and they represent a sustainable alternative to the fossil fuels. Among the materials that can be processed to obtain biofuels, vegetable oils, animal fats, agroindustry residues, among others, can be mentioned. On their first years of the development of biofuels production processes edible oils were used along with corn and sugarcane. This activity caused uncertainty in terms of potential competition between the food and energy sectors. Even though alternative raw materials have been proposed in the last years to avoid such competition, the fear prevails in the public opinion. With this in mind, in this work the evolution of the proposed and studied raw materials for the production of biofuels is presented. Moreover, the production potential of such materials in Mexico is discussed.

Keywords: biofuels, productive potential, raw material.

Introducción

El ser humano necesita energía para realizar sus actividades. Desde la época del hombre primitivo, al descubrir la forma de producir fuego, se comenzó a emplear energía térmica para cocinar los alimentos, obteniendo dicha energía a partir de un material combustible. A partir de la revolución industrial, el uso de combustibles ha crecido de manera importante; por ejemplo, en la generación de vapor para impulsar a los trenes se usaba originalmente carbón, uno de los combustibles sólidos de origen fósil más empleados. Hoy día, la energía eléctrica se produce, en gran parte, a través de la quema de combustibles fósiles. Las necesidades de calentamiento en la industria suelen satisfacerse a través de energía eléctrica o de vapor, para lo cual se requiere energía térmica, obtenida por medio de la quema de combustibles fósiles, tales como el gasóleo o el gas natural. El transporte de pasajeros y materiales implica también el uso de combustibles fósiles. Esto plantea dos problemáticas principales. La primera se refiere a la disponibilidad de esta fuente de energía. Hasta finales del 2017, las reservas mundiales eran de 1,696.6 billones de barriles, con lo cual se puede satisfacer la demanda actual por 50.2 años (BP, 2018). Sin embargo, la disponibilidad del petróleo varía con el tiempo, ya que esta industria continúa explorando nuevos campos; además, algunas reservas se encuentran en zonas de aguas profundas, dificultando su extracción y elevando los costos asociados, debido a la necesidad de tecnologías más sofisticadas. Así pues, las reservas de esta materia prima son muy variables. La predicción del pico máximo de producción siempre ha sido un tema controvertido; algunos autores indican que el máximo de producción ya se alcanzó (Hubbert, 1969), mientras que otros indican que se alcanzará muy pronto, en el año 2021 (Yang, 2015). Lo cierto es que el petróleo se agotará, tarde o temprano. Adicionalmente, muchas de las grandes reservas a nivel mundial se encuentran en zonas políticamente inestables. La segunda problemática se refiere a los diversos efectos negativos al ambiente que el uso desmedido de combustibles fósiles ha ocasionado. Algunos de estos efectos incluyen el agujero en la capa de ozono y la acidificación de los océanos, así como la aceleración en las variaciones climáticas del planeta (Lenton y col., 2009); lo anterior también ha originado incrementos importantes en la

temperatura media en distintas zonas, así como un aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos naturales tales como huracanes, tormentas tropicales, crecimiento desmedidos de especies marinas invasivas, entre otras consecuencias negativas. Estas situaciones, tanto económicas como ambientales, han motivado el desarrollo de fuentes alternas de energía que sean renovables y de menor impacto ambiental que las tradicionales. Para sectores como el de transporte, el industrial y el de generación de energía, los biocombustibles representan una alternativa renovable a los combustibles fósiles. Los biocombustibles se obtienen a partir de fuentes renovables, entre las que se incluyen cultivos y desechos de diferente índole. Lo anterior implica que estos combustibles pueden producirse empleando materia prima local, promoviendo la independencia energética para cada nación. México es un país con un alto potencial productivo de distintos cultivos, así como una gran producción de residuos, lo cual lo hace un candidato idóneo para el desarrollo de una industria de biocombustibles. En las primeras etapas del desarrollo de los procesos de producción de los biocombustibles se empleaban materiales como maíz y caña de azúcar, así como aceites comestibles, lo cual ocasionó incertidumbre sobre una posible competencia entre el sector energético y el de alimentos. Aunque en los últimos años se han desarrollado procesos para obtener biocombustibles a partir de materia prima no comestible, la desconfianza prevalece en un sector de la población. Así pues, en este trabajo se presentarán algunas de las materias primas que se han propuesto para la obtención de biocombustibles, tanto comestibles como no comestibles, y se discutirá su potencial como materia prima en la producción de biocombustibles. En una segunda parte de este trabajo, se describirán a fondo los principales biocombustibles con potencial de desarrollo en el corto plazo, así como los retos para la implementación de una industria de energía renovable en el país.

2. Aceites vegetales

El uso de aceites vegetales como materia prima para producir combustibles, o inclusive como combustibles por sí mismos, no es algo novedoso; el mismo Rudolph Diesel probó originalmente su motor empleando aceite de cacahuate en 1900. Sin embargo, los aceites vegetales son muy

viscosos, y a largo plazo pueden ocasionar problemas en el sistema de inyección del motor. Debido a lo anterior, para ser empleados como combustibles los aceites vegetales deben ser modificados, con el fin de obtener un líquido

con características físicas apropiadas para la operación del motor. La Tabla 1 presenta un resumen de los tipos de aceites empleados para la producción de biocombustibles que se describirán en esta sección.

Tabla 1. Resumen de tipos de aceites para la producción de biocombustibles.

Generación	Ejemplos de aceites	Ventajas	Desventajas
Primera	Aceite de colza, aceite de palma, aceite de girasol	Alta disponibilidad Fácil transformación	Son aceites comestibles, o provienen de fuentes comestibles. Alto costo
Segunda	Aceite de higuera, aceite de <i>Jatropha curcas</i>	No son comestibles Arbustos resistentes	Baja productividad de aceite Alto requerimiento de agua para riego
	Aceite de re-uso	Bajo costo. Se evita su disposición a drenaje	Se requiere un sistema de recolección Requieren tratamientos adicionales
Tercera	Aceite de micro-algas	Alta productividad de aceite No requieren uso de tierras de cultivo	Alto requerimiento de agua Procesos complejos de cosecha y extracción de aceite

Inicialmente, se propusieron como materias primas para la producción de combustibles renovables aceites como el de canola, coco, girasol, ajonjolí, entre otros, los cuales se denominan de primera generación. Sin embargo, estos aceites se emplean en la alimentación humana, por lo que su uso en la producción de combustibles podía poner en riesgo la seguridad alimentaria. Debido a esto surge la segunda generación de materias primas, que incluye aceites obtenidos de semillas que no son comestibles, tales como la higuera o las variedades de *Jatropha*, particularmente *Jatropha curcas* L. o piñón mexicano. Ambas especies tienen la ventaja de crecer en terrenos considerados inapropiados para los cultivos alimenticios. Estas semillas han generado particular interés como materia prima de biocombustibles en México, debido a su potencial productivo; de acuerdo con el INIFAP (Díaz Padilla y col., 2012) en México se cuenta con 3,138,302 hectáreas con potencial productivo alto para el cultivo de *Jatropha*, así como 7,779,867 hectáreas con potencial productivo medio; para higuera son 8,001,417 hectáreas con potencial alto y 9,912,719 hectáreas con potencial medio. Los estados con mayor potencial productivo alto de *Jatropha* son Veracruz (24.47%), Chiapas (13.11%) y Guerrero (12.15%); en cuanto al potencial medio, se tiene mayor aportación de los estados de Sinaloa (20.64%), Tamaulipas (20.31%) y

Sonora (9.06%). Para el cultivo de *Jatropha*, Veracruz, Guerrero y Chiapas contribuyen con aproximadamente 50% del total de superficie con alto potencial. Respecto al cultivo de higuera, la mayor proporción de potencial alto se encuentra en Tamaulipas (20.85%), Sinaloa (17.83%) y Jalisco (11.31%); para potencial medio, los estados con mayor contribución son Zacatecas (11.15%), Guanajuato (10.07%) y Jalisco (8.52%). Para higuera, Tamaulipas, Sinaloa y Jalisco aportan el 50% de superficie con alto potencial. La Figura 1 muestra una el potencial para cultivo de *Jatropha* e higuera en el país.

Los aceites de segunda generación tienen dos desventajas principales: primera, la cantidad de aceite que se obtiene por hectárea de semilla es relativamente baja. En el caso de la *Jatropha* se estima una producción de aceite de 1,892 litros por hectárea anuales, mientras que para la higuera se estiman 1,413 litros de aceite por hectárea anuales (Atabani y col., 2012). Asimismo, se ha estimado un potencial de producción de hasta 5 toneladas de semilla de *Jatropha curcas* a partir del quinto año de cultivo (Huerta Reza y col., 2010), así como 1.8 a 3 toneladas por hectárea de higuera sembrada, la cual puede cosecharse aproximadamente 150 días después de su siembra (SAGARPA, 2017).



Figura 1. Estados con potencial productivo para el cultivo de *Jatropha* e higuierilla

La segunda desventaja de dichos aceites es que, a pesar de que pueden crecer en terrenos inapropiados para los cultivos alimenticios, se requiere una gran cantidad de agua para mantener en buenas condiciones los arbustos. Por ello, el territorio reportado como de alto potencial para *Jatropha* [Veracruz, Chiapas, Guerrero y Nayarit] y para higuierilla [Tamaulipas, Sinaloa, y Jalisco] posee condiciones de lluvia capaces de satisfacer los requerimientos de agua de los arbustos [Díaz Padilla y col., 2012]. Sin embargo, existen otras regiones en las cuales es viable el cultivo de *Jatropha* e higuierilla, pero requieren riego artificial.

En años recientes se ha desarrollado una tercera generación de materias primas, la cual incluye algas y micro-algas. Las micro-algas permiten obtener una cantidad muy alta de aceite, entre 58,700 y 136,900 litros por hectárea anuales, dependiendo del tipo de micro-alga [Atabani y col., 2012], y no requieren de tierras de cultivo. El medio de crecimiento de estos microorganismos es agua, en grandes volúmenes, y se requieren nutrientes, así como una fuente de carbono. Para aminorar el consumo del recurso hídrico podrían implementarse estrategias de reciclaje; otra alternativa propone el cultivo y

crecimiento de micro-algas empleando aguas residuales. Esta segunda alternativa ha recibido mucha atención, ya que las micro-algas tienen la capacidad de remover bacterias, nitrógeno, fósforo y metales pesados de las aguas residuales, generándose una oportunidad de tratamiento de este tipo de aguas y el simultáneo crecimiento de las micro-algas para la producción de aceite [Rawat y col., 2011; Abdel-Raouf y col., 2012]. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua en México, al año 2015 alrededor de 7,862,400 metros cúbicos por día de aguas residuales municipales no fueron tratadas, mientras que a nivel industrial el volumen fue de 12,450,240 metros cúbicos por día [CONAGUA, 2016]. Esto es un claro indicativo del potencial de cultivo de micro-algas con aguas residuales en México. No obstante, el mayor reto para la disposición de biomasa de micro-algas a gran escala se encuentra en el diseño eficiente de los métodos de cosecha de estos microorganismos. Igualmente, el diseño de la etapa de extracción de aceite a partir de la biomasa con bajo consumo de energía es una de las principales barreras técnicas en la ruta de producción de aceites de micro-algas. Una categoría especial de materia prima, que se clasifica como de segunda generación, incluye los aceites vege-

Fernando Israel Gómez-Castro, Claudia Gutiérrez-Antonio, Salvador Hernández, Carolina Conde-Mejía, Antioco López-Molina, Ricardo Morales-Rodríguez [pp. 41- 50]

tales de re-uso; es decir, aceite de cocina que ha terminado su ciclo en la preparación de alimentos, pero que puede tener un segundo uso como materia prima para obtener biocombustibles. Se ha reportado una disponibilidad de 10 millones de toneladas anuales de aceite de cocina de re-uso en los Estados Unidos (Gui y col., 2008). En México se han reportado estimados entre 0.21 y 0.473 millones de toneladas de aceite de cocina de re-uso disponibles para producción de biodiésel al año 2010 (Sheinbaum-Pardo y col., 2013). Por otra parte, se ha reportado al año 2016 la recolección de 8,300 L de aceite residual en empresas del Puerto Interior (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2016). Asimismo, en la Universidad Autónoma de Querétaro se recolectan mensualmente 600 L de aceite de re-uso en 10 sitios distintos, incluyendo cafeterías, hospitales, hoteles y restaurantes. En la región sureste, en un estudio realizado en el municipio de Emiliano Zapata, Tabasco, se reporta que se tiene un potencial de recolección de 5,000 litros por mes de aceite de re-uso (Gasca González, 2017). Este tipo de aceite es económico, pues se trata en principio de un desecho. Por otra parte, su uso como materia prima evita que se

deseche al drenaje, previniendo así un problema de contaminación ambiental. Sin embargo, se debe contar con un sistema apropiado de recolección. Asimismo, debido a la exposición al calor la composición química del aceite se modifica, por lo que se requieren métodos de acondicionamiento previos a su conversión en biocombustible.

3. Biomasa Sólida

Dentro de la biomasa sólida se encuentran materiales con alto contenido de azúcares, como maíz, caña de azúcar, sorgo; así como desechos agroindustriales, forestales y animales. Las primeras tres, conocidas como materias primas de primera generación, presentan el inconveniente de competir con el mercado alimenticio. La Tabla 2 resume las generaciones de biomasa sólida a analizarse a lo largo de esta sección. Refiriéndose a la competencia con el sector alimenticio de la biomasa de primera generación, este factor no ha tenido impacto importante en países con exceso de producción de caña de azúcar, como Brasil, o de maíz, como Estados Unidos. Sin embargo, otros países con déficit en la producción de estas materias primas no podían dedicar parte de su producción a la obtención de biocombustibles.

Tabla 2. Resumen de tipos de biomasa sólida para la producción de biocombustibles.

Generación	Ejemplos de biomasa	Ventajas	Desventajas
Primera	Maíz, caña de azúcar	Alto contenido de azúcares	Son materiales comestibles En el caso del maíz, sólo puede emplearse cuando haya excedentes de producción interna.
Segunda	Residuos agroindustriales Desechos animales	No son comestibles Alta disponibilidad	Se requiere un sistema de recolección Requieren tratamientos adicionales

En México, el artículo 11, fracción 8, de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, indica que la caña de azúcar y el maíz pueden emplearse para producir biocombustibles sólo en el caso de existir un superávit (Diario Oficial, 2008). Debido a esto se comenzó la búsqueda de nuevos materiales, los cuales no debían competir con la alimentación, encontrando una alternativa en los materiales lignocelulósicos. Este tipo de materia prima contiene componentes conocidos como lignina, celulosa y hemicelulosa, los cuales son polímeros complejos. Ejemplos de materiales lignocelulósicos son la madera y los residuos de la agroindustria. En el caso de la madera, su uso desmedido para la obtención de biocombustibles

podría ocasionar deforestación. Sin embargo, los residuos de la agroindustria usualmente se desechan o se queman sin ningún beneficio; por lo que su empleo como materia prima para biocombustibles aumentaría la cadena de valor de estos residuos y sus procesos de origen. Sin embargo, tienen la desventaja de requerir un número mayor de etapas de proceso para alcanzar el producto final, en comparación con los materiales de primera generación.

México es un país con una amplia producción de residuos agroindustriales. En el año 2006 se reportó la generación de 75.73 millones de toneladas (Saval, 2012). Además, se estima que se desechan 93 millones de metros cúbicos de efluentes líquidos, destacando las aguas

residuales de la industria de conservas, pescados y cerveza (Centro Mario Molina, 2016). El 79% de los residuos sólidos corresponde a residuos primarios (hojas y tallos de maíz, tallos y vaina de sorgo, puntas y hojas de caña de azúcar, paja de trigo, paja de cebada y de frijol, entre otros), mientras que el 21% corresponde a residuos secundarios, tales como el bagazo de caña de azúcar, de maguey, de agave, entre otros (Saval, 2012). Por otra parte, en el estado de Guanajuato, se ha reportado una producción de alrededor de 4,100 toneladas por año de residuos de cultivos como agave, maíz, sorgo, trigo y cebada (Méndez-Vázquez y col., 2017). A nivel nacional, se ha reportado que los residuos de cultivos como maíz, sorgo, caña de azúcar y trigo representan alrededor del 80% de la generación de residuos agroindustriales de cultivos primarios, con 32.83, 8.28, 7.58 y 5.07 millones de toneladas de residuos, respectivamente, al año 2006 (Valdez-Vazquez y col., 2010). Por otra parte, Diaz Padilla y col. (2012) reportan 2,909,690 hectáreas y 11,157,752 hectáreas con potencial productivo alto y medio, respectivamente para el cultivo de maíz; 4,742,241 y 10,961,674 hectáreas con potencial productivo alto y medio, respectivamente, para sorgo; 1,146,792 y 5,130,996 hectáreas con potencial alto y medio, respectivamente, para el cultivo de caña de azúcar; así como 3,050,547 y 10,372,806 hectáreas con potencial alto y medio, respectivamente, para trigo. Entre los estados con mayor potencial productivo alto para

maíz se encuentran Jalisco [32.97%], Michoacán [12.26%] y Nuevo León [8.76%]. Respecto a potencial medio, se encuentran Tamaulipas [13.34%], Sinaloa [9.60%] y Guanajuato [9.51%]. En el caso del sorgo, los estados con mayor potencial alto son Sinaloa [23.77%], Tamaulipas [23.77%] y Michoacán [8.45%]. En cuanto a potencial medio, se tiene a Veracruz [14.77%], Jalisco [8.87%] y Tamaulipas [5.59%]. Para la caña de azúcar, los estados con mayor potencial alto son Veracruz [45.39%], Tabasco [14.57%] y Chiapas [9.15%]; respecto a potencial medio se tiene a Veracruz [22.74%], Chiapas [15.64%] y Guerrero [10.45%]. En el caso de trigo, los estados con mayor potencial productivo alto son Jalisco [34.75%], Michoacán [19.60%] y Nuevo León [7.85%]; respecto a potencial productivo medio, los estados con mayor contribución son Guanajuato [9.62%], Sinaloa [9.29%] y Tamaulipas [9.35%]. Se ha reportado que, por cada kilogramo cosechado, se producen 1.5 kilogramos de residuo de maíz, 1.5 kg de residuo de sorgo, 0.15 kg de residuo de caña de azúcar y 1.5 kg de residuo de trigo (Valdez-Vazquez y col., 2010). La Figura 2 presenta el potencial de los principales cultivos primarios en el país. Respecto a los principales cultivos primarios, se han reportado rendimientos de 3.32 toneladas por hectárea de maíz, 5.08 toneladas por hectárea de trigo, 2.51 toneladas por hectárea de cebada y 3.58 toneladas por hectárea de sorgo (Caballero Deloya, S.F.).



Figura 2. Estados con potencial productivo de maíz, sorgo, caña de azúcar y trigo

Adicionalmente, residuos orgánicos tales como las heces de ganado pueden emplearse para la generación de biocombustibles gaseosos, particularmente el biogás. México tiene un alto potencial para la producción de biogás, siendo los principales sectores para su implementación el ganadero (porcino y bovino), rellenos sanitarios y aguas residuales. Actualmente, se cuenta con una baja capacidad instalada para producir energía a partir de biogás, 5.7 MW. Sólo el 8% de las granjas porcinas tiene instalado un biodigestor, dejando claro que queda mucho por hacer para el aprovechamiento de estos residuos [Weber y col., 2012]. Por otra parte, estudios realizados en el norte del país indican que la producción de energía a partir de biogás tiene gran potencial en zonas de producción lechera y de establos, con un potencial de ahorro energético de más de 40 millones de pesos que no se ha aprovechado [Rivas Lucero y col., 2012].

A modo de resumen, la Figura 3 presenta los distintos tipos de materias primas, así como los combustibles renovables que se obtienen a partir de ellas.

4. Recapitulación

Se ha presentado una diversidad de potenciales materias

primas para la producción de biocombustibles en México, que van desde derivados de cultivos, como aceites de higuera y *Jatropha*, residuos de cultivos como maíz, trigo, sorgo y caña de azúcar, hasta aceites de otras fuentes, como las micro-algas, y aceites de cocina usados, e incluso desechos de animales. El potencial de producción de estos materiales es alto, pues en general al menos uno de los cultivos mencionados puede desarrollarse en al menos uno de los estados del país. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que el potencial económico de cada cultivo variará dependiendo de la región y la tecnología disponible. Algunos reportes en Veracruz mencionan que la relación beneficio/costo para la higuera cultivada en esa zona es de 0.47, mientras que dicha relación es de 13.04 para la caña de azúcar [Valdés Rodríguez y col., 2014]. Sin embargo, es necesario mencionar que el potencial de cultivo de higuera en Veracruz es medio, con 757,649 hectáreas, lo cual representa el 7.64% nacional. Por el contrario, Veracruz representa el 45.39% de superficie con potencial alto para el cultivo de caña de azúcar. Otros estudios en Latinoamérica señalan relaciones de beneficio/costo entre 1.59 y 2.14 para distintas especies de higuera [Hurtado-Salazar y col., 2013].

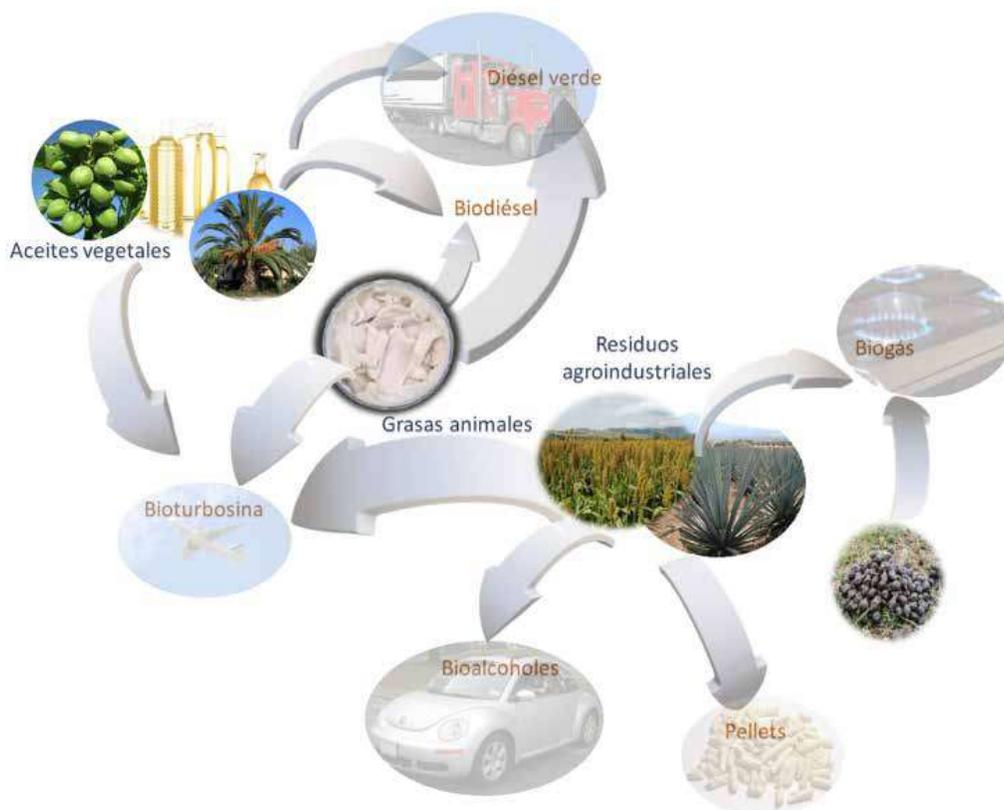


Figura 3. Materias primas y biocombustibles que se producen a partir de éstas [todas las imágenes bajo licencia Creative Commons CC BY-SA].

Por otra parte, el uso de materias primas renovables para la producción de biocombustibles tiene implicaciones que deben ser tomadas en cuenta. La primera es referente a lo ambiental. Si bien el origen renovable de la materia prima sugiere un menor impacto ambiental en comparación con los combustibles fósiles, es necesario cuidar el ciclo de vida completo en la obtención de combustibles renovables, siendo uno de los aspectos a cuidar el impacto debido a cambio de uso de suelo. Por otra parte, gran parte de las fuentes de materia prima requieren el uso de agua, por lo que resulta imperativo tener una planeación apropiada de la distribución de cultivos y granjas de micro-alga, de manera que se evite el desabasto en regiones con escasez de agua. La segunda implicación se refiere al aspecto social. El uso de desechos agrícolas, así como el cultivo de especies como higuera y *Jatropha*, implica un posible crecimiento en el sector agrícola; sin embargo, esto debe ir acompañado de condiciones laborales e ingresos apropiados para los campesinos. Por otra parte, es necesario contar con personal para la recolección y manejo de los desechos agrícolas, así como de los aceites usados, lo cual tiene como consecuencia la generación de empleos. Finalmente, el desarrollo de tecnología para la conversión de desechos animales en biogás, así como para su almacenamiento, se muestra como una potencial contribución a la producción de energía en zonas rurales. La Tabla 3 presenta un resumen del potencial productivo de las distintas materias primas que se han descrito en este trabajo. En el caso de aceites de *Jatropha curcas* e higuera, se ha supuesto que toda la superficie con po-

tencial alto y medio es empleada para el cultivo de estas especies. No se incluye el aceite de micro-algas, pues no se tienen datos de las hectáreas disponibles para su producción. Con base en la química de la transesterificación, se puede establecer que 1 kg de aceite vegetal dará aproximadamente 1 kg de biodiésel. Por tanto, con aceite de *Jatropha curcas* e higuera, se tendría un potencial de producción de biodiésel de 43 millones de toneladas por año, lo cual representa más del doble de la demanda de diésel esperada para 2018 (Forbes Staff, 2018). Por supuesto, es necesario remarcar que esta estimación asume el uso del 100% de superficie con potencial productivo, lo cual no es factible de llevar a cabo en la realidad. Por otra parte, empleando el factor de 240 litros de bioetanol por cada tonelada de biomasa lignocelulósica reportado por Valdez-Vazquez y col. (2010), es posible estimar un potencial productivo de dicho bio-alcohol de 12,900 millones de litros por año, lo cual representa cerca de un 30% de la demanda de gasolina en el país (Forbes Staff, 2018). Sin embargo, es necesario recordar que no se utiliza alcohol 100% puro en los motores. El análisis anterior permite visualizar el amplio potencial de materia prima para la producción de biocombustibles a partir de aceites, como biodiésel, bioturbosina o diésel verde, teniendo aún como respaldo la obtención de aceite de micro-algas. En el caso de la biomasa lignocelulósica, se observa que es suficiente para cubrir la demanda actual de gasolina, recordando que no se han tomado en cuenta los residuos de cultivos secundarios, así como residuos forestales y de poda, para la producción de bio-alcoholes o pellets de biomasa, entre otros productos.

Tabla 3. Resumen de potencial productivo de materia prima para biocombustibles en México.

Materia prima	Disponibilidad (millones de toneladas por año)	Fuente
Aceite de <i>Jatropha curcas</i>	19	Atabani y col. (2012)
Aceite de higuera	24	Atabani y col. (2012)
Aceite de cocina de re-uso	0.21-0.473	Sheinbaum-Pardo y col. (2013)
Residuos de maíz	32.82	Valdez-Vazquez y col. (2010)
Residuos de sorgo	8.28	Valdez-Vazquez y col. (2010)
Caña de azúcar	7.58	Valdez-Vazquez y col. (2010)
Trigo	5.07	Valdez-Vazquez y col. (2010)

5. Conclusiones

Los biocombustibles son una alternativa promisoriosa para sustituir parcialmente los combustibles derivados del petróleo, tanto en el sector transporte como en la industria. La producción de este tipo de combustibles renovables inició desde hace varias décadas en el mundo, con una aceptación parcial por parte de la población. A pesar de esto, existen sectores que aún no aprueban el uso de los biocombustibles, debido a que se piensa que su producción puede poner en juego la seguridad alimentaria. Sin embargo, en la actualidad la tendencia en la producción de combustibles renovables apunta al uso de materias primas no comestibles, o aquellas que se consideran desechos. Esta tendencia permite asegurar la disponibilidad de alimentos en regiones con baja producción, así como dar un segundo uso a materiales que, de otra forma, serían vertidos al drenaje o quemados directamente, contaminando el agua y la atmósfera.

Referencias bibliográficas

- Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A.A. y Ibraheem, I.B.M. (2012). Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19(3), 257-275.
- Atabani, A.E., Silitonga, A.S., Badruddin, I.A., Mahlia, T.M.I., Masjuki, H.H. y Mekhilef, S. (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2070-2093.
- British Petroleum (2018). BP Statistical Review of World Energy. Extraído el 06 de noviembre de 2018 desde: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>.
- Centro Mario Molina (2016). Bioenergía: Análisis regional del aprovechamiento integral de los residuos de la industria agropecuaria. Extraído el 21 de febrero de 2019 desde: http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2017/10/5.-Bioenerg%C3%A1-Da_2016.pdf.
- Comisión Nacional del Agua - CONAGUA (2016). *NUM3RAGUA MÉXICO*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Díaz Padilla, G., y cols. (2012). *Potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Forbes Staff. (2018, junio 25). Consumo diario de gasolina es de 124 millones de litros en promedio. Forbes. Extraído el 15 de abril de 2019 desde: <https://www.forbes.com.mx/consumo-diario-de-gasolina-es-de-124-millones-de-litros-en-promedio/>.
- Gasca González, R. (2017). *Diseño de un proceso de bajo costo para la producción de biodiésel a partir de aceites de re-uso*. Guanajuato: Universidad de Guanajuato.
- Gui, M.M., Lee, K.T., Bhatia, S. (2008). Feasibility of edible oil vs. non-edible oil vs. waste edible oil as biodiesel feedstock. *Energy*, 33(11), 1646-1653.
- Hubbert, M.K. (1969). Energy resources. En National Research Council - Committee on Resources and Man (Ed.), *Resources and man* (pp. 157-242). San Francisco, California: W.H. Freeman and Company.
- Huerta Reza, D., Garza Bueno, L.E., Vega Valdivia, D.D. y Omaña Silvestre, J.M. (2010). La producción de biodiesel en el estado de Chiapas. *Revista Mexicana de Economía Agrícola y de los Recursos Naturales*, 3(2), 77-96.
- Hurtado-Salazar, A., Gutiérrez, G., Restrepo, J.F., Costa Nobre, D.A. (2013). Evaluación de cuatro variedades de higuero (Ricinus communis L.) para la producción y rendimiento de aceite en Colombia. *Agrociencia Uruguay*, 17(2), 25-32.
- Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (2016). Padrón de Prestadores de Servicios de RME. Extraído el 21 de mayo de 2018 desde: <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/papsrme>.
- Lenton, A., Codron, F., Bopp, L., Metzl, N., Cadule, P., Tagliabue, A., Le Sommer, J. (2009). Stratospheric ozone depletion reduces ocean carbon uptake and enhances ocean acidification. *Geophysical Research Letters*, 36(12), 1-5.
- Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (2008, febrero 1). Diario Oficial.
- Méndez-Vázquez, M.A., Gómez-Castro, F.I., Ponce-Ortega, J.M., Serafín-Muñoz, A.H., Santibañez-Aguilar, J.E., El-Halwagi, M.M. (2017). Mathematical optimization of a supply chain for the production of fuel pellets from residual biomass. *Clean Technology*

Fernando Israel Gómez-Castro, Claudia Gutiérrez-Antonio, Salvador Hernández, Carolina Conde-Mejía, Antioco López-Molina, Ricardo Morales-Rodríguez (pp. 41- 50)

- and Environmental Policy*, 19(3), 721-734.
- Rawat, I., Kumar, R.R., Mutanda, T. y Bux, F. (2011). Dual role of microalgae: Phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. *Applied Energy*, 88(10), 3411-3424.
- Rivas Lucero, B.A., Zúñiga Avila, G., Saenz Solis, J. I., Guerrero-Morales S., Segovia-Lerma A., Morales Morales H.A. (2012). Perspectivas de obtención de energía renovable de la biomasa del estiércol del ganado lechero en la región centro-sur de Chihuahua, *Revista Mexicana de Agronegocios*, 30, 872-885.
- Saval, S., (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro, *BioTecnología*, 16(2), 14-46.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - SAGARPA (S.F.). Estudios de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional. Extraído el 15 de abril de 2019 desde: http://www.sagarpa.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - SAGARPA (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030: Bioenergéticos Higuera, Jatropha Curcas, Sorgo Dulce Mexicanos. Ciudad de México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Sheinbaum-Pardo, C., Calderón-Iraoque, A., Ramírez-Suárez, M. (2013). Potential of biodiesel from waste cooking oil in Mexico. *Biomass and Bioenergy*, 56(Septiembre), 230-238.
- Valdés Rodríguez, O.A., Palacio Wassenaar, O.M., Ruíz Hernández, R., Pérez Vásquez, A. (2014). Potencial de la asociación Moringa y Ricinus en el subtrópico veracruzano, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9, 1673-1686.
- Valdez-Vazquez, I., Acevedo-Benítez, J.A., Hernández-Santiago, C. (2010). Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 2147-2153.
- Weber, B., Rojas Oropeza, M., Torres Bernal, M., Pampillón González, L. (2012). Producción de biogás en México: estado actual y perspectivas. Ciudad de México: Red Mexicana de Bioenergía A.C.
- Yang, G., Li, X., Wang, J., Lian, L. y Ma, T. (2015). Modeling oil production based on symbolic regression. *Energy Policy*, 82(Julio), 48-61.





PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN MÉXICO. PARTE 2. PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y ÁREAS DE OPORTUNIDAD.

PRODUCTION OF BIOFUELS IN MEXICO. PART 2. PRODUCTION PROCESSES AND OPPORTUNITY AREAS.

Fernando Israel Gómez-Castro^{1*}, Claudia Gutiérrez-Antonio², Salvador Hernández¹, Carolina Conde-Mejía³, Antioco López-Molina³, Ricardo Morales-Rodríguez¹

¹ Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Noria Alta s/n, Col. Noria Alta, Guanajuato, Guanajuato, 36050, México.

² Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario, Cerro de las Campanas S/n, Col. Las Campanas, Querétaro, Querétaro, 76010, México.

³ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Carretera Villahermosa-Comalcalco km. 27, Jalpa de Méndez, Tabasco, 86200, México.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: fgomez@ugto.mx

Resumen

En las últimas décadas, uno de los principales retos para los ingenieros ha sido el desarrollo de tecnologías que permitan generar energía, para asegurar la cobertura global de la demanda con un reducido impacto ambiental. El uso de combustibles en los medios de transporte, ya sea terrestre o aéreo, ha ocasionado especial atención debido a su alta tasa de crecimiento. En particular, en el sector transporte se han desarrollado combustibles alternativos a los derivados del petróleo; no obstante, se ha generado mucha inquietud en la población con relación a si son o no ambientalmente amigables, si en realidad serán capaces de sustituir a los combustibles fósiles, e inclusive si su producción es o no ética. Así pues, en este trabajo se describirán las ventajas y desventajas del uso de estos combustibles alternos, también conocidos como biocombustibles; con especial énfasis en los que tienen potencial para ser empleados en el sector transporte, así como los retos que deben superarse para la implementación de una industria de biocombustibles en México.

Palabras clave: biocombustibles, tecnologías de producción, producción en México.

Abstract

On the last decades, one of the main challenges for the engineers has been the development of technologies for energy production, which allows ensuring the global coverage of the demand with a low environmental impact. The use of fuels in transportation devices, either terrestrial or aerial, has caused interest due to its high growth rate. For this particular sector, alternative fuels have been developed; nevertheless, uneasiness has been generated among the citizens, in terms of their environmental impact, their potential to replace the fossil fuels, and even on the ethical issues associated with their production. With this in mind, in the present work the advantages and disadvantages on the use of such alternative fuels, or biofuels, are described, mainly for those with potential use in the transport sector. Additionally, some of the challenges to overcome for the implementation of a biofuel industry in Mexico are discussed.

Keywords: biofuels, production technologies, production in Mexico.

Introducción

El uso de combustibles para la producción de energía es imperante en sectores como el industrial y el de transporte. En el caso del sector transporte, los motores de la mayoría de los vehículos empleados en la actualidad funcionan a través de la quema de gasolina o diésel, los cuales son fracciones del petróleo. En el caso del transporte aéreo, el combustible empleado es la turbosina, la cual es también una fracción del petróleo. Así pues, es evidente que el sector del transporte es aún dependiente de la producción de petróleo. Adicionalmente, la producción de petróleo es inestable, y el uso de sus derivados es parcialmente responsable del fenómeno de calentamiento global. Debido a esto, la búsqueda y aprovechamiento de fuentes alternativas de energía es indispensable.

En los últimos años se han tenido grandes avances en el aprovechamiento de fuentes renovables de energía. Para el sector transporte se han desarrollado combustibles líquidos alternativos, los cuales son parte de los denominados biocombustibles, teniendo como objetivo inicial la sustitución parcial de los combustibles fósiles. No obstante, algunos biocombustibles líquidos también pueden ser empleados para satisfacer las necesidades energéticas de la industria. En la actualidad, existen factores tanto técnicos como de disponibilidad de materia prima que complican la sustitución total de combustibles fósiles con biocombustibles líquidos; por ello, ambos combustibles se emplean en mezclas. Por otra parte, en algunas industrias se requieren combustibles sólidos, como el carbón mineral y la madera. Como es bien sabido el carbón mineral es un combustible no renovable, por lo que ha habido un creciente interés en el desarrollo de combustibles sólidos renovables o biocombustibles sólidos; adicionalmente, dicho desarrollo permitiría reducir el uso de la madera, que implica la tala de árboles y una posible deforestación. Asimismo, desde hace algunas décadas se han desarrollado biocombustibles gaseosos, los cuales se emplean para satisfacer necesidades de calentamiento principalmente.

Los biocombustibles (líquidos, sólidos y gaseosos) poseen interesantes ventajas, entre las que destacan que podrían obtenerse a partir de materia prima considerada como desecho; y, en general, emiten menores cantidades de gases de efecto invernadero al ser quemados, en comparación con los combustibles fósiles. De acuerdo con

varios estudios (Davis y col., 2009; Morales y col., 2015), los biocombustibles elaborados a partir de materias primas de desecho pueden tener un impacto ambiental positivo si se considera todo el ciclo de vida del combustible; es decir, la cantidad de gases de efecto invernadero que se emiten en toda la cadena de producción es menor que la cantidad absorbida por los distintos cultivos que se emplean como materia prima. Sin embargo, para que lo anterior sea cierto es necesario que tanto la cadena de suministro como los procesos de producción sean eficientes. A pesar de los retos, la producción de los combustibles renovables sigue siendo un tema de interés para diversas áreas del conocimiento; debido a que pueden ayudar al desarrollo de las economías locales y regionales, generando una mayor interacción entre los sectores agrícola, industrial y social.

Por lo anteriormente expuesto, en este trabajo presenta una descripción de los principales biocombustibles que pueden producirse en el país, considerando las materias primas más promisorias (descritas en la primera parte). Por otra parte, se discutirán algunos de los principales retos y oportunidades a futuro, los cuales, de superarse, darán pie al desarrollo de una industria mexicana de biocombustibles económica y ambientalmente sustentable.

2. Aceites vegetales

2.1 Biodiésel

El biodiésel es un biocombustible que se emplea mezclado con diésel fósil tanto en maquinarias como en motores diésel; esta mezcla es necesaria debido a que el biodiésel puro puede desgastar algunas de las partes de hule en los motores, tapar los filtros o causar fugas en los sellos, particularmente a bajas temperaturas (Festel, 2008). El biodiésel se obtiene mediante un proceso conocido como transesterificación, el cual puede ocurrir por tres rutas catalíticas diferentes: homogénea, heterogénea y supercrítica. De manera general, los aceites vegetales contienen componentes complejos denominados triglicéridos, así como ácidos grasos libres. Los triglicéridos se descomponen empleando alcoholes a través de una reacción química denominada transesterificación, para obtener alquil ésteres. De manera similar, los ácidos grasos libres se convierten en alquil ésteres a través de una reacción conocida como esterificación. A la mezcla de alquil ésteres obtenida por el procesamiento de triglicéridos se

Fernando Israel Gómez-Castro, Claudia Gutiérrez-Antonio, Salvador Hernández, Carolina Conde-Mejía, Antioco López-Molina, Ricardo Morales-Rodríguez [pp. 51- 60]

le denomina biodiésel. El biodiésel obtenido contiene aún otros componentes, tales como glicerol, agua y alcohol; por lo que es necesario purificarlo en diversos equipos, empleando agentes externos o energía, con el fin de obtener el biodiésel con la calidad necesaria para

su uso en el motor. La Figura 1 muestra un diagrama simplificado del proceso de producción de biodiésel por catálisis homogénea, que es la más común. Como se ha mencionado, la sección de purificación requiere varios equipos y operaciones.

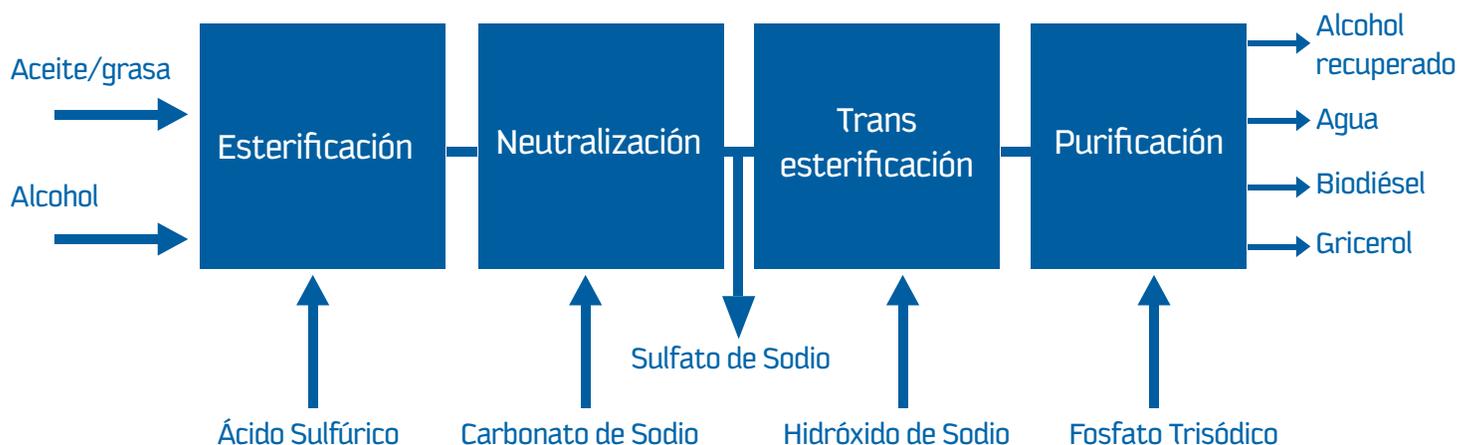


Figura 1. Diagrama simplificado del proceso de producción de biodiésel por catálisis homogénea.

El biodiésel tiene un menor contenido energético que el diésel fósil, lo cual implica que se requiere un mayor volumen de biodiésel para recorrer la misma distancia.

Algunos estudios han reportado que empleando mezclas con un máximo de 10% en volumen de biodiésel no se observa una modificación importante en el desempeño del motor [Can, 2014]. Otros estudios han analizado el efecto del uso de biodiésel en autobuses urbanos durante 6 meses, reportando que el uso de una mezcla al 50% ocasionó un incremento en el consumo de combustible y pérdidas de potencia. A su vez, se reporta que no hubo diferencia en cuanto al servicio y mantenimiento de los autobuses, y que los inyectores no presentaron un comportamiento distinto al de los autobuses que emplearon diésel fósil [Tormos y col., 2009]. Por otra parte, el uso de biodiésel permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero debidas a la combustión. Se han realizado estudios donde se observa una disminución de alrededor del 12% en emisiones de monóxido de carbono y partículas, así como del 20% en hidrocarburos remanentes; lo anterior al emplear mezclas con 20% de biodiésel, con un incremento de alrededor del 2% en emisiones de óxidos de nitrógeno [EPA, 2002]. Aunque es posible reducir aún más las emisiones al aumentar el porcentaje de biodiésel, esto podría ocasionar daños en el motor a largo plazo.

Los países de la Unión Europea se encuentran entre los mayores productores de biodiésel, aportando alrededor del 85% de la producción mundial [Ahmad y col., 2011]. No obstante, países como Malasia e Indonesia presentan un alto potencial para la producción de este biocombustible [Atabani y col., 2012]. En el caso de México, ha habido plantas de producción con escalas entre los 9,000 y 18,000 m³ de biodiésel por año; sin embargo, éstas cerraron entre 2008 y 2011. Por otra parte, se ha reportado la operación de 6 plantas en escala demostrativa, con una capacidad combinada de 4,182 m³ por año [Riegelhaupt y col., 2016]. Uno de los principales aspectos a cuidar en la producción de biodiésel es su costo final, el cual, dependiendo de las fluctuaciones en los precios del petróleo, usualmente resulta mayor que el costo del diésel fósil. Esto se debe a varios factores, entre ellos el tipo de materia prima empleado, así como la tecnología utilizada para la transformación de la materia prima en biodiésel.

2.2 Bioturbosina y diésel verde

La bioturbosina y el diésel verde son mezclas de hidrocarburos con propiedades similares a la turbosina y el diésel fósil, respectivamente. La bioturbosina se emplea como combustible renovable en el sector de la aviación, mientras que el diésel verde se emplea en motores diésel al

Fernando Israel Gómez-Castro, Claudia Gutiérrez-Antonio, Salvador Hernández, Carolina Conde-Mejía, Antioco López-Molina, Ricardo Morales-Rodríguez [pp. 51- 60]

igual que el biodiésel. A continuación, se describe brevemente el proceso de producción de estos biocombustibles. Los triglicéridos presentes en los aceites vegetales pueden ser convertidos a hidrocarburos, a través de un tratamiento con hidrógeno. A su vez, esos hidrocarburos se tratan por medio de reacciones de craqueo e isomerización. Los productos finales de este tipo de procesos son justamente la bioturbosina y el diésel verde. La bioturbosina se emplea mezclada con turbosina fósil hasta un 50% en volumen de bioturbosina, para generar energía en las turbinas de aviones. La bioturbosina no se emplea directamente en las turbinas ya que, dependiendo el proceso de producción, carece de un tipo de componentes denominados aromáticos, cuya ausencia puede ocasionar fugas en los sellos de los tanques de almacenamiento de combustible. Por otra parte, el diésel verde puede emplearse de manera directa en motores diésel. Dado que la bioturbosina y el diésel verde consisten en hidrocarburos, sus propiedades físicas y químicas son prácticamente iguales a las de sus contrapartes fósiles. Debido a que se trata de hidrocarburos, las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por la quema de estos biocombustibles

son similares a las de sus contrapartes de origen fósil. Sin embargo, debido a la naturaleza renovable de la materia prima a partir de la cual se obtienen, muchas de esas emisiones, particularmente las de dióxido de carbono, son recapturadas por los plantíos o los procesos de cultivo de micro-algas de donde se obtiene el aceite vegetal. Hasta la fecha se han llevado a cabo diversos vuelos empleando mezclas bioturbosina-turbosina con resultados positivos (Japan Airlines, 2009; Hilkevitch, 2011, KLM, 2016).

Una de las tecnologías más avanzadas para obtener bioturbosina ha sido patentada por la empresa UOP Honeywell, y consiste básicamente en el hidrotreamiento del aceite vegetal o grasa animal, y el posterior craqueo e isomerización de los hidrocarburos obtenidos. Una vez que se producen los hidrocarburos, éstos deben separarse en las fracciones de turbosina y diésel verde, así como en una fracción de gases ligeros, lo cual implica el uso de energía. La principal desventaja de este proceso es la gran cantidad de hidrógeno que se requiere para convertir los aceites vegetales en hidrocarburos.

La Figura 2 presenta un diagrama simplificado del proceso de producción de bioturbosina por hidrotreamiento.

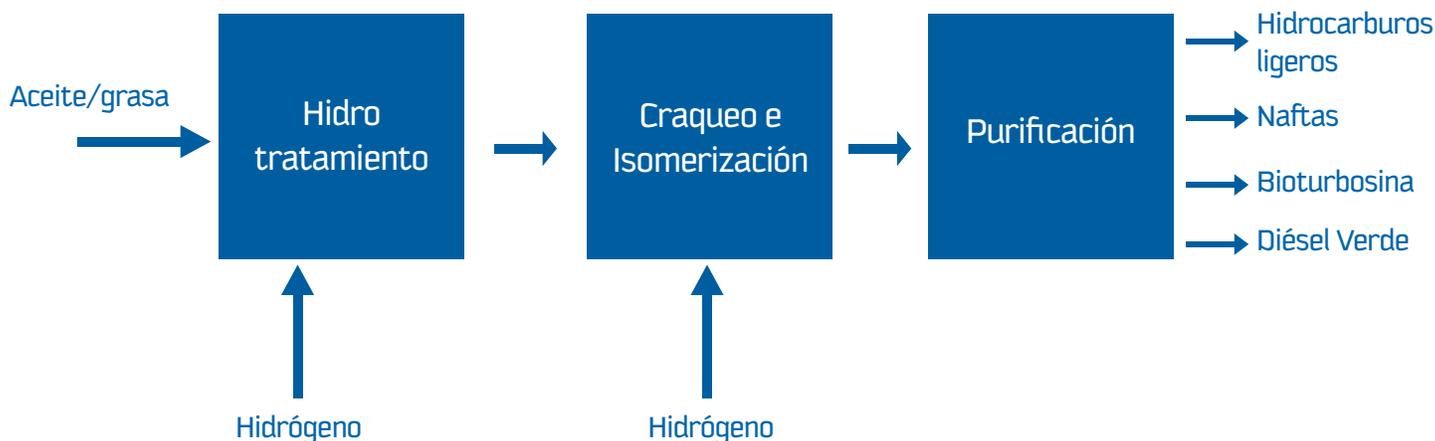


Figura 2. Diagrama simplificado del proceso de producción de bioturbosina por hidrotreamiento.

3. Biocombustibles a partir de biomasa sólida

3.1 Bioalcoholes

El término bioalcoholes se refiere a alcoholes obtenidos a partir de biomasa. Uno de los primeros bioalcoholes en despertar el interés de la comunidad científica e industrial fue el bioetanol, el cual es básicamente alcohol etílico. El bioetanol se utiliza como aditivo para la gasolina, ya que mejora la combustión y reduce las emisiones de gases de efecto

invernadero. El bioetanol suele emplearse mezclado con gasolina debido a que tiene un menor contenido energético, lo cual implicaría un mayor consumo de combustible para cubrir la misma distancia, y puede ocasionar problemas para el arranque del motor (McMillan, 1997). Debido a esto, es común emplear mezclas con 10 o 20% de bioetanol en gasolina (Gray y col., 2006). Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado vehículos con motores especiales,

Fernando Israel Gómez-Castro, Claudia Gutiérrez-Antonio, Salvador Hernández, Carolina Conde-Mejía, Antioco López-Molina, Ricardo Morales-Rodríguez (pp. 51- 60)

denominados Flex Fuel, que permiten emplear mezclas con composición de hasta 85% de etanol.

El bioetanol se obtiene principalmente a través de la fermentación de los azúcares contenidos en la caña de azúcar, el maíz u otros materiales. Sin embargo, estos materiales compiten directamente con la alimentación; por lo que se han propuesto a los materiales lignocelulósicos como materias primas alternativas, con particular énfasis a los residuos agroindustriales en el caso de México. En el procesamiento de estos residuos es necesario, en una primera etapa, eliminar la lignina, con el fin de acceder a la celulosa y hemicelulosa; posteriormente, se deben romper dichas moléculas para obtener los azúcares que serán fermentados. Una vez que se ha obtenido el alcohol es necesario separarlo de los sub-productos, principalmente del agua, debido a que el bioetanol debe ser anhidro para ser empleado como aditivo de gasolina. Esto representa un problema técnico, ya que la separación total del agua del etanol no es simple.

Por otra parte, el biobutanol también ha tomado importancia entre los bioalcoholes, debido a que su contenido energético es mayor al del etanol, y puede emplearse directamente en el motor, sin necesidad de mezclarlo con gasolina. El biobutanol es n-butanol (o

alcohol butílico) obtenido a partir del procesamiento de biomasa. El proceso de producción de biobutanol es similar al de bioetanol, utilizando una materia prima con alto contenido de azúcares, la cual se fermenta en un proceso denominado ABE; el nombre del proceso se deriva de los productos que se obtienen: acetona, butanol y etanol. Similar al proceso de producción de bioetanol, la obtención de biobutanol a partir de biomasa lignocelulósica implica un tratamiento previo para acceder a los azúcares contenidos en este tipo de material. En ambos procesos de producción, tanto para bioetanol como biobutanol, uno de los principales problemas es la baja eficiencia de la fermentación, así como la gran cantidad de agua necesaria. Por otra parte, en el caso del biobutanol la obtención de los productos puros resulta complicada, debido a las interacciones que existen entre estos compuestos y el agua. La Figura 3 presenta un diagrama simplificado de un proceso generalizado para la producción de bioalcoholes. El bioalcohol obtenido depende principalmente del tipo de levadura empleado para la fermentación.

Por otra parte, las operaciones necesarias para la purificación dependen del tipo de alcohol obtenido. Finalmente, los sub-productos también varían en términos del alcohol producido.

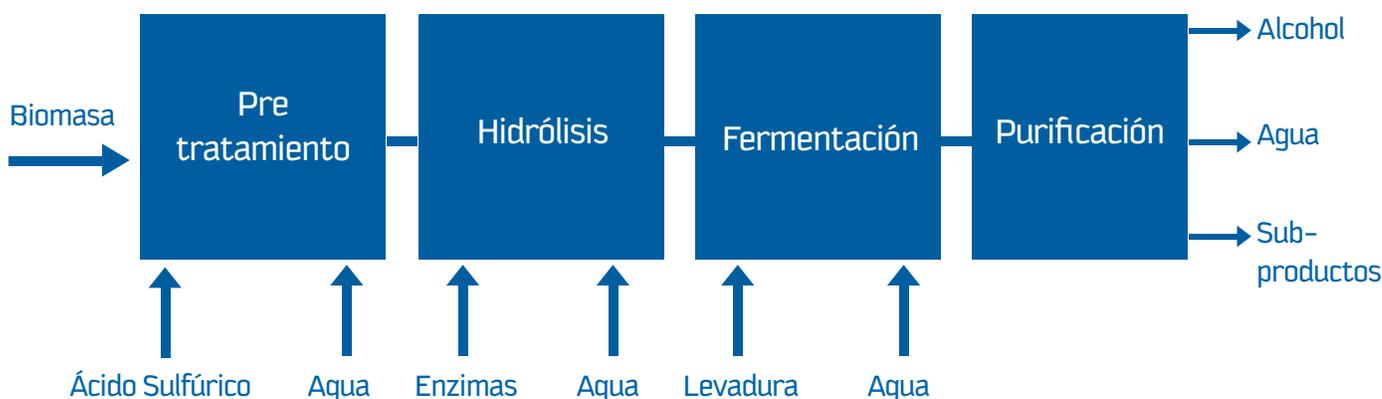


Figura 3. Diagrama simplificado del proceso de producción de bioalcoholes.

3.2 Bioturbosina

En la sección 2.2 se mencionó que la bioturbosina puede obtenerse a partir de aceites vegetales. Sin embargo, también se produce a partir de biomasa sólida, particularmente a partir de residuos lignocelulósicos. Una de

las maneras de llevar a cabo esta conversión es por medio de la gasificación de la biomasa; es decir, su vaporización a muy altas temperaturas. El gas obtenido, llamado syngas o gas de síntesis, es utilizado como materia prima para obtener los hidrocarburos que conforman la bioturbosina.

3.3 Pellets de biomasa

La biomasa sólida puede emplearse directamente como combustible para hornos u otros dispositivos. Incluso, los residuos agroindustriales pueden quemarse directamente; sin embargo, el contenido de agua en éstos puede reducir la eficiencia de la combustión (Virmond y col., 2012). Por otra parte, el transporte de los residuos puede ser ineficiente y costoso debido a su baja densidad, así como las variaciones en el tamaño y forma de los mismos, reduciendo la cantidad total de biomasa transportada. Una alternativa para evitar estos problemas es la obtención de pellets; es decir, unidades compactas y uniformes de biomasa, las cuales se generan por aplicación de presión. Los pellets de biomasa tienen un contenido de humedad mucho menor que la biomasa de origen; por ello tienen un mayor contenido energético por unidad de masa, y su quema reduce las emisiones de metano, dióxido de carbono e hidrocarburos (Washington State University, 2012). Además, el transporte y almacenaje de pellets es más sencillo que el de la biomasa, debido a su uniformidad y tamaño. La Figura 4 muestra una imagen de pellets obtenidos a partir de cascarilla de arroz. Los pellets de biomasa tienen potencial para reemplazar el uso de madera o carbón como combustible en industrias como la ladrillera (Méndez-Vázquez y col., 2017), o inclusive en la generación de energía eléctrica; así, se reduce el impacto ambiental debido al uso del carbón, la deforestación ocasionada por el uso de madera, y se aprovecha material residual para su empleo como combustible. En México, empresas como Todo Pellet (www.todopellet.com.mx) producen actualmente pellets de biomasa para su uso como combustible o como alimento para mascotas.



Figura 4. Pellets de cascarilla de arroz

3.4 Biogás

El biogás resulta de la descomposición anaerobia de materia orgánica, cuyos componentes principales son el dióxido de carbono y el metano; además, puede ser usado como una fuente de energía térmica y eléctrica. El biogás es considerado como uno de los biocombustibles más eficientes y ambientalmente amigable, ya que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (Fehrenbach y col., 2008). Se puede producir biogás a partir de casi cualquier desecho o materia prima orgánica, excepto las materias con abundante proporción de lignina, por ejemplo, la madera. Entre las fuentes para producir biogás se pueden mencionar el estiércol de vaca y cerdo, pastos, remolachas, maíz, bio-desperdicios, residuos de comida, grasas recuperadas y grasas usadas. Dependiendo del tipo de materia prima empleada es posible obtener rendimientos entre 0.15 y 0.85 metros cúbicos de biogás por kilogramo de materia orgánica seca, con contenidos entre 40 y 80% de metano por metro cúbico de biogás (KTBL, 2012). Diversos estudios indican que las grasas tienen la mayor producción de biogás, seguido de las fuentes ricas en carbohidratos, y por último los abundantes en proteína (Weiland, 2010). El proceso bioquímico por el cual se produce el biogás se denomina metanogénesis, el cual involucra una serie de reacciones bioquímicas complejas; pero que de manera general se pueden dividir en cuatro etapas que se desarrollan de manera simultánea y secuencial: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis, y metanogénesis, es justamente en la última etapa donde se forma el metano (Hagos y col., 2017). Algunos factores que afectan de manera importante la producción de biogás son el tiempo de arranque de la reacción y las inestabilidades operacionales (Achinas y col., 2017), así como los costos de instalación, operación y mantenimiento (Wellinger y col., 2013). Un aspecto a tomar en cuenta en la producción de este biocombustible es su alta inflamabilidad, lo cual hace necesario un particular énfasis en la seguridad del proceso. Alemania es el mayor productor de biogás en el mundo, y el país que más accidentes ha registrado (76%), seguido de Italia y Francia con 11% cada uno (Casson Moreno y col., 2016).

4. Retos Y Oportunidades

La implementación de procesos sustentables de producción de biocombustibles en México presenta diversas áreas de oportunidad, relacionadas con aspectos económicos, ambientales y sociales. Reportes previos mencionan que, de seguir la tendencia marcada en 2016, la producción de biodiésel no sería rentable en años posteriores. Sin embargo, la adopción de políticas de apoyo podría mejorar el panorama, con ingresos adicionales para el sector agrícola entre 60,000 y 261,000 millones de pesos entre 2018 y 2036, dependiendo de los objetivos a largo plazo en cuanto a cuota de mercado (Riegelhaupt y col., 2016). Esto marca una de las pautas a seguir en el desarrollo de la industria de biocombustibles. Algunos aspectos adicionales se discuten a continuación.

Respecto a las materias primas, se ha reportado que los aceites vegetales para la producción de biodiésel representan entre 60 y 80% del costo total de producción (Lee y col., 2011); este porcentaje se incrementa a casi 90% en la producción de bioturbosina (Gutiérrez-Antonio *et al.*, 2016). Por ello, una de las áreas de oportunidad implica el uso de aceites de bajo costo; como el aceite usado que es un desecho, y cuyo empleo para producir biocombustibles evitaría su descarga al drenaje. La producción puede complementarse con otros aceites de segunda generación como el de *Jatropha* y de higuera. En el caso de los biocombustibles obtenidos a partir de biomasa sólida, el empleo de residuos agroindustriales representa una alternativa de bajo costo (respecto a materias primas tradicionales como maíz y caña de azúcar), y a su vez dando un segundo uso a este tipo de materia. Sin embargo, tanto los aceites usados como los residuos agroindustriales requieren tratamientos adicionales antes de su transformación a biocombustibles, por lo que el desarrollo de tecnologías eficientes y limpias para tal tarea es indispensable.

Los retos en el área tecnológica son variados. En la producción de biodiésel, el uso de ácidos es común para el tratamiento de aceites de desecho, por lo que se ha propuesto como alternativa el empleo de alcoholes a alta presión (Saka y Kusdiana, 2001). Sin embargo, en ambos casos se requiere el uso de materiales especiales para soportar condiciones de proceso más severas; lo anterior representa oportunidades en el área de seguridad de

procesos, dado que todo proceso tiene asociado un riesgo. Por ello, es necesario desarrollar metodologías para identificar peligros y cuantificar los riesgos en la producción de biocombustibles. También se ha propuesto el uso de enzimas para producir biodiésel; no obstante, la actividad de éstas se inhibe a altas concentraciones de metanol, por lo que mejorar el desempeño de las enzimas y reducir su costo representan retos adicionales. Otra opción en la producción de biodiésel implica el uso de catalizadores sólidos, los cuales promueven la reacción química, reduciendo la necesidad de etapas de purificación posteriores a la reacción; en esta área es necesario el desarrollo de estrategias para reducir la desactivación de los catalizadores. En el proceso de producción de bioturbosina se requieren altos flujos de hidrógeno para convertir los aceites vegetales a hidrocarburos; esto representa un área de oportunidad para la producción total de hidrógeno en el país, así como de la logística para su transporte. De igual manera, es necesario el desarrollo de catalizadores que permitan reducir los requerimientos de hidrógeno en el proceso. En el caso de los procesos de producción de bioalcoholes, el principal problema es el bajo rendimiento de biomasa hacia el producto deseado; por lo que deben desarrollarse microorganismos genéticamente modificados para obtener mayores rendimientos hacia bioetanol o biobutanol. En cualquiera de los procesos mencionados, los productos de la reacción deben separarse de los sub-productos y los reactivos en exceso; esto se lleva a cabo empleando distintas tecnologías de separación, tales como la destilación, la absorción, la adsorción, la extracción líquido-líquido, la pervaporación, la decantación, entre otros. En el caso de la destilación se requiere el uso de vapor de calentamiento, lo cual implica tanto costo de servicios como emisiones de dióxido de carbono debidas a la producción de dicho vapor. Por otra parte, la extracción líquido-líquido requiere el uso de solventes, los cuales deben recuperarse para mejorar la economía del proceso mediante etapas de separación adicionales; el manejo de solventes impacta negativamente la seguridad del proceso, por lo cual es necesario mejorar la selección de los solventes empleando técnicas de diseño de moléculas. Con respecto a la tecnología de adsorción se requiere el uso de materiales adsorbentes, los cuales pueden ser costosos y requieren ciclos de regeneración; así, el desarrollo de materiales económicos y con alta eficiencia de separación es

necesario. En el caso de las membranas de pervaporación, uno de los principales retos consiste en reducir sus costos, así como la generación de estrategias para tratar flujos a escala industrial. En general, para los procesos de separación se requieren estrategias para reducir el costo de los equipos, así como el uso de servicios auxiliares (agua, vapor, electricidad); lo anterior es posible a través de la intensificación e integración de procesos, herramientas con un amplio desarrollo en la Ingeniería Química. Finalmente, se debe promover también la generación de tecnologías híbridas, es decir, la combinación eficiente de dos o más tecnologías de separación. En el caso de la producción de biogás, cuya producción se lleva a cabo en muchas partes del mundo, aún quedan retos técnicos que deben resolverse para lograr su máximo aprovechamiento. Los esfuerzos en el desarrollo de tecnologías más eficientes están concentrados en el pretratamiento de desechos, ya que esta operación aumenta significativamente la producción de metano; otro reto es mejorar la operación de composteo, para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, así como los tiempos de tratamiento. Por otra parte, se requiere desarrollar metodologías y estudios que ayuden a mejorar las condiciones de seguridad de las tecnologías de producción de biogás.

Un aspecto fundamental en el desarrollo de procesos de producción de biocombustibles es la huella hídrica, dado que muchos de ellos emplean grandes cantidades de agua. Por otra parte, se requiere agua en el cultivo de las materias primas, tal como la higuera, *Jatropha* o las micro-algas, para la producción de biocombustibles. Actualmente, una de las líneas de investigación involucra el uso de aguas residuales para los cultivos de micro-algas, lo cual puede contribuir a reducir la huella hídrica en la generación de este tipo de biomasa. También es necesario desarrollar estrategias para recuperar el agua de proceso y reusarla en la medida de lo posible, así como diseñar procesos con bajos requerimientos de agua.

Finalmente, la producción de biocombustibles en procesos individuales, en general, es poco factible en términos económicos. Por ello, es necesario establecer la producción de biocombustibles desde una perspectiva de biorefinería. De manera similar a una refinería tradicional, una biorefinería es la conjunción de diversos procesos de producción interconectados entre sí, de manera que se obtiene un gran número de productos a partir de una

sola materia prima. Esta perspectiva permite la interacción entre los distintos procesos, donde los sub-productos de un proceso pueden ser empleados como reactivos o solventes en un proceso vecino. Como ejemplo, el glicerol que se obtiene como sub-producto en la producción de biodiésel, puede usarse como agente de separación en el proceso de bioetanol. Asimismo, parte de bioetanol puede emplearse como reactivo en la producción de biodiésel. El desarrollo de biorefinerías permite también llevar a cabo integración energética entre los procesos, con importantes reducciones en los requerimientos energéticos, costo de servicios y la emisión de dióxido de carbono por la producción de vapor. En este contexto, es importante visualizar la generación de productos de alto valor agregado dentro de las biorefinerías; tales como el ácido láctico, el furfural, el xilitol, el ácido succínico, entre otros, adicionales a los propios biocombustibles, con el fin de incrementar el potencial económico de la refinería. De igual manera, es necesario contar con el apoyo gubernamental para financiar las primeras biorefinerías, así como el desarrollo de mecanismos y procedimientos concretos que simplifiquen la aplicación de la legislación vigente en la materia, promoviendo así la transición hacia una economía basada en los biocombustibles y los bioproductos. En la actualidad se tienen avances significativos; SENER ha entregado 8 permisos para la producción de bioenergéticos, 44 permisos para su comercialización, 7 permisos para transporte y 25 avisos de exención de permisos; todos los anteriores para bioetanol y biodiésel (Secretaría de Energía, 2018). Por otra parte, se requieren desarrollar mecanismos de recolección que incentiven la participación ciudadana, de tal manera que la recolección de materias primas como los aceites de re-uso y los desechos agroindustriales sólidos sea más eficiente.

5. Conclusiones

Los biocombustibles son una alternativa promisoriosa para sustituir parcialmente los combustibles derivados del petróleo, tanto en el sector transporte como en la industria. En México se tiene un alto potencial de producción de biocombustibles debido a la diversidad de biomasa con que se cuenta, así como la alta cantidad de residuos generados. Sin embargo, se presentan diversas áreas de oportunidad para el desarrollo de una industria

Fernando Israel Gómez-Castro, Claudia Gutiérrez-Antonio, Salvador Hernández, Carolina Conde-Mejía, Antioco López-Molina, Ricardo Morales-Rodríguez (pp. 51- 60)

redituable y sustentable. Por una parte, es necesario mejorar los procesos de producción de biocombustibles, con el objetivo de reducir el uso de energía térmica, así como el uso de agua fresca. Asimismo, la obtención de combustibles renovables se debe llevar a cabo en esquemas de biorefinerías, donde se generen biocombustibles así como productos de alto valor agregado, incrementando el potencial económico de esta industria. El desarrollo de estos esquemas implica un trabajo multidisciplinario, así como el apoyo de los diversos sectores que integran el país.

Referencias bibliográficas

- Achinas, S., Achinas, V. y Euverink, G.J.W. (2017). A technological overview of biogas production from bio-waste. *Engineering*, 3(3), 299-307.
- Ahmad, A.L., Mat Yasin, N.H., Derek, C.J.C. y Lim, J.K. (2011). Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 584-593.
- Atabani, A.E., Silitonga, A.S., Badruddin, I.A., Mahlia, T.M.I., Masjuki, H.H. y Mekhilef, S. (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2070-2093.
- Can, O. (2014). Combustion characteristics, performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture. *Energy Conversion and Management*, 87(Noviembre), 676-686.
- Casson Moreno, V., Papisidero, S., Scarponi, G.E., Guglielmi, D. y Cozzani, V. (2016). Analysis of accidents in biogas production and upgrading. *Renewable Energy*, 96B(October), 1127-1134.
- Davis, S.C., Anderson-Teixeira, K.J. y DeLucia, E.H. (2009). Life-cycle analysis and the ecology of biofuels. *Trends in Plant Science*, 14(3), 140-146.
- EPA - U.S. Environmental Protection Agency (2002). A comprehensive analysis of biodiesel impacts on exhaust emissions, Reporte Técnico EPA420-P-02-001.
- Fehrenbach, H., Giegrich, J., Reinhardt, G., Sayer, U., Gretz, M., Lanje, K. y Schmitz, J. (2008). Kriterien einer nachhaltigen Bioenergienutzung im globalen Maßstab. UBA-Forschungsbericht, 206, 41-112.
- Festel, G.W. (2008). Biofuels - economic aspects. *Chemical Engineering and Technology*, 31(5), 715-720.
- Gray, K.A., Zhao, L. y Emptage, M. (2006). Bioethanol, *Current Opinions in Chemical Biology*, 10(2), 141-146.
- Gutiérrez-Antonio, C., Romero-Izquierdo, A.G., Gómez-Castro, F.I., Hernández, S. y Briones-Ramírez, A. (2016). Simultaneous energy integration and intensification of the hydrotreating process to produce bio-jet fuel from jatropha curcas. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 110, 134-145.
- Hagos, K., Zong, J., Li, D., Liu, C. y Lu, X. (2017). Anaerobic co-digestion process for biogas production: Progress, challenges and perspectives, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(Septiembre), 1485-1496.
- Hilkevitch, J. (2011, noviembre 11). Continental Airlines flight is first in U.S. to use biofuel. *Los Angeles Times*. Extraído el 14 de noviembre de 2018 desde: <http://articles.latimes.com/2011/nov/11/business/la-fi-biofuel-airlines-20111111>.
- Japan Airlines (2009, enero 30). JAL flight brings aviation one step closer to using biofuel. *Press release*. Extraído el 14 de noviembre de 2018 desde: <http://press.jal.co.jp/en/release/200901/003159.html>.
- KLM (2016, enero 22). KLM's flights from Oslo to be powered by new biofuel. *Press release*. Extraído el 14 de noviembre de 2018 desde: <https://news.klm.com/klms-flights-from-oslo-to-be-powered-by-new-biofuel/>.
- KTBL - Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2012). Biogasrechner. Extraído el 06 de noviembre de 2018 desde: <http://daten.ktbl.de/biogas/navigation.do?selectedAction=Startseite#start>.
- Lee, S., Posarac, D. y Ellis, N. (2011). Process simulation and economic analysis of biodiesel production processes using fresh and waste vegetable oil and supercritical methanol. *Chemical Engineering Research and Design*, 89(12), 2626-2642.
- McMillan, J.D. (1997). Bioethanol production: status and prospects. *Renewable Energy*, 10(2), 295-302.
- Morales, M., Quintero, J., Conejeros, R. y Aroca, G. (2015). Life-cycle assessment of lignocellulosic bioethanol: environmental impacts and energy balance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42(Febrero), 1349-1361.
- Riegelhaupt, E., Odenthal, J. y Janerio, L. (2016). *Diagnóstico de la situación actual del biodiésel en México y escenarios para su aprovechamiento*. Ciudad de

- México: Ecofys. Saka, S. y Kusdiana, D. (2001). Biodiesel fuel from rape seed oil as prepared in supercritical methanol. *Fuel*, 80(2), 225-231.
- Secretaría de Energía (2018, abril 05). Permisos otorgados por SENER para la producción, comercialización y transporte de bioenergéticos. Extraído el 16 de abril de 2019 desde: <https://www.gob.mx/sener/documentos/permisos-otorgados-por-sener-para-la-produccion-comercializacion-y-transporte-de-bioenergeticos>.
- Tormos, B., Macián, V., Gargar, K. y Redón, P. (2009). Results of an operating experience for urban buses fueled with biodiesel blends (B50). *SAE Technical Paper 2009-01-1827*.
- Virmond, E., de Sena, R.F., Albrecht, W., Althoff, C.A., Moreira, R.F.P.M. y José, H.J. (2012). Characterisation of agroindustrial solid residues as biofuel and potential application in thermochemical processes. *Waste Management*, 32(10), 1952-1961.
- Washington State University (2012). Developing a wood pellet/densified biomass industry in Washington State: opportunities and challenges, *Washington State University Extension Energy Program*. Extraído el 06 de abril de 2018 desde: <http://www.energy.wsu.edu/portals/0/documents/Densified-BiomassReport-Dec28.pdf>.
- Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(4), 849-860.
- Wellinger, A., Murphy, J. D. y Baxter, D. (2013). *The biogas handbook: science, production and applications*. Cambridge: Woodhead Publishing.





BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS: UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA Y SOSTENIBLE PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO

SOLID BIOFUELS: A SUSTAINABLE AND ECONOMIC ALTERNATIVE FOR THE GENERATION OF ELECTRIC ENERGY IN MEXICO

Inés María Ríos-Badrán¹, Iván Luzardo-Ocampo¹, José Santos-Cruz¹, Juan Fernando García-Trejo², Claudia Gutiérrez-Antonio^{1*}

¹ Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. Cerro de las Campanas s/n, Col. Las Campanas, 76010, Querétaro, México.

² Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. Cerro de las Campanas s/n, Col. Las Campanas, 76010, Querétaro, México.

* Autor de correspondencia, e-mail: claugtez@gmail.com; claudia.gutierrez@uaq.mx

Resumen

En México, los pronósticos indican que el consumo de energía seguirá en aumento, principalmente debido al incremento poblacional. Por otra parte, la mayor parte de la energía que se emplea proviene de fuentes fósiles, cuya producción se encuentra en declive. Por ello es importante buscar nuevas fuentes energéticas que permitan producir la energía necesaria, pero de manera sostenible. En este contexto, el uso de residuos agroindustriales representa una alternativa con potencial para la fabricación de biocombustibles sólidos, los cuales se pueden emplear para generar energía eléctrica y/o calorífica. En particular, los pellets, un tipo de biocombustible sólido, pueden emplearse para la generación de energía eléctrica, reemplazando al carbón de origen vegetal. Por ello, el uso de pellets elaborados a partir de residuos agroindustriales son el objeto del presente artículo, así como el efecto de su potencial uso en México sobre el precio de generación de la energía eléctrica.

Palabras claves: residuos agroindustriales, pellets, electricidad, bioenergía, biocombustibles sólidos.

Abstract

In Mexico, forecasts indicate that energy consumption will continue to increase, mainly due to the population growth. On the other hand, most of the energy that is used comes from fossil sources, whose production is in decline. Therefore, it is important to look for new energy sources that can produce the necessary energy, but in a sustainable manner. In this context, the use of agroindustrial waste represents an alternative with potential for the manufacture of solid biofuels, which can be used to generate electricity and/or heat. In particular, pellets, a type of solid biofuel, can be used for the generation of electrical energy, replacing coal of vegetable origin. Therefore, the use of pellets made from agroindustrial waste are the subject of this article, as well as the effect of its potential use in Mexico on the price of electric power generation.

Keywords: agroindustrial wastes, pellets, electricity, bioenergy, solid biofuels.

Introducción

Hoy en día, la mayor parte de la energía utilizada por la sociedad proviene de fuentes fósiles, entre las que se encuentran el petróleo, el carbón y el gas natural. Asimismo, dicho consumo de energía aumentará en los próximos años, debido principalmente al incremento poblacional. Por lo tanto, es necesario buscar alternativas que permitan satisfacer la demanda de energía, dado que las reservas mundiales de las fuentes fósiles han iniciado su declive. En países como México y Noruega se han observado decrementos en la producción en el período 2016-2018; en el Reino Unido y el resto del mundo el crecimiento fue extremadamente reducido (IEA, 2019). Adicionalmente, en la generación de energía debe procurarse la minimización del impacto ambiental; lo anterior con el objetivo de coadyuvar a la mitigación del problema del cambio climático. Así, algunas de las fuentes alternativas que han sido investigadas incluyen la energía contenida en las corrientes de aire (eólica), la radiación del sol (solar), las corrientes del agua del mar (maremotriz), así como aquella de las plantas y los animales (biomasa) (Aleman-Nava y cols., 2014). En particular, la biomasa es muy abundante en el planeta, y se considera que es la cuarta mayor fuente generadora de energía primaria en el mundo, contribuyendo con un 12% (García y cols., 2017). Por ello, la biomasa es una alternativa interesante para la generación de energía. Actualmente existe una controversia respecto de si la biomasa será suficiente para generar la energía que se requiere a nivel mundial (Slade y cols., 2011); a pesar de que en algunos estudios se han realizado estimaciones, a la fecha no hay un consenso al respecto. No obstante, es un hecho que es una materia prima que contribuirá de manera significativa a la generación de energía renovable. De acuerdo con la Real Academia Española, la biomasa se define como aquella materia orgánica originada en un proceso biológico, y que es utilizable como fuente de energía (RAE, 2019). Asimismo, la biomasa se clasifica según su fuente en natural, residual, cultivos energéticos, y excedentes agrícolas. De manera particular, los excedentes agrícolas o residuos sólidos agroindustriales (RSA) son materiales que se generan a partir del consumo directo de productos primarios agrícolas o de su industrialización; dichos residuos ya no son de utilidad para el proceso que los generó, pero son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otros produc-

tos con valor económico, de interés comercial y/o social (Saval, 2012). A nivel mundial la producción de RSA es de gran envergadura, siendo aproximadamente de 3,045 Mt por año (Giusiano, 2016). En México, la producción de RSA también es significativa; en 2014, del total de productos agrícolas cosechados el 25% fueron residuos, por lo que se estimó que se generaron cerca de 268.9 millones de toneladas de RSA (Gasca Álvarez, 2015). Algunos de los RSA se emplean como alimentación para el ganado, tal es el caso de los residuos del cultivo de soya, o bien para la elaboración de bloques de construcción, como las cascarillas derivadas del cultivo del arroz. No obstante, aquellos residuos que no poseen propiedades nutrimentales para que puedan usarse en la alimentación animal usualmente son quemados o abandonados en los campos de cultivo. Lo anterior se debe a que no se han explorado algunos otros usos que permitan utilizarlos para la generación de productos de valor agregado. Un uso que recientemente ha cobrado interés es la obtención de biocombustibles sólidos a partir de residuos agroindustriales.

Los biocombustibles sólidos generados a partir de residuos sólidos agroindustriales podrían emplearse para generar energía eléctrica. Esto permitiría resolver el problema de contaminación que representan los residuos agroindustriales, debido a los elevados volúmenes en los que son generados. Adicionalmente, su uso permitirá disminuir el impacto ambiental, así como el costo de producción por kWh de energía eléctrica, en comparación con el uso de carbón. Por lo tanto, en el presente artículo se analizará el efecto del precio del kWh de energía eléctrica producida a partir de carbón y de pellets en las centrales eléctricas. Para ello, se proporcionará información sobre los pellets, posteriormente se presentará el proceso de generación de electricidad a partir de combustibles sólidos, y finalmente el precio estimado del kWh producido a partir de biomasa.

2. Biocombustibles sólidos

Los biocombustibles sólidos se definen como aquellos combustibles generados a partir de biomasa, y que se caracterizan por encontrarse en estado sólido. Los biocombustibles sólidos pueden producirse a partir de diferentes tipos de biomasa, siendo el uso de RSA una de las alternativas que más interés ha recibido, ya que permite

valorizar los residuos, los cuales en su mayoría representan un problema de contaminación. Existen diferentes tipos de biocombustibles sólidos, siendo los pellets los más populares, Figura 1. Los pellets son pequeños cilindros de material comprimido de diferentes tipos de biomasa. Las propiedades físicas y químicas de los pellets se rigen por la norma ISO 17225-6 (ISO, 2019). Respecto de sus dimensiones (diámetro y longitud), el rango de los diámetros es de 6-8 mm, mientras que el rango de las longitudes es de 3.15 a 40 mm (ISO, 2019). Por otra parte, una de las propiedades químicas más importantes es el poder calorífico, que se define como la cantidad de energía que el pellet puede suministrar por unidad de masa. De acuerdo con la norma, los pellets elaborados a partir de residuos agroindustriales deben poseer un poder calorífico mínimo de 14.5 MJ/kg (ISO, 2019); este valor requerido se encuentra por debajo del poder calorífico de los pellets de madera (18 MJ/kg), así como del carbón mineral (21 MJ/kg) y el carbón vegetal (29 MJ/kg).



Figura 1. Pellets elaborados a partir de cascarilla de arroz

Los pellets pueden quemarse para obtener energía calorífica, o bien energía eléctrica. Para la generación de energía calorífica, los pellets deben quemarse y la energía

liberada por su combustión debe ser transferida a una sustancia, que se emplea como medio de calentamiento. Por otra parte, la energía eléctrica podría obtenerse de las centrales térmicas (convencionales o de ciclo combinado). Dichas centrales emplean usualmente carbón como combustible, el cual es de origen fósil; sin embargo, los pellets pueden ser empleados en ellas, dado que su poder calorífico es similar al del carbón (18% menor). La diferencia en el poder calorífico implica que se requerirá una mayor cantidad de pellets para producir la misma cantidad de energía que el carbón, pero la gran ventaja sería el uso de un combustible renovable obtenido de la revalorización de los residuos agroindustriales. Sin embargo, pueden emplearse en las centrales termoeléctricas para la producción de energía eléctrica, proceso que se describe en la siguiente sección.

3. La generación de electricidad

En México, la energía eléctrica se produce mediante diferentes procesos. Uno de ellos es el proceso termoeléctrico, que consiste en aprovechar la energía liberada por la quema de un combustible para generar energía eléctrica. En este proceso, se quema un combustible en una caldera, y el calor liberado se transfiere a agua líquida; el agua líquida cambia a fase vapor, al absorber la energía de la combustión. Posteriormente, ese vapor se hace pasar mediante una turbina, en la que la energía contenida en el vapor mueve la turbina, la cual impulsa un alternador que la transforma en electricidad. La Figura 2 representa de manera esquemática el proceso de generación de energía eléctrica a partir de un combustible sólido.

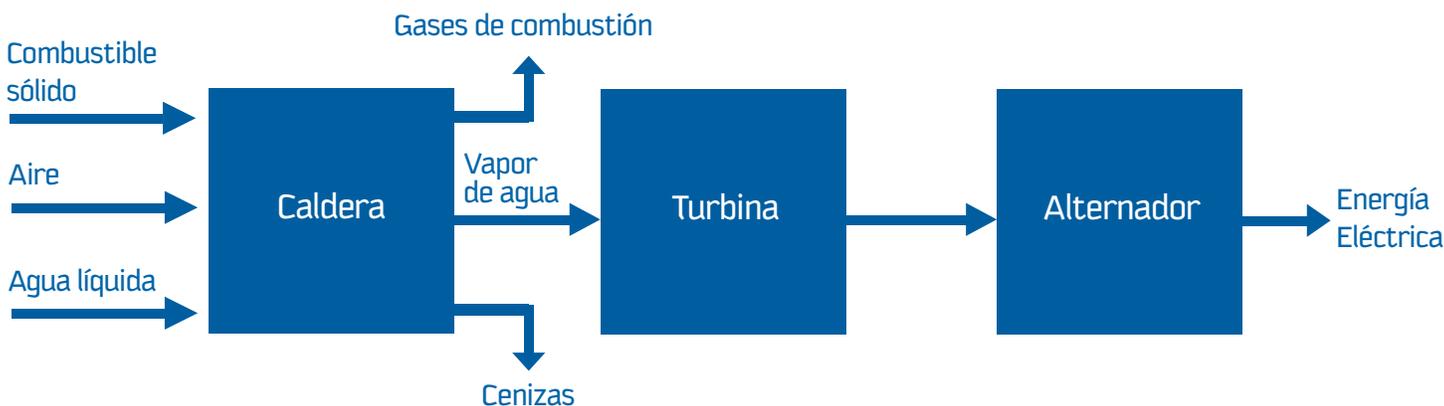


Figura 2. Proceso simplificado de generación de energía eléctrica mediante un proceso termoeléctrico.

En las centrales termoeléctricas de México, usualmente se emplea carbón de origen vegetal como combustible. El carbón vegetal es un producto de origen rural que es comercializado en los centros urbanos; el carbón representa el 9.4% de la producción forestal nacional. El 72.36% de la producción nacional de carbón se genera en Sonora, Tamaulipas y Durango (SEMARNAT, 2016). En 2014, el 11.1% de la energía eléctrica en México se generó de la quema de carbón, mientras que las fuentes energéticas renovables contribuían con tan sólo el 3% (Pérez-Denicia y cols., 2017). Como puede observarse, la cantidad de electricidad generada a partir de fuentes renovables sigue siendo baja en el país, a pesar de que se estima un crecimiento de 3.4% anual (SENER, 2015). Con la finalidad de revertir esta situación, el gobierno mexicano se ha propuesto generar el 35% de la electricidad a partir de fuentes renovables para el año 2025; esto implica invertir en investigación y desarrollo así como buscar mecanismos que estimulen el uso de energías renovables (Pérez-Denicia y cols., 2017). Algunas estimaciones indican que la bioenergía podría satisfacer hasta el 16% de la demanda energética para 2035; es decir, el 20% de la energía final consumida en México en el 2010 (García Bustamante y Masera Cerutti, 2016).

En la actualidad, el país tiene una capacidad instalada de generación energética a partir de biomasa de 370 MW, y se encuentra distribuida en 17 estados de la República, liderando el Estado de México (47%), seguido de Veracruz (15%), Hidalgo (9%) y Jalisco y Coahuila (8% cada uno) (Pérez-Denicia y cols., 2017). De dicho potencial energético se estima que el 77.9% podría provenir de la biomasa sólida, específicamente los residuos sólidos agroindustriales. No obstante, la contribución de la biomasa sólida podría ser mayor si los pellets son empleados en las centrales eléctricas que operan con carbón vegetal. De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad, las centrales que emplean carbón reportaron una capacidad de 77,463,000 MWh para el año 2015 (CFE, 2015); dicha energía eléctrica podría producirse a partir de pellets elaborados a partir de residuos sólidos agroindustriales. No obstante, a pesar de ser factible técnicamente un aspecto importante es el costo de dicha producción, aspecto que se presentará en la siguiente sección.

4. Costo de generación de electricidad

Es importante mencionar que el costo de generación de electricidad depende de la disponibilidad de materia prima, los costos de transporte, costos de transformación y costos derivados (Edenhofer y cols., 2012; García Bustamante y Masera Cerutti, 2016). Por ejemplo, los costos promedios de transporte de la biomasa pueden oscilar entre \$295.03 a \$392.7 MX para distancias promedio de transporte de 30 a 60 km; con precios de equilibrio que se encuentran en el rango de \$293.59 a \$ 375.9 MX por MWh para plantas con tamaños de 20 y 10 MW, respectivamente. Debido a los costos de transporte, la generación energética a partir de biomasa sería económicamente viable para plantas con capacidad instalada de 10 MW o mayores. Además, en algunos países europeos existen incentivos con los cuales se logran reducciones en los costos, debido a la disminución de la huella de carbono; esto contribuiría a tener mayor rentabilidad en el uso de pellets para generar energía térmica y eléctrica (Cerdá Tena, 2012; Rodríguez-Monroy y cols., 2018).

Si bien pareciera que el costo de utilizar carbón vegetal para generar energía eléctrica es menor que el asociado al uso de pellets, esto sólo es posible en generadoras de electricidad de alta eficiencia; además, el uso del carbón conlleva a un mayor costo ambiental, ya que se generan 960-1,050 g CO₂/kWh por la quema de carbón, frente a 14-41 g CO₂/kWh de la quema de diferentes formas de biomasa (Cerdá Tena, 2012). Por ello, considerando todos estos aspectos, el costo de la generación de electricidad a partir de pellets es considerablemente más bajo que con el uso de carbón, como se observa en la Tabla 1. Los datos presentados en la Tabla 1 fueron reportados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (2011). Estos datos fueron reportados para la Unión Europea, y consideran el costo del proceso productivo únicamente y no toda la cadena de suministro. Asimismo, se han considerado los valores más favorables para el cálculo de dicho costo. Se utilizan estos datos, ya que de acuerdo con García Bustamante y Masera Cerutti (2016) en México aún no se cuenta con este tipo de estudios.

Tabla 1. Comparación de costos de generación de 1 kWh de energía eléctrica según su fuente.

Fuente	Residuos de aserradero y chips	Gasificación de pequeños residuos	Biocombustibles líquidos y gaseosos	Carbo-eléctricas	Pellets elaborados con RSA
Costo [\$ MXN]	1.72	2.63	3.19	103.3	6.17

Ahora bien, el costo de generación por kW es un factor muy importante para la viabilidad de uso de los pellets elaborados a partir de residuos; sin embargo, no es el único factor que debe analizarse. Otro aspecto de vital importancia es el análisis de ciclo de vida que incluye el total de emisiones derivadas en la cadena de suministro para la producción y uso de los biocombustibles sólidos para la generación de energía eléctrica. Hay estudios en Estados Unidos que muestran que es posible reducir hasta en un 76% las emisiones de GEI cuando se emplean pellets para producción de energía eléctrica (Beagle y Belmont, 2019). Por ello, el uso de pellets elaborados a partir de residuos agroindustriales es una alternativa con gran potencial para producir energía eléctrica de manera sustentable y con bajo costo.

5. Conclusiones

Los residuos sólidos agroindustriales constituyen una materia prima abundante en México que puede ser utilizada para la producción de biocombustibles densificados o pellets. Los pellets poseen un adecuado poder calorífico que junto con su bajo costo contribuirían a la generación de energía eléctrica de forma económica y sostenible, en comparación con el uso de carbón.

Por ello, es necesario realizar mayor investigación respecto del uso de los residuos sólidos agroindustriales como alternativa energética; esto contribuirá con el cuidado al medio ambiente al mismo tiempo que se satisfacen los requerimientos energéticos a un costo accesible para los sectores industrial y doméstico.

Resúmenes curriculares

Inés María Ríos-Badrán

Maestra en Ciencias de la Energía por la Universidad Autónoma de Querétaro. Sus intereses de investigación versan sobre la producción de combustibles sólidos. inesmariariosbadran@gmail.com

Iván Luzardo-Ocampo

Maestro en Ciencia y Tecnología de los Alimentos por la Universidad Autónoma de Querétaro, y actualmente cursa estudios de Doctorado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos en la misma institución. Sus intereses de investigación versan sobre análisis y caracterización de productos alimenticios, así como el aprovechamiento de los residuos derivados. ivan.8907@gmail.com

José Santos-Cruz

Profesor Investigador de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro. Sus intereses de investigación versan sobre síntesis de materiales fotovoltaicos a partir de materiales orgánicos. Actualmente es Investigador Nacional Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores. jsantos@uaq.edu.mx

Juan Fernando García-Trejo

Profesor Investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. Sus intereses de investigación versan sobre el aprovechamiento de biomásas para obtener productos de alto valor agregado en aplicaciones biotecnológicas, farmacéuticas y alimenticias. Actualmente es Investigador Nacional Nivel I del Sistema Nacional de Investigadores. juanfernando77@gmail.com

Claudia Gutiérrez Antonio

Profesora Investigadora de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro. Sus intereses de investigación versan sobre procesos intensificados para la producción de biocombustibles mediante estrategias de integración energética y optimización estocástica multiobjetivo. Actualmente es Investigadora Nacional Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores. claudia.gutierrez@uaq.mx

Referencias bibliográficas

- Alemán-Nava, G.S., Casiano-Flores, V.H., Cárdenas-Chávez, D.L., Díaz-Chavez, R., Scarlet N., Mahlknecht, J., Dallemand, J.F., Parra, R., 2014, Renewable energy research progress in Mexico: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 140-153.
- Beagle, E., Belmont, E., 2019, Comparative life cycle assessment of biomass utilization for electricity generation in the European Union and the United States, *Energy Policy*, 128, 267-275.
- Cerdá Tena E., 2012, Energía obtenida a partir de biomasa, *Cuadernos económicos de ICE*, 83, 117-140.
- García, R., Pizarro, C., Lavín, A.G., Bueno, J.L., 2017, Biomass sources for thermal conversion. Techno-economical overview, *Fuel*, 195, 182-189.
- García Bustamante, C.A., Masera Cerutti, O., 2016, Estado del arte de la bioenergía en México. Publicación de la Red Temática de Bioenergía (RTB) del Conacyt. Imagia Comunicación S. de RL. de CV. ISBN: 978-607-8389-11-7. México.
- Gasca Álvarez, S., 2015, Producción de bioenergéticos, el mercado y sus oportunidades en México. Presentación realizada en el Foro Internacional 2015. Disponible en: http://foroenres2015.mx/8_0710_ForoEnRes_Sergio_Gasca.pdf
- Giusiano, M., 2016, Biogás a partir de rastrojo de maíz. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/291978395/Bioagas-a-partir-de-rastrojo-de-maiz>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2011, Renewable energy sources and climate change mitigation special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change - Summary for policymakers and technical summary. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SR-REN_FD_SPM_final-1.pdf
- International Energy Agency, 2019, Oil Statistics. Disponible en: <https://www.iea.org/statistics/oil/>
- International Organization for Standardization, 2019, ISO 17225-6:2014. Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 6: Graded non-woody pellets. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/59461.html>
- Pérez-Denicia, E., Fernández-Luqueño, F., Vilariño-Ayala, D., Manuel Montaña-Zetina, L., & Alfonso Maldonado-López, L., 2017, Renewable energy sources for electricity generation in Mexico: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 597-613.
- Rodríguez-Monroy, C., Mármol-Acitores, G., Nilsson-Cifuentes, G., 2018, Electricity generation in Chile using non-conventional renewable energy sources - A focus on biomass, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 937-945.
- Saval, S., 2012, Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*, 16(2), 14-46.
- Real Academia Española, 2019, Consulta de la palabra biomasa. Disponible en: <https://dle.rae.es/?id=5Y-tOE4H>.
- Slade, R., Saunders, R., Gross, R., Bauen, A., 2011, Energy from biomass: the size of the global resource. Imperial College Centre for Energy Policy and Technology and UK Energy Research Centre, Disponible en: https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/12650/4/GlobalBiomassReport_LOLO.pdf
- SEMARNAT, 2016, Anuario Estadístico de la Producción Forestal. Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/
- SENER, 2015, Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44328/Prospectiva_del_Sector_Electrico.pdf.
- Serrano, C., Monedero, E., Lapuerta, M., Portero, H., 2011, Effect of moisture content, particle size and pine addition on quality parameters of barley straw pellets, *Fuel Processing Technology*, 92(3), 699-706.





MÉTODOS PARA MEDIR LA DUREZA DEL GRANO DE MAÍZ: REVIEW

METHODS FOR THE MEASUREMENT OF MAIZE GRAIN HARDNESS: REVIEW

Arriaga-Pérez W¹, Gaytán-Martínez M^{1,2}*, Reyes-Vega M.L.³

¹ Posgrado en Ingeniería de Calidad y Productividad Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas S/N Col. Las Campanas. Querétaro, México.

² Posgrado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Research and Graduate Studies in Food Science, School of Chemistry, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n Col. Cerro de las Campanas, C.P. 76010, Santiago de Querétaro, México.

³ Universidad Autónoma de Querétaro, Departamento de Investigación y Posgrado, Santiago de Querétaro, México.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: marcelagaytanm@yahoo.com.mx

Resumen

La dureza es la principal característica física del grano de maíz, la cual determinará su uso debido a su alta influencia en la calidad del producto final. Se han desarrollado diferentes métodos con el objetivo de medir esta importante característica del grano. El objetivo del presente trabajo es clasificar, describir y comparar los métodos que se han utilizado para medir la dureza del grano. Se propone una clasificación de estos métodos, basada en su fundamento para determinar la dureza del grano. A la fecha no existe un método único, universalmente aceptado, para medir la dureza del grano de maíz. Actualmente algunos métodos, como “*Tangential Abrasion Dehulling Device*” y Stenvert, se usan con menor frecuencia, mientras que los métodos más utilizados son peso hectolítrico, índice de flotación, contenido de proteína e índice de tamaño de partícula, debido a la simplicidad y/o disponibilidad del equipo necesario para su análisis. Alternativamente, surgieron algunos métodos que se basan en el procesamiento de imágenes de granos de maíz para medir su dureza y los resultados demuestran que son adecuados para medir esta característica del grano.

Palabras clave: Dureza, maíz, métodos.

Abstract

Hardness is the main physical characteristic of the maize. This characteristic is important because it will determine its use, because of its influence on the quality of the final product. Therefore, different methods have been developed in order to measure maize grain hardness. The objective of this work is to classify, describe and compare the methods that have been used to measure grain hardness. A classification of these methods is proposed, based on the principle that sustains them to determine the hardness of the grain. Currently there is no universally accepted single method for measuring the hardness of maize grain. Actually, some methods such as TADD and Stenvert, are used with a minor frequency, while the most commonly used methods are hectoliter weight, floating index, protein content and particle size index. This is because of their simplicity and /or the accessibility to the equipment necessary for the analysis. Alternatively, some methods based on image processing of maize grain emerged to measure hardness, which results show that they are adequate to measure this grain characteristic.

Key Words: Hardness, Maize, Hardness methods.

Introducción

El maíz (*Zea mays L.*) es el cereal de mayor producción internacional, aproximadamente 1,134 millones de toneladas por año (Estadísticas FAO, 2017). Se utiliza principalmente como alimento de uso pecuario y como alimento para el ser humano (Aragón-Cuevas y col., 2012). Para determinar su potencial como materia prima y así facilitar su comercialización, se determinan diferentes características físicas (color, tamaño, dureza, presencia de material extraño) y químicas (contenido de aceite, proteína, almidón) (Aragón Cuevas y col., 2012; NMX-FF-034/2-SCFI, 2003). La dureza es la principal característica física del grano para determinar su uso, debido a su alta influencia en la calidad del producto final (Gaytán-Martínez y col., 2006; Williams y Kucheryavskiy, 2016:131).

La dureza del grano de maíz se define como la resistencia del grano a la deformación cuando éste se somete a una acción mecánica o al quebrado durante la cosecha y pos-cosecha, y dependerá de factores como lo son la genética de la planta de maíz, condiciones de cultivo y su manejo post-cosecha (Aragón Cuevas y col., 2012; Fox y Manley, 2009:5647).

La dureza del grano de maíz está dada por el arreglo microestructural y la matriz proteica de los gránulos de almidón y el grosor del pericarpio (capa que rodea al grano), de los cuales el que contribuye principalmente a la dureza del grano es el arreglo microestruc-

tural del gránulo de almidón (Gaytán-Martínez y col., 2006; Narváez-González y col., 2006). El almidón se encuentra en el endospermo: la parte estructural mayoritaria en el grano de maíz (82% aproximadamente) (Aragón Cuevas y col., 2012). El grano de maíz está constituido por dos tipos de endospermo, el endospermo vítreo o duro (EV) y el endospermo harinoso (EH) o suave y la relación en que se encuentren presentes estos tipos de endospermo contribuye principalmente a la dureza del grano (ISO5527, 2015; Williams y col., 2009).

En el presente trabajo de investigación se aborda los diferentes métodos reportados para determinar dureza. El objetivo del presente trabajo es describir los métodos físicos, químicos y de procesamiento de imágenes que se han reportado para medir la dureza del grano de maíz.

2. Métodos de determinación de la dureza del grano de maíz

Los métodos para la determinar la dureza del grano de maíz se pueden clasificar en físicos, químicos y de procesamiento de imágenes. Los métodos físicos involucran la medición de una característica física del grano que se relaciona con su dureza, mientras que los químicos, relacionan la dureza con las características químicas del grano. Por otra parte, los métodos de imágenes son aquellos que capturan imágenes de las partes estructurales del grano para explicar su dureza (Figura 1).

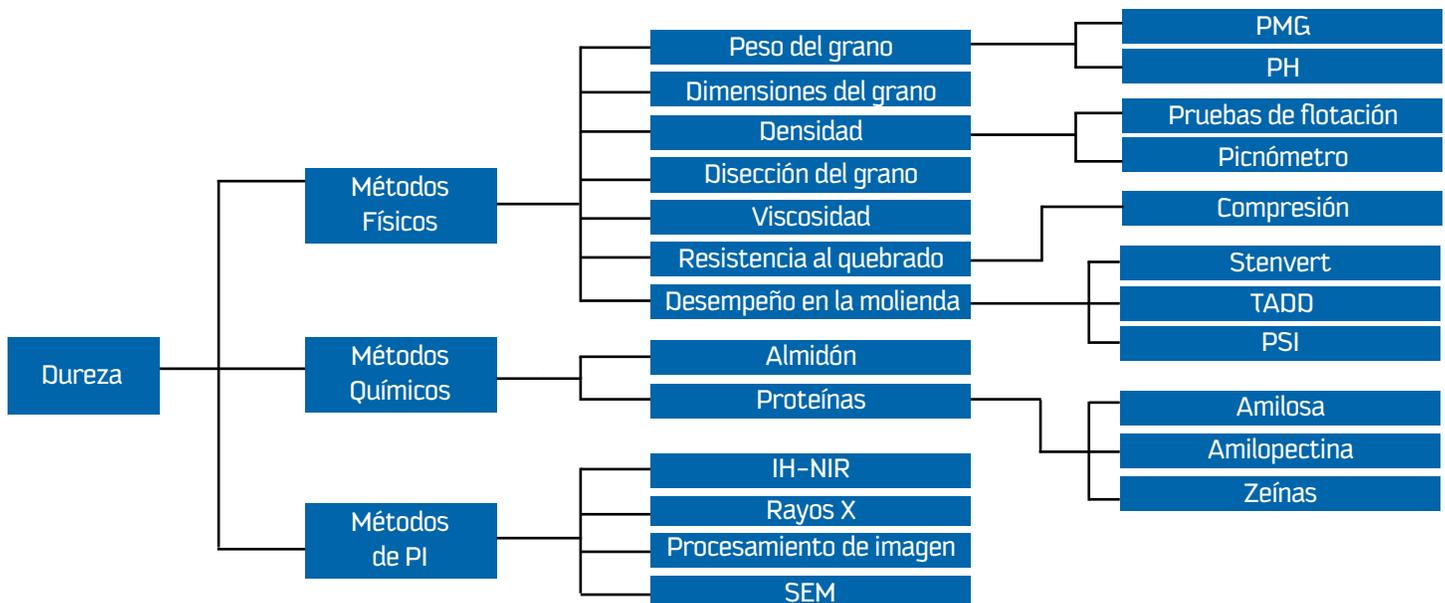


Figura 1. Clasificación de métodos para determinación de dureza de maíz

PI: procesamiento de imágenes; PH: peso hectolítrico; PMG: peso de mil granos; TADD: Tangential Abrasion Dehulling Device; PSI: índice de tamaño de partícula; SEM: microscopía electrónica de barrido; IH-NIR: imagen hiperespectral de infrarrojo cercano.

2.1 Métodos físicos

Algunas de las características físicas del grano que se relacionan con su dureza son: tamaño, peso, densidad, viscosidad, proporción de sus partes

estructurales, así como su resistencia al quebrado y su desempeño en la molienda. Los métodos que miden estas características son los que se señalan en la Tabla 1.

Tabla 1. Métodos físicos de determinación de dureza de maíz (Elaboración propia)

Característica del grano	Método/ D* o ND**	Parámetros obtenidos	Referencias
Tamaño	Dimensiones del grano (ND)	Ancho, largo y grueso, volumen y esfericidad	[Blandino y col., 2010, 2013]
Peso	Peso hectolítrico (ND)	Peso hectolítrico	[Blandino y col., 2010; Guelpa y col., 2015; Lee y col., 2006; Lee y col., 2005; Salinas-Moreno y Aguilar-Modesto, 2010]
	Peso de mil granos (ND)	Peso de mil granos	[Aragón Cuevas y col., 2012; Blandino y col., 2010; Guelpa y col., 2015; Guelpa y col., 2016; Sánchez y col., 2004]
Densidad	Pruebas de flotación (D)	% granos flotantes	[Aragón-Cuevas y col., 2012; Carrillo y col., 2010; Gaytán-Martínez y col., 2006; Narváez-González y col., 2006; Santiago-Ramos y col., 2017]
	Picnómetro (D)	Densidad	[Almeida-Dominguez y col., 1997; Siska y Hurburgh, 1992]
Partes estructurales	Disección del grano (D)	%pericarpio, %pedicelio, %germen, % endospermo harinoso y vítreo	[Aragón Cuevas y col., 2012; Gaytán-Martínez y col., 2006; Santiago-Ramos y col., 2017]
Viscosidad	RVA (D)	Viscograma (viscosidad vs tiempo)	[Almeida-Dominguez y col., 1997; Guelpa y col., 2015]
Resistencia al quebrado	Prueba de punción (D)	Fuerza de rompimiento	[Aragón Cuevas y col., 2012; Blandino y col., 2010; Gaytán-Martínez y col., 2006; Narváez-González y col., 2006; Santiago-Ramos y col., 2017]
Desempeño de molienda	TADD (D)	Cantidad de material removido del grano	[Fox y Manley, 2009; Lee y col., 2006; Lee y col., 2005]
	Stenvert (D)	Tiempo de molienda	[Blandino y col., 2010, 2013; Fox y Manley, 2009]
	PSI (D)	Relación molienda gruesa: molienda fina	[Blandino y col., 2010, 2013; Fox y Manley, 2009; Guelpa y col., 2015]

2.1.1 Peso del grano

Los dos métodos que miden el peso del grano para relacionarlo indirectamente con su dureza son el peso hectolítrico y el peso de mil granos. Aunque la prueba de peso de mil granos (PMG) es considerada una de las primeras realizadas para obtener una estimación de la dureza del grano, no tiene la capacidad de proveer información efectiva y concluyente por sí sola, generalmente se utiliza este método junto con otros análisis al grano (Blandino y col., 2010).

2.1.2 Densidad

La medición de la densidad del grano es una medida indirecta de su dureza (Pratt y col., 1991). Algunos métodos para medir la densidad el grano de maíz son las pruebas de flotación, y el picnómetro. La densidad se encuentra definida por la estructura de los dos tipos de endospermo y por consiguiente con la relación endospermo vítreo: endospermo harinoso, es decir su dureza. Así, entre mayor sea la densidad del grano, tendrá un mayor contenido de endospermo vítreo, es decir, será un grano más duro (Guelpa y col., 2016).

a) Picnómetro

La densidad medida con el picnómetro proporciona una medición precisa y no destructiva de la dureza del maíz. La densidad se obtiene midiendo el volumen del aire desplazado por un peso medido de maíz. Este método fue desarrollado por Thompson e Isaacs en 1967 (Pomeranz y col., 1984).

b) Pruebas de flotación

El índice de flotación es uno de los métodos que más usados para medir la dureza del maíz. Este método se basa en que los granos duros (gránulos de almidón compactados y con mayor relación endospermo vítreo/ endospermo harinoso) son de mayor densidad, por lo tanto, menor porcentaje de granos flotan en relación a los granos de menor densidad (NMX-FF-034/2-SCFI, 2003), por lo tanto la cantidad de granos flotantes es inversamente proporcional a la densidad del grano (Gaytán-Martínez y col., 2013).

Wichser en 1961 desarrolló el método de flotación con una solución de tetracloroetileno a una

densidad de 1.62 g/ml. Posteriormente otras soluciones con densidad conocida fueron utilizadas para determinar la dureza de los granos, entre las cuales se encuentran las de nitrato de sodio, sacarosa, tetracloruro de carbono-keroseno y etanol. La solución de nitrato de sodio a una concentración de 1.250 g/mL⁻¹ es la más comúnmente utilizada, esta prueba se conoce con el nombre de índice de flotación (IF) (Santiago-Ramos y col., 2017; Aragón Cuevas y col., 2012; Carrillo y col., 2010; Gaytán-Martínez y col., 2006; Narváez-González y col., 2006).

2.1.3 Disección del grano

El grano de maíz se divide en cuatro estructuras físicas fundamentales: pedicelio (1%), pericarpio (5%), germen (10%) y endospermo (82%). Para determinar los componentes del grano, por disección, se sumergen 5 gramos de maíz en agua (85°C) por 15 minutos para facilitar la disección, posteriormente el pedicelo, pericarpio, germen y endospermo (vítreo y harinoso) son separados manualmente utilizando un bisturí (Aragón-Cuevas y col., 2012). La dureza se determina con base en la relación de endospermo vítreo/endospermo harinoso presente en el grano. A mayor proporción de endospermo vítreo respecto al endospermo vítreo será indicativo de un grano con mayor dureza (Williams y Kucheryavskiy, 2016:131-137).

2.1.4 Viscosidad

El análisis del perfil de viscosidad se efectúa con un analizador de viscosidad (RVA por sus siglas *Rapid Visco Analyser*), es un método que se fundamenta en medir la viscosidad que se desarrolla con la hidratación y posterior gelatinización de los gránulos de almidón en una muestra (Cozzolino, 2016). RVA es sensible a las diferencias en la dureza del endospermo del grano de maíz con las ventajas del tamaño pequeño de la muestra y el corto tiempo de prueba (Almeida-Dominguez y col., 1997; Guelpa y col., 2015). Un resultado de alrededor de 700 unidades RVA indica que el grano es suave, mientras que aproximadamente 400 unidades RVA indican que el grano es duro (Fox y Manley, 2009:5652).

2.1.5 Resistencia al quebrado

La prueba de punción, perforación o compresión es una prueba mecánica que se relaciona positivamente con el porcentaje de endospermo vítreo que contenga el grano. El EV presenta gránulos de almidón altamente compactados y con mayor cantidad de entidades proteicas rodeando al gránulo de almidón, lo cual le confiere una mayor resistencia a la ruptura (Aragón-Cuevas y col., 2012; Gaytán-Martínez y col., 2006).

En este método se mide la fuerza aplicada al grano para lograr su ruptura, para lo cual se emplea un instrumento de medición llamado texturómetro, al cual se le adapta una sonda que será la que penetre el grano en el lado opuesto al germen, en la parte central del endospermo (Blandino y col., 2010; Gaytán-Martínez y col., 2006; Narváez-González y col., 2006; Sánchez y col., 2004)

2.1.6 Desempeño en la molienda

Los métodos que se basan en el desempeño de la molienda para determinar la dureza del grano de maíz son: el método TADD por sus siglas en inglés (Tangential Abrasion Dehulling Device), el método Stenvert y el índice de tamaño de partícula o PSI por sus siglas en inglés (*Particle Size Index*). En los dos primeros intervienen fundamentalmente dos factores, el tiempo de la molienda (TM) y la cantidad de material removido (MR), ya sea conservando fija la variable tiempo de molienda (método TADD) o conservando fija la variable material removido (método Stenvert).

a) Método TADD

En el método TADD, los granos de maíz son desgastados por un tiempo establecido y posteriormente se calcula la cantidad de material removido del grano. Alta cantidad de material removido (70%) representa que el grano es suave y baja (20%) que es duro. El resultado de esta prueba es para una muestra compuesta por varios granos, así que, no es capaz de diferenciar la dureza entre los granos individualmente (Fox y Manley, 2009:5652).

b) Método Stenvert

Este método fue desarrollado por Stenvert en 1974, durante las décadas de los 80s y 90s se reportan

artículos relevantes que midieron la dureza de granos de maíz utilizando el método Stenvert (Li y col., 1996; Mestres y col., 1995; Pomeranz y Czuchajowska, 1985:213-219; Pomeranz, y col., 1986). El fundamento del método Stenvert se basa en contabilizar el tiempo de molienda que se emplea para la obtención de 100 g de material molido. Tiempos de molienda de 10 segundos (o menos) son característicos de granos suaves, en tanto que, granos duros presentan tiempo de molienda de 20 segundos o más (Fox & Manley, 2009:5651).

c) Índice de tamaño de partícula

El índice de tamaño de partícula (PSI) es un método destructivo para medir indirectamente la dureza del grano de maíz. Su auge como método para la medición de la dureza del grano fue entre 1980 y 1990 (Abdelrahman y Hosene, 1984; Pomeranz y col., 1984; Wu, 1992) El PSI se determina moliendo 20 gramos de grano de maíz con un micro molino de martillos y se tamizan a través de mallas de diferente apertura, para relacionar el tamaño de partícula con la dureza del maíz, esto debido a la resistencia de los granos de maíz más duros a la molienda, por lo que se espera que las partículas molidas tengan un mayor tamaño, a diferencia de los granos suaves cuyo tamaño será menor pues presentan menor resistencia a la molienda. Las partículas >150 μm , representaron al maíz duro, mientras que, las <150 μm al maíz suave (Blandino y col., 2010; Fox y Manley, 2009:5651; Guelpa y col., 2015).

Mediante PSI se obtiene la relación molienda gruesa: molienda fina, donde un mayor valor se relaciona con granos duros. La molienda gruesa (C) son las partículas obtenidas de 700 a 2000 μm y la molienda fina (F) son <500 μm (Guelpa y col., 2015).

2.2 Métodos de procesamiento de imágenes

Los métodos de procesamiento de imágenes (PI) involucran la obtención de imágenes de granos de maíz para la determinación de su dureza. Entre los métodos de PI se encuentran: la tomografía micro computarizada de rayos X (CT), la imagen hiperespectral en infrarrojo cercano (IH-NIR) y visión de máquina (escáner).

La medición de la dureza del grano se basa en la identificación y medición de la región comprendida por el

endospermo vítreo y el endospermo harinoso (Blandino y col., 2010; Guelpa y col., 2016; McGoverin y Manley, 2012:530 ; Williams y col., 2009; Williams y Kucheryavskiy, 2016:131-137). Las diferencias entre ambos tipos de endospermos se deben principalmente al arreglo microestructural de los gránulos de almidón; para determinar las características microestructurales se ha utilizado microscopía electrónica de barrido (SEM) (Barrera y col., 2013; Narváez-González y col., 2007; Narváez-González y col., 2006).

a) Tomografía microcomputarizada de Rayos X

La tomografía microcomputarizada de rayos X es una técnica no destructiva con la cual se generan imágenes del grano en 3D, para obtener el volumen del total del grano, volumen del endospermo harinoso y vítreo, endospermo vítreo: endospermo harinoso para cada grano de maíz de forma individual (Guelpa y col., 2016).

La ventaja de tomografía microcomputarizada de rayos X para la medición de la densidad del grano, en comparación con otras técnicas como el índice de flotación o el peso hectolítrico, es que proporciona una medida real de la densidad ya que no considera espacios de aire dentro del grano, estos espacios se nombraron % huecos y % porosidad (Guelpa y col., 2015; Guelpa y col., 2016; Gustin y col., 2013).

Algunas desventajas de este método son el elevado tiempo para la adquisición de las imágenes, el costo de análisis, daño por radiación al grano y que se requiere un técnico experimentado para la reconstrucción del grano en 3D (Guelpa y col., 2015; Guelpa y col., 2016; Gustin y col., 2013). Para resolver el problema del tiempo del análisis, surgió la tomografía microcomputarizada de rayos X de alto rendimiento donde se pueden adquirir imágenes de 150 maíces simultáneamente, disminuyendo el tiempo en una relación de 3 minutos (alto rendimiento) vs 13 minutos por el método convencional (Guelpa y col., 2016).

b) Imagen hiperespectral infrarrojo cercano

La técnica espectroscópica llamada imagen hiperespectral infrarrojo cercano (IH-NIR) se refiere a la adquisición de imágenes en diferentes bandas en la región del espectro electromagnético infrarrojo cercano (900-1700 nm)(Williams y col., 2009), la información obtenida de la imagen está organizada en una matriz de dos ejes, coordenadas de los píxeles (x, y) que corresponden a la dimensión espacial y un tercer eje (z) representa la dimensión espectral (longitudes de onda), lo que genera una imagen en 3D denominada hipercubo (Manley, 2014:8203; Ravikanth y col., 2017). A cada píxel dentro de la imagen hiperespectral le corresponde un espectro en particular, que es diferente al espectro de los píxeles vecinos. Para el análisis de los datos se utilizan herramientas de análisis multivariado debido a la cantidad de información obtenida del hipercubo (Manley, 2014: 8203).

c) Escáner

El método consiste en lijar el grano de maíz para obtener una vista transversal del endospermo vítreo y harinoso, las imágenes se digitalizan utilizando un escáner y se transforman en imágenes en escala de grises, finalmente se mide, en la imagen, el área del endospermo vítreo, harinoso y relación endospermo vítreo/ endospermo harinoso (Blandino y col., 2010; Leyva Ovalle y col., 2002).

Una desventaja de este método es que no es práctico al analizar un número elevado de muestras por el tiempo que consume el lijado del grano, en contraparte presenta ventajas en el costo y disponibilidad del equipo (Blandino y col., 2010).

d) Microscopía electrónica de barrido

Utilizando microscopía electrónica de barrido (SEM) se obtienen algunos parámetros cualitativos, como el grado de compactación del gránulo de almidón (esférico, achatado, poligonal) y cuantitativos como el tamaño del gránulo de almidón (TGA). En el endo-

spermo vítreo los gránulos de almidón se caracterizan por su forma poligonal debido a que se encuentran altamente compactados, con una matriz proteica continua, mientras que, en el endospermo harinoso los gránulos de almidón se encuentran en forma esférica, menos compactados y la matriz proteica es muy delgada o ausente [Roman y col., 2017; Guelpa y col., 2016; Guelpa y col., 2015; Narváez-González y col., 2006; Salinas-Moreno y Aguilar-Modesto, 2010].

Narváez-González y col. (2006) concluyeron que el grado de compactación de los gránulos de almidón en los endospermos fue la principal característica asociada con características físicas del grano. Gránulos de almidón altamente compactados se relacionan con mayor contenido de proteína y de endospermo vítreo, además de presentar un bajo contenido de amilosa y de humedad [Gaytán-Martínez y col., 2006:137, Narváez-González y col., 2006]. Los granos duros presentaron una alta compactación del gránulo de almidón, forma poligonal y TGA <10 micrómetros, mientras que, los granos suaves presentaron menor grado de compactación del gránulo de almidón, forma esférica y TGA > 10 micrómetros [Narváez-González y col., 2006].

2.3 Métodos químicos

Químicamente el grano de maíz está constituido principalmente por carbohidratos (almidón, fibra), proteína y grasa. En mayor proporción se encuentran el almidón (72.4%) y las proteínas (9.6%)[Aragón Cuevas y col., 2012]. El almidón está compuesto por dos polímeros: amilosa y amilopectina, en proporción 25:75 aproximadamente. Sin embargo, existen variantes genéticamente modificadas, donde esta relación no se cumple [Fox y Manley, 2009:5649].

La influencia del contenido de amilosa y amilopectina en la dureza del grano de maíz ha sido obje-

to de diferentes estudios, coincidiendo en que granos de maíz duros presentan mayor contenido de amilosa respecto a granos suaves [Blandino y col., 2010; Santiago-Ramos y col., 2017]. Esto debido a que a mayor cantidad de amilosa indica una mayor compactación de los gránulos de almidón en el endospermo vítreo, en tanto que, cuando existe mayor cantidad de amilopectina, se observa un menor grado de compactación del gránulo de almidón lo que ocurre en el endospermo harinoso [Blandino y col., 2010; Dombink-Kurtzman y Knutson, 1997:776].

El contenido de proteína está relacionado con la dureza del grano de maíz [Fox y Manley, 2009:5648; Lee y col., 2006], diferentes investigaciones coinciden en que los granos con mayor dureza presentan mayor contenido de proteína en relación a los granos suaves, debido a que existe una mayor cantidad de cuerpos proteicos alrededor de los gránulos del endospermo vítreo que en los del endospermo suave [Blandino y col., 2010; Lee y col., 2006; Narváez-González y col., 2006; Salinas-Moreno y Aguilar-Modesto, 2010:8].

Las proteínas presentes en el endospermo del maíz se denominan zeínas, y se encuentran principalmente en la superficie de los gránulos de almidón [Fox y Manley, 2009:5648 ; Gerde y col., 2016]. Por su masa molecular, las zeínas se dividen en α (19-22 kDa), β (15kDa) y γ (16-27 kDa). El tipo de zeínas se ha correlacionado con la dureza del grano de maíz, con altos niveles de α -zeína en el endospermo vítreo y bajos en el endospermo harinoso.

3. Principales métodos para la determinación de dureza

En la Tabla 2 se muestra un comparativo entre las principales características de los diferentes métodos descritos en la sección anterior.

Tabla 2. Características de los métodos para la determinación de dureza (elaboración propia)

Método	Equipamiento necesario	Tiempo de análisis	Experiencia Analista	Tamaño de muestra	Referencias
Pruebas flotación	Balanza analítica	A	2	100 granos	NMX-FF-034/2-SCFI, 2003; Aragón Cuevas y col., 2012
PH	Balanza	A	1	1000 gramos	NMX-FF-034/2-SCFI, 2003
CT	Tomógrafo de rayos X	B	3	1 grano por análisis	Guelpa y col., 2016
IH-NIR	Cámara hiperespectral NIR	B	3	1 grano por análisis	Williams y col., 2009; Williams y Kucheryavskiy, 2016
SEM	Microscopio electrónico de barrido	A	2	1 grano por análisis	Narváez-González y col., 2007
CGD	Horno de secado	C	2	5 gramos	Aragón-Cuevas y col., 2012
PMG	Balanza semianalítica	A	1	100 granos	
DG	Vernier	A	1	1 grano por análisis	
Proteína	a) Con equipo Micro-Kjeldahl	a) C	2	a) 1-2 gramos	Lee y col., 2005; Narváez-González y col., 2006; Blandino y col., 2010
	b) Con espectrómetro NIR	b) A		b) 50 gramos	
Amilosa	Kit de ensayo amilosa/amilopectina Megazyme	C	2	1 gramo	Blandino y col., 2010
AT	Analizador de textura TA-TX2	A	2	1 grano por análisis	Aragón Cuevas y col., 2012
TADD	Dispositivo TADD	A	2	300 gramos	Lee y col., 2005
Stenvert	Molino de martillos a escala	A	2	20 gramos	Blandino y col., 2010
RVA	Analizador de viscosidad (RVA)	A-B	2	3 gramos	Guelpa y col., 2015
PSI	Molino, Rotab y balanza	A	2	20 gramos	Blandino y col., 2010
Escáner	Escáner	A	3	1 grano	

Tiempo de análisis: A: menos de 30 min, B: 30min-60min, C: más de 60 minutos; ND: no destructivo, D: destructivo; Niveles de experiencia 1: sin experiencia; 2: con experiencia previa, 3: Experto.

4. Correlación entre los métodos para la determinación de dureza

En la Tabla 3 se observan los resultados de correlación entre las variables que describen la dureza del grano de maíz y los métodos empleados para la obtención de las mismas, [dichos resultados fueron obtenidos por diferentes autores, los cuales se referencian con los números dentro de los cuadros de la Tabla 3. Se observa que se correlacionan positivamente las variables peso

hectolítrico, fuerza de ruptura, contenido de proteína, endospermo vítreo, endospermo vítreo: endospermo harinoso, molienda gruesa: molienda fina, tiempo de molienda, TADD, grosor del grano, y a su vez, todas estas variables incrementan conforme aumenta la dureza del grano de maíz.

Por otro lado, las variables que se correlacionan negativamente con la dureza (y con las variables relacionadas con la dureza) fueron porcentaje de gra-

nos flotantes, contenido de almidón y germen. Algunas variables no mostraron ser concluyentes al ser comparadas con variables que se correlacionaron po-

sitivamente y negativamente con la dureza, entre estas se encontraron el ancho, peso de mil granos, pericarpio (%), largo del grano y el contenido de amilosa.

Tabla 3. Correlación entre métodos de determinación de dureza

	Metodo	Químicas			Procesamiento de imagenes				Físicas									
		Contenido de proteína	Contenido de almidón	Contenido de amilosa	Tamaño de gránulo de almidón	Grosor de pericarpio	Escáner (EV/EH)	IH-NIR (EV/EH)	Índice de flotación	Peso hectolítrico	Fuerza de ruptura	Germen (%)	Pericarpio (%)	Endospermo (%)	Peso de mil granos	Molienda gruesa: molienda fina	Tiempo de molienda	Ancho del grano
Químicas	Contenido de almidón	3																
	Contenido de amilosa	3	3															
Procesamiento de imagenes	Tamaño de gránulo de almidón	13																
	Grosor de pericarpio	12		12														
	Endospermo vítro (CT)	7					8											
Físicas	Índice de flotación	3 4 5 12	3	12 3														
	Peso hectolítrico	7 4 3 10	3	3			7	5 3 4 1										
	Fuerza de ruptura del grano	3 12	3	12	13			6 2 3	3									
	Germen (%)	5		12				2 5 6		6								
	Pericarpio (%)	12						6 2 5 12		2 6	4 12							
	Endospermo (%)			12		12	11	2 6		6	4 2 12	4 2 12						
	Peso de mil granos	12 7		12			7	12	3 7	2 12		12	12					
	Molienda gruesa/fina	3 4		3			3	7	3 4 4 3	7 9	3			7 3				
	Material removido (TADD)	9								9								
	Tiempo de molienda	3 10		3			3		3	3 9	3				3			
	Longitud del grano						3		3	3	3	2		2	2	3	3	
	Ancho del grano								2		2			2	3	3		
	Grosor del grano	3	3	3			3			3	3		2	2	2	3	3	2

Código de colores

Positivo

- 0,9 a 0,99: Muy alto
- 0,7 a 0,89: Alto
- 0,4 a 0,69: Moderada
- 0,2 a 0,39: Baja

Negativo

- 0,9 a -0,99: Muy alto
- 0,7 a -0,89: Alto
- 0,4 a -0,69: Moderada
- 0,2 a -0,39: Baja

Elaboración propia a partir de los resultados reportados por: 1: Abdala y col., 2017; 2: Aragón Cuevas y col., 2012; 3: Blandino y col., 2010; 4: Blandino y col., 2013; 5: Carrillo y col., 2010; 6: Gaytán-Martínez y col., 2006; 7: Guelpa y col., 2015; 8: Guelpa y col., 2016; 9: Lee y col., 2005; 10: Lee y col., 2006; 11: McGoverin y Manley, 2012; 12: Narváez-González y col., 2006; 13: Narváez-González y col., 2007.

4. Conclusiones

A la fecha no existe un método único para la medición de la dureza del grano de maíz. La elección del método dependerá de los recursos disponibles como son: equipamiento, tiempo de análisis y la experiencia del analista. Sin embargo, de acuerdo a la literatura revisada se observa que los resultados obtenidos por IH-NIR, Escáner, TADD, PSI, tiempo de molienda, contenido de proteína, pruebas de flotación y peso hectolítrico presentan correlaciones de moderadas a altas entre sí, lo que indica su consistencia para la medición de la dureza en diferentes variedades de granos de maíz, por lo cual se recomienda la elección de estos métodos por sobre los otros.

De acuerdo a la literatura revisada los métodos que más se emplean son peso hectolitrico, índice de flotación, contenido de proteína e índice de tamaño de partícula, lo cual se debe principalmente a la simplicidad y/o disponibilidad del equipamiento necesario para su análisis. El procesamiento de imágenes se ha usado con el objetivo de disminuir costos, por la simplicidad del análisis y aumentar su exactitud. En contra parte, la tomografía micro computarizada de rayos X que emplea tecnología de reciente aplicación para el área del análisis del grano de maíz, por tal motivo, los pocos datos referidos en el presente trabajo de investigación, además de que la falta de investigación al respecto podría obedecer a que no se tiene disponibilidad del equipo o del analista experto, lo que hace que los investigadores prefieran otro método.

Referencias bibliográficas

- Abdelrahman, A.A., Hosney, R. C. (1984). Basis for hardness in sorghum and maize Chemical. *American Association of Cereal Chemist*.
- Almeida-Dominguez, HD., Suhendro, E. L., & Rooney, L. W. (1997). Factors Affecting Rapid Visco Analyser Curves for the Determination of Maize Kernel Hardness, 25, 93-102.
- Aragón Cuevas, F., Dios, J. De, Cárdenas, F., Zarate, M. F., & Gaytán, M. (2012). *Calidad Industrial de Maíces Nativos de la Sierra Sur de Oaxaca*. Oaxaca, México.
- Barrera, G. N., Calderón-Domínguez, G., Chanona-Pérez, J., Gutiérrez-López, G. F., León, A. E., & Ribotta, P. D. (2013). Evaluation of the mechanical damage on wheat starch granules by SEM, ESEM, AFM and texture image analysis. *Carbohydrate Polymers*, 98(2), 1449-1457. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.07.056>
- Blandino, M., Mancini, M. C., Peila, A., Rolle, L., Vanara, F., & Reyneri, A. (2010). Determination of maize kernel hardness: comparison of different laboratory tests to predict dry-milling performance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(March), 1870-1878. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4027>
- Blandino, M., Sacco, D., & Reyneri, A. (2013). Prediction of the dry-milling performance of maize hybrids through hardness-associated properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(6), 1356-1364. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5897>
- Carrillo, M. G. V., Camarillo, J. P. P., Casillas, J. M. H., De La Luz Marrufo Diaz, M., & Ruiz, E. M. (2010). Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del altiplano y valle del mezquital, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 33(4), 49-56.
- Cozzolino, D. (2016). The use of the rapid visco analyser (RVA) in breeding and selection of cereals. *Journal of Cereal Science*, 70, 282-290. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.07.003>
- Dombrink-Kurtzman, M. A., & Knutson, C. A. (1997). A Study of Maize Endosperm Hardness in Relation to Amylose Content and Susceptibility to Damage. *Cereal Chemistry Journal*, 74(6), 776-780. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1997.74.6.776>
- Estadísticas FAO. (2017). FAOSTAT. Retrieved May 31, 2019, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fox, G., & Manley, M. (2009). Hardness methods for testing maize kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(13), 5647-5657. <https://doi.org/10.1021/jf900623>
- Gaytán-Martínez, A. C., Figueroa-Cárdenas, M. ;, Reyes-Vega, J. D. ;, Rincón-Sánchez, M. L. ;, & Morales-Sánchez, F. ; (2006). Microstructure of starch granule related to kernel hardness in corn. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 29(2), 135-139. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61009823>
- Gaytán-Martínez, M., Figueroa-Cárdenas, J. D., Reyes-Vega, M. L., Morales-Sánchez, E., & Rincón-Sánchez, F. (2013). Maize landraces selection for industrial end-use based on their added

- value. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(SUPPL.3), 339-346.
- Gerde, J. A., Tamagno, S., Di Paola, J. C., & Borrás, L. (2016). Genotype and nitrogen effects over maize kernel hardness and endosperm zein profiles. *Crop Science*, 56(3), 1225-1233. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.08.0526>
- Guelpa, A., Bevilacqua, M., Marini, F., O'Kennedy, K., Geladi, P., & Manley, M. (2015). Application of Rapid Visco Analyser (RVA) viscograms and chemometrics for maize hardness characterisation. *Food Chemistry*, 173, 1220-1227. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.149>
- Guelpa, A., du Plessis, A., Kidd, M., & Manley, M. (n.d.). Non-destructive Estimation of Maize (*Zea mays* L.) Kernel Hardness by Means of an X-ray Micro-computed Tomography (μ CT) Density Calibration. *Food and Bioprocess Technology*, 8(7), 1419-1429. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1502-3>
- Guelpa, A., du Plessis, A., & Manley, M. (2016). A high-throughput X-ray micro-computed tomography (μ CT) approach for measuring single kernel maize (*Zea mays* L.) volumes and densities. *Journal of Cereal Science*, 69, 321-328. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.04.009>
- Gustin, J. L., Jackson, S., Williams, C., Patel, A., Armstrong, P., Peter, G. F., & Settles, A. M. (2013). Analysis of Maize (*Zea mays*) Kernel Density and Volume Using Microcomputed Tomography and Single-Kernel Near-Infrared Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46), 10872-10880. <https://doi.org/10.1021/jf403790v>
- ISO5527. (2015). ISO 5527:2015. Retrieved January 23, 2018, from <https://www.iso.org/standard/50933.html>
- Lee, K.-M., Herrman, T. J., Lingenfelter, J., & Jackson, D. S. (2005). Classification and prediction of maize hardness-associated properties using multivariate statistical analyses. *Journal of Cereal Science*, 41(1), 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2004.09.006>
- Lee, K. M., Bean, S. R., Alavi, S., Timothy J. Herrman, A., & Waniska, R. D. (2006). Physical and Biochemical Properties of Maize Hardness and Extrudates of Selected Hybrids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (54), 4260-4269. <https://doi.org/10.1021/JF053101V>
- Lee, K. M., Herrman, T. J., Lingenfelter, J., & Jackson, D. S. (2005). Classification and prediction of maize hardness-associated properties using multivariate statistical analyses. *Journal of Cereal Science*, 41(1), 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2004.09.006>
- Leyva Ovalle, A., Raúl, O., Carballo, C., Contreras, M., Apolinar, J., Carrillo, V., ... Gricelda Vázquez Carrillo, M. (2002). Procesamiento digital de imágenes para la estimación de textura de endospermo en líneas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(254), 355-365. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61025404>
- Li, P. X. P., Hardacre, A. K., Campanella, O. H., & Kirkpatrick, K. J. (1996). *Cereal chemistry*. Cereal Chemistry (USA). Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9700300>
- Manley, M. (2014). Near-infrared spectroscopy and hyperspectral imaging: non-destructive analysis of biological materials. *Chem. Soc. Rev.*, 43(24), 8200-8214. <https://doi.org/10.1039/C4CS00062E>
- McGoverin, C., & Manley, M. (2012). Classification of maize kernel hardness using near infrared hyperspectral imaging. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 20(5), 529. <https://doi.org/10.1255/jnirs.1018>
- Mestres, C., Matencio, F., & Louis Alexandre, A. (1995). Mechanical behavior of corn kernels: development of a laboratory friability test that can predict milling behavior. *Cereal Chemistry*, 72(6), 652-657. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=1997/US/US97293.xml;US9629681>
- Narváez-González, E. D., Figueroa-Cárdenas, J. D. D., & Taba, S. (2007). Microestructural features and possible end uses of maize according to its geographic origin | Aspectos microestructurales y posibles usos del maíz de acuerdo con su origen geográfico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(3), 321-325.
- Narváez-González, E. D., Figueroa-Cárdenas, J. D. D., Taba, S., & Sánchez, F. R. (2006). Kernel microstructure of Latin American races of maize and their thermal and rheological properties. *Cereal Chemistry*, 83(6), 605-610. <https://doi.org/10.1094/CC-83-0605>
- Narváez-González, E. D., Figueroa-Cárdenas, J. D. D., Taba, S., Tostado, E. C., Peniche, R. Á. M., & Sánchez,

- F. R. (2006). Relationships between the microstructure, physical features, and chemical composition of different maize accessions from Latin America. *Cereal Chemistry*, 83(6), 595–604. <https://doi.org/10.1094/CC-83-0595>
- NMX-FF-034/2-SCFI. NMX-FF-034/2-SCFI-2003 Norma Oficial Mexicana. Productos alimenticios no industrializados- Para uso humano- Cereales- Maíz amarillo para elaboración de almidones y derivados- Especificaciones y métodos de prueba (2003). Mexico: Secretaria de Economía.
- Pomeranz, Y., Martin, C.R., Traylor, D. D. (1984). Corn hardness determination. *American Association of Cereal Chemist*.
- Pomeranz, Y., & Czuchajowska, Z. (1985). Structure of Coarse and Fine Fractions of Corn Samples Ground on the Stenvert Hardness Tester, 4(2).
- Pratt, R. C., Paulis, J. W., Miller, K., Nelsen, T., & Bietz, J. A. (1991). Association of Zein Classes with Maize Kernel Hardness !
- Ravikanth, L., Jayas, D. S., White, N. D. G., Fields, P. G., & Sun, D.-W. (2017). Extraction of Spectral Information from Hyperspectral Data and Application of Hyperspectral Imaging for Food and Agricultural Products. *Food and Bioprocess Technology*, 10(1), 1–33. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1817-8>
- Salinas-Moreno, Y., & Aguilar-Modesto, L. (2010). Efecto de la dureza del grano de maíz (*Zea mays* L.) sobre el rendimiento y calidad de la tortilla. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 2(1), 5–11. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2010.08.009>
- Sánchez, M., Araceli, R., Cárdenas, F., Dios, J. De, Vega, R., Luz, M. De, ... Mendoza, A. (2004). Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(3), 213–222.
- Santiago-Ramos, D., Figueroa-Cárdenas, J. de D., Véles-Medina, J. J., & Mariscal-Moreno, R. M. (2017). Changes in the thermal and structural properties of maize starch during nixtamalization and tortilla-making processes as affected by grain hardness. *Journal of Cereal Science*, 74, 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.01.018>
- Siska, J.; Hurburgh, C. R. (1992). Corn density measurement by near-infrared transmittance, (Infratec 1225).
- Wang, L., Sun, D. W., Pu, H., & Zhu, Z. (2015). Application of Hyperspectral Imaging to Discriminate the Variety of Maize Seeds. *Food Analytical Methods*, 225–234. <https://doi.org/10.1007/s12161-015-0160-4>
- Williams, P., Geladi, P., Fox, G., & Manley, M. (2009). Maize kernel hardness classification by near infrared (NIR) hyperspectral imaging and multivariate data analysis. *Analytica Chimica Acta*, 653(2), 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.09.005>
- Williams, P. J., & Kucheryavskiy, S. (2016). Classification of maize kernels using NIR hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 209, 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.044>
- Wu, Y. V. (1992). Corn Hardness as Related to Yield and Particle Size of Fractions from a Micro Hammer-Cutter Mill. *Cereal Chemistry*, 69(3), 343–347.





Evaluación de los parámetros de textura sensoriales e instrumentales durante el desarrollo de un prototipo de alimento para personas de la tercera edad.

Evaluation of sensory and instrumental texture parameters during the development of a food prototype for people of the third age.

Dorantes-Aspeitia Guadalupe¹, Contreras-Padilla Margarita^{2*}

¹Maestría en Diseño e Innovación, Facultad de Ingeniería, UAQ.

²Centro Académico de Innovación y Desarrollo de Productos, Facultad de Ingeniería, UAQ.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: margaconpad@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la textura de un nuevo producto alimenticio, con las características sensoriales adecuadas para personas de la tercera edad que tengan alguna deficiencia bucodental e impida su buena alimentación, a lo que esto propicie repercusiones notables en la salud. Las condiciones dentales afectan a los ancianos en la selección de alimentos, en su consumo y en la calidad nutricional. Se realizó un Análisis de Perfil de Textura (TPA), en el cual se midió la adhesividad y la dureza del producto por medio de pruebas instrumentales. Se midió la adhesividad en el arroz, clasificando las muestras por diferentes tiempos de cocción y la dureza se midió en las verduras (zanahoria) al igual las muestras se clasificaron por diferentes tiempos de cocción. Se procedió con un análisis sensorial de textura para evaluar la aceptación del producto por el consumidor donde se evaluó la adhesividad del arroz y la dureza de las verduras. Se midió la humedad del producto ya que este factor también afecta la textura del producto a la hora de deglutir. De acuerdo a los resultados del TPA y de la aceptación del análisis sensorial por parte de los panelistas encuestados, la muestra de arroz 30m y la muestra de verduras 12M, son las que presentaron los mejores atributos para garantizar una buena textura enfocada al público objetivo.

Palabras Clave: adhesividad, análisis sensorial, dureza, humedad, tercera edad, textura.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the texture of a new food product, with the sensory characteristics suitable for elderly people who have some oral deficiency and impede their good nutrition to which this property significant repercussions on health. The dental conditions affecting the elderly in selecting foods, consumption and nutritional quality. A Texture Profile Analysis (TPA) was performed, in which the adhesiveness and the hardness of the product were measured by means of instrumental tests. The adhesiveness was measured in the rice, classifying the samples by different cooking times and the hardness was measured in the vegetables (carrot) as the samples were classified by different cooking times. We proceeded with a sensory texture analysis to evaluate the acceptance of the product with the consumer where the adhesiveness of the rice and the hardness of the vegetables were evaluated. The humidity of the product was measured since this factor also affects the texture of the product at the time of swallowing. According to the results of the TPA and the acceptance of the sensory analysis by the panelists surveyed, the 30m rice sample and the 12M sample of vegetables were the ones that presented the best attributes to secure a good texture focused on the target audience

Keywords: adhesiveness, sensory analysis, hardness, moisture, third age, texture.

Introducción

En México, así como en Latinoamérica, gran parte de las personas mayores a 60 años padecen una deficiente salud bucodental debido a que visitan con menor frecuencia al dentista y la pérdida de dientes es inminente, no por efecto de la edad, sino por enfermedades crónicas mal controladas y una mala higiene bucal (Velázquez-Olmedo y cols., 2014). La pérdida de los dientes naturales puede limitar la gama de alimentos consumibles, en especial el aporte de proteínas y fibras (Gutiérrez, 2016).

Entre menos dientes tenga el adulto mayor se acentúa la modificación de la capacidad masticatoria, lo cual podría alterar el estado nutricional de los ancianos que presentan estos padecimientos. Se ha informado que las condiciones dentales afectan a los ancianos en la selección de alimentos, consumo y calidad nutricional (Bolet-Astoviza y cols, 2009).

Un desafío al que se enfrenta el sector de la industria alimentaria es que las percepciones sensoriales necesarias para la palatabilidad de los alimentos - vista, tacto, olfato y gusto - disminuyen a medida que los seres humanos envejecen. Mientras que el sabor es el factor más importante para todos los consumidores, la textura de los alimentos puede ser una mayor preocupación para los consumidores de más edad, ya que, según un estudio realizado por Halley J. P., (2014), el 40% de las personas mayores tienen problemas para masticar y deglutir. Por ello, la importancia de la textura en los alimentos para el adulto mayor es primordial, además de cualidades funcionales y nutricionales. Como ya se mencionó anteriormente, la falta de dientes y prótesis dentales mal ajustadas entre otros, a menudo hacen que sea imposible masticar eficientemente, pero los alimentos que son demasiado blandos o muy líquidos pueden dar lugar a problemas y pueden tener consecuencias peligrosas, tales como dificultad en la respiración aguda, o infección causada por restos de alimentos que no pueden ser completamente expulsados del tracto respiratorio (Cicherio, 2016).

La textura es un importante impulsor de las preferencias del consumidor. Esta se puede medir objetivamente (instrumental) y subjetivamente (pruebas sensoriales). Entre los dispositivos de prueba instrumentales, están los texturómetros, los cuales imitan las condiciones de la masticación y pueden presentar excelentes correlaciones con las evaluaciones sensoriales de textura. Por

esta razón, han sido ampliamente utilizados para medir la textura de diferentes tipos de alimentos (Maldo y Conti-Silva, 2014).

El Análisis de Perfil de Textura (TPA), es una prueba que es muy utilizada en la actualidad por muchas de las empresas de alimentos y se describe como “el procedimiento instrumental para medir, cuantificar y desarrollar nuevos parámetros relacionados con la textura”, este tipo de análisis usando equipos como el texturómetro ha ayudado a las empresas a determinar variables como dureza, adhesividad, fracturabilidad y demás variables reológicas a través de variables físicas medibles (Villada y Arley, 2016).

El término adhesividad se refiere “Al trabajo necesario para despegar la muestra del plato de compresión o al trabajo necesario para despegar el alimento de una superficie [paladar]”; mientras que el término dureza se refiere a “la fuerza máxima que tiene lugar en cualquier tiempo durante el primer ciclo de compresión. Se refiere a la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar y se expresa en unidades de fuerza” (Hleap y Velasco, 2012).

Estas dos variables son muy importantes en el desarrollo de un prototipo de alimento para adultos mayores, ya que este no debe ser muy adhesivo porque no sería de fácil masticación y gusto, mientras que al tratarse de un alimento para personas de la tercera edad, estos no deben tener demasiada dureza para su fácil masticación y deglución considerando los problemas dentales que padece este grupo, de otra forma no podrían realizar adecuadamente la función masticatoria lo que puede producir trastornos en la nutrición (Díaz-Cárdenas y cols., 2012).

Tomando en cuenta lo anterior en el desarrollo de un producto alimenticio para las personas de la tercera edad, una de las variables más importantes a comprobar es la textura de los diferentes ingredientes para garantizar que cumpla con los requerimientos de masticación y deglución adecuados a este sector de la población.

El objetivo del presente trabajo es analizar la dureza y la adhesividad durante el proceso de estandarización de un producto diseñado para personas de la tercera edad a través del análisis de perfil de textura y complementando estos resultados con un análisis sensorial de textura con el fin de garantizar un producto con las características texturales adecuadas para este sector de la sociedad.

2. Materiales y metodología

2.1 Determinación de contenido de humedad

Se realizó la determinación de la humedad a través del método 930.15 de la AOAC (2000) que se describe brevemente a continuación. Se pesaron 2 g de muestra en una charola, después se colocaron en una estufa a 110 °C por 2 h hasta obtener peso constante. A continuación, se calculó el porcentaje de humedad por diferencia de peso. Este método se realizó para analizar por separado el contenido de humedad de las verduras, del arroz y también se examinó una muestra, en conjunto, de los ingredientes. Todas las pruebas se realizaron por triplicado.

2.2 Análisis de Textura del arroz

Las pruebas de textura del arroz se realizaron variando el tiempo de cocción que se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Tiempo de cocción de las muestras de arroz evaluadas

Muestra	Tiempo de cocción del arroz (min)
1	20
2	25
3	30

2.3 Análisis sensorial de textura con arroz

Se realizó una prueba de nivel de agrado, en este tipo de prueba se pretende conocer el nivel de agrado de una característica particular del alimento o bien el nivel de agrado del alimento [Caruajulca y Carina, 2017]. Se aplicó la prueba solicitando el apoyo de personas de la tercera edad, en la prueba se preguntó en una escala del 1 (me disgusta muchísimo) al 9 (me gusta muchísimo) cuál era la calificación que le daban a la adhesividad del producto, a la dureza del producto y al gusto general de la textura del producto. Los jueces recibieron cada una de las tres muestras de arroz con diferentes tiempos de cocción 20, 25 y 30 min. Se realizó la prueba a 30 personas en un rango de edad de entre 60 y 85 años, en la cual se les entregaron las tres muestras del alimento junto con un consentimiento informado y la hoja en que venían las preguntas antes mencionadas. Antes de las pruebas sensoriales se le realizó un análisis microbiológico bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-247SSA1-2008 para garantizar la inocuidad del producto.

2.4 Medición instrumental del Arroz

En el análisis de textura para el arroz se midió la adhesividad de los tres tipos diferentes de cocción con 5 repeticiones cada una. Se utilizó el analizador de textura TA-XT Plus, junto con el software Nexygen Plus, con la sonda P/75 que tiene una superficie circular de 4.417 mm² aplicando el método descrito por Lyon y cols. (1999), se toman 2 g de la muestra y se distribuyen de forma que no se solapen los granos de arroz formando una capa simple sobre la base de muestreo. Se realiza una compresión de doble ciclo, con un émbolo que presiona la muestra realizando un recorrido de 3.6 mm hasta situarse a 0.4 mm de la base con una velocidad de 1 mm/s. Se graficaron los resultados fuerza vs tiempo, obteniéndose dos curvas por muestra y a partir de ellas se obtiene el atributo de adhesividad en la textura. TA-adhesividad, área bajo la curva de fuerza de cualquier pico negativo de compresión, fuerza negativa que representa el trabajo para separar el émbolo de la muestra [Irurzun Echauri, 2013]. Cada muestra se analizó por sextuplicado.

2.5 Análisis de textura de las Verduras (zanahoria)

Las pruebas de textura de zanahoria se realizaron utilizando las muestras dependiendo el tiempo de cocción, se observan a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Tiempo de cocción de las muestras de zanahoria evaluadas

Muestra	Tiempo de cocción (min)
1	5
2	7
3	9
4	12
5	15

2.6 Análisis sensorial de textura para zanahoria

Debido a que la cantidad de verduras en la formulación es variada se decidió tomar la verdura con mayor firmeza, en este caso la zanahoria, para utilizarla como parámetro de textura, también se solicitó el apoyo en la evaluación a personas de la tercera edad. Se quería conocer, de acuerdo al gusto de los panelistas, cuál era la muestra de zanahoria más dura, la más suave y la que más les agradó respecto a su dureza. De las 5 diferentes muestras debían seleccionarse de acuerdo a su preferencia en una escala

de aceptación del 1 (me disgusta mucho) al 5 (me gusta mucho). Se realizó la prueba a 30 personas en un rango de edad de entre 60 y 85 años. Antes de las pruebas sensoriales se le realizó un análisis microbiológico bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-247SSA1-2008 para garantizar la inocuidad del producto.

2.7 Medición instrumental de verduras (zanahoria)

En el análisis de textura para la zanahoria se midió la dureza de los 5 tipos diferentes de cocción con 6 repeticiones cada una. Se utilizó el analizador de textura TA-XT Plus junto con el software Nexygen Plus, P/10 Sonda cilíndrica 10 mm Ø. Se tomó un cubo de zanahoria de 1cm x 1cm sobre la base de muestreo. Se realizó una compresión, con un émbolo que presiona la muestra realizando un recorrido de 3.6 mm hasta situarse a 0.4 mm de la base con una velocidad de 1 mm/s. Se graficaron los resultados de fuerza vs tiempo, obteniéndose a partir de ellas se obtuvo el atributo de textura (dureza). TA-dureza, altura del pico de la primera curva: máxima fuerza durante el primer ciclo de compresión (Irurzun Echauri, 2013). Cada muestra se analizó por sextuplicado.

2.8 Análisis sensorial de textura del producto

Una vez realizadas las pruebas por separado para la validación de este producto, se aplicó una prueba sensorial del producto completo con un panel de 50 personas no entrenadas en la edad que corresponde al mercado al cual va dirigido el producto, el rango de edad de 60 a 91 años. El método utilizado fue una prueba afectiva de nivel de agrado con una escala del 1 al 9, donde 1 significa me desagrada muchísimo y 9 significa que me agrada muchísimo. De igual manera se realizó un microbiológico del producto bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-247SSA1-2008 para garantizar la inocuidad.

Las preguntas realizadas fueron: si les agradaba la combinación de arroz con verduras y si les agradaba la textura.

2.9 Estadísticos

Para las pruebas sensoriales se realizaron las pruebas de Kruskal- Wallis, con un nivel de confianza del 95%. Para las pruebas instrumentales se realizó un análisis ANOVA con diferentes niveles de variación según el caso y con un nivel de confianza del 95%. Los estadísticos se analizaron con el software Statgraphics Centurion XVI.

3. Resultados y Discusión

3.1 Determinación de Humedad

Los resultados obtenidos tras la prueba de humedad en el caso del arroz obtuvieron un 68% de humedad, las verduras un 89.56% y del producto total fue de 75.80% de humedad.

El requisito general de la preparación oral es reducir los alimentos a una textura que sea segura para tragar y evitar lesiones en la mucosa de la cavidad oral, la faringe y el esófago (Peyron y cols, 2011). Para lograr esto, se ha informado que el contenido de humedad del bolo final para alimentos a base de cereales es de alrededor del 50% (Loret y cols, 2011).

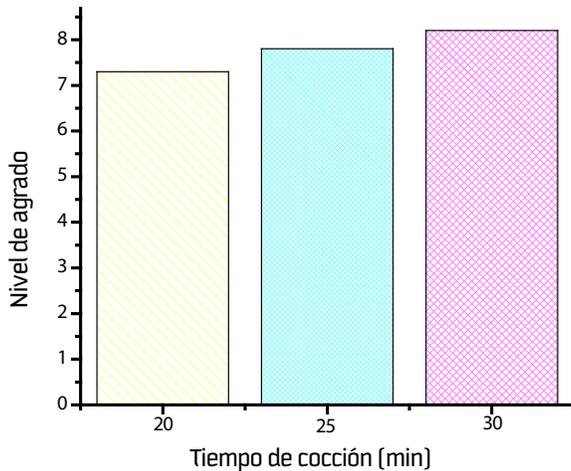
Para otros alimentos, el contenido de humedad se logra a través de la humedad inherente en los alimentos y la suplementación con saliva que se libera durante la masticación y la preparación oral. Los alimentos que su contenido de humedad y agua es alto necesitan poca saliva añadida, mientras que los alimentos con baja humedad y muy secos requieren más saliva y más masticación para humedecer el bolo. Por lo general las personas de la tercera edad eligen alimentos de textura blanda lo cual implica alimentos con humedades altas y texturas suaves (Cichero, 2016).

Normalmente hay tres niveles de modificación de la textura de los alimentos, estos incluyen alimentos que son blandos, picados y húmedos o en puré, molidos (Cichero y cols, 2013). Más recientemente, la Iniciativa Internacional de Normalización de la Dieta para la Disfagia (IDDSI) publicó descriptores internacionales para la modificación de la textura de los alimentos para personas con dificultades para tragar (International Disphagia Diet Standardization Initiative - IDDSI 2015). Los alimentos para personas con dificultades de tragar y deglutir, requieren que la textura sea suave y que el alimento sea húmedo (Cichero, 2016). Por lo que el producto que se está desarrollando al tener una humedad alta, cumple con las características necesarias de deglución de una persona de la tercera edad.

3.2 Análisis de Textura de los ingredientes y del alimento

Análisis sensorial de textura de arroz

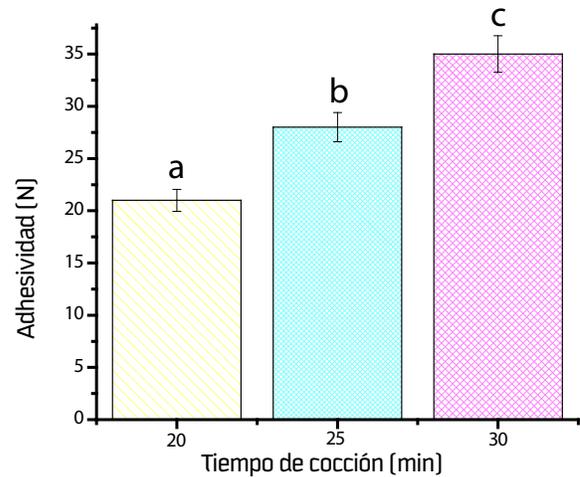
Los resultados que arrojó el análisis estadístico fue que la muestra 3 (30 min) comparada con las muestras 1 y 2 de 20 y 25 min fue la elegida por los jueces ya que presentaba la textura más suave sin llegar a ser adhesiva al paladar y sin perder su forma natural.



Gráfica 1. Resultados Análisis sensorial de adhesividad del Arroz

3.3 Adhesividad del arroz, medición instrumental

En el análisis de textura instrumental para el arroz se midió la adhesividad de los tres tipos diferentes de cocción, los resultados arrojados en el estadístico fueron que existe una diferencia significativa entre las muestras pero el tiempo de cocción que separa las muestras no es mucho, no las hace muy diferentes, ver Gráfica 2, debido a esto se eligió la muestra que presentó las mejores características de aceptación sensorial y la mejor adhesividad que fue la muestra 3 con 30 minutos de cocción (30 min) esto significa que a la hora de hacer la compresión del alimento en el paladar y los molares no cuesta trabajo la separación, sigue conservando su forma y no presenta una adhesividad elevada, ninguna de las muestras presenta una adhesividad elevada. (Ghasemi y cols, 2009), informaron de que la dureza y la adhesividad están relacionados con el proceso de deshidratación de los granos de almidón. Durante la cocción, los granos de arroz absorben la humedad y se expanden en gran medida, en comparación con su tamaño inicial. La expansión de grano provoca rupturas y lixiviación de amilosa, los componentes de la lixiviación pueden ser responsables de una disminución en la dureza y un aumento de la adhesividad de arroz cocido. León y Ramos-Carreres (2002), en un estudio que realizaron sobre la calidad del arroz mencionan que “a mayor adhesividad, menor consistencia” lo que indica que los resultados obtenidos en el análisis del arroz puede tener una sensación agradable para los consumidores.

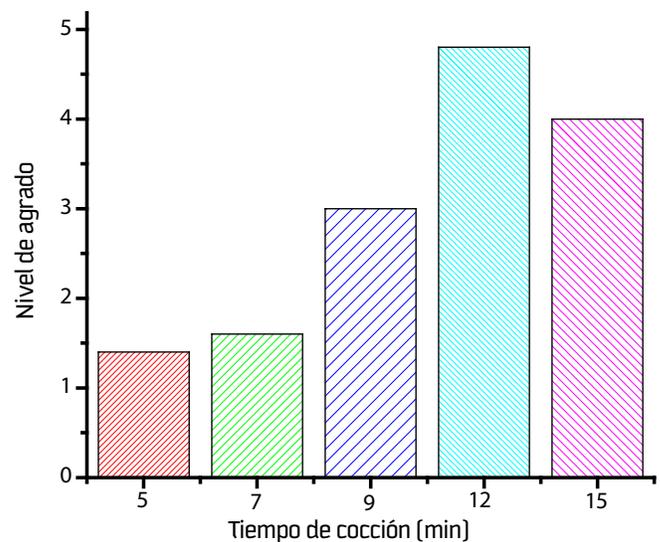


Gráfica 2. Resultados de la medición instrumental de adhesividad de las muestras de arroz. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

3.4 Textura de Verduras (zanahoria)

Análisis Sensorial de textura de zanahoria

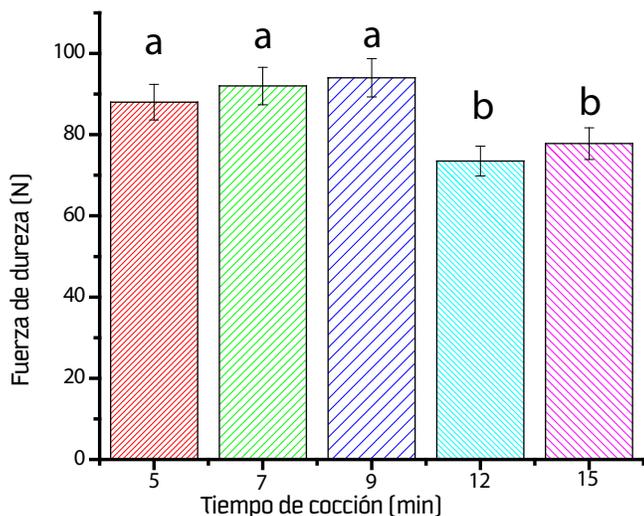
Los resultados a los cuales se llegaron por medio del estadístico de Kruskal-Wallis que se realizó fue que la muestra 1 fue considerada la más dura ya que se sometió al menor tiempo de cocción el cual fue de 5 minutos y la más suave la muestra 5 con un tratamiento de 15 minutos de cocción, la elegida por los panelistas fue la muestra 4 (12 M) ya que presentaba una textura más blanda, pero con una consistencia firme y masticable como se observa en la Gráfica 3.



Gráfica 3. Resultado análisis sensorial de dureza de las muestras de zanahoria

3.5 Dureza de zanahoria, medición instrumental

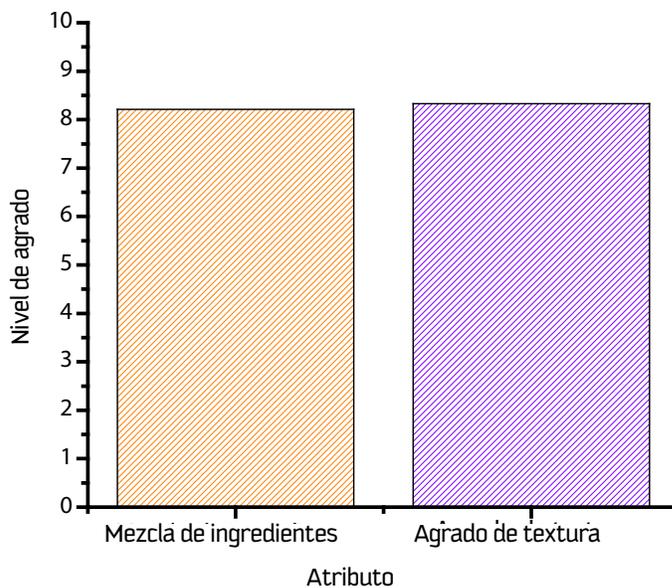
Se encontraron diferencias significativas en cuanto a la prueba de dureza, las muestras de 4 (12 min) y 5 (15 min) muestran diferencia estadística con respecto a las demás muestras y estas son la más blandas como se puede observar en la Gráfica 4, la muestra 4 (12 min) es la más blanda por lo que se puede deducir que fue la razón por la cual fue la más aceptada en los análisis sensoriales aplicados a los consumidores. Poelman y cols, (2017) mencionan en su investigación que la alta dureza de vegetales implica una velocidad lenta para comer, lo que generalmente es beneficioso desde una perspectiva de salud pública, pero puede hacer que sea difícil satisfacer el agrado del consumo de verduras. Para aumentar la aceptación de la ingesta de verduras y hortalizas, las propiedades sensoriales pueden ser modificadas, y la aceptación por las verduras puede ser variada a través de estrategias sensoriales como el uso de condimentos o aderezos que mejoren su aceptación al paladar.



Gráfica 4. Resultado de dureza en las muestras de zanahoria. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$)

3.6 Análisis sensorial del producto

En la Gráfica 5, se observa la media de las 2 preguntas donde el resultado de la primera pregunta “¿Le agrada la mezcla de arroz y verduras?” fue de 8.21 y de la segunda pregunta “Le agrada la textura?” fue de 8.33 lo que indica que la aceptación del usuario por el producto es alta, lo que implica que de acuerdo a la escala es “me gusta muchísimo”.



Gráfica 5. Resultados del análisis sensorial del producto

4. Conclusiones

El resultado de humedad indica que tanto el arroz, las verduras, así como el producto final tienen una alta humedad, los alimentos que su contenido de humedad es alto necesitan poca saliva añadida, mientras que los alimentos con baja humedad y muy secos requieren más saliva y mayor masticación para humedecer el bolo. Por lo general las personas de la tercera edad eligen alimentos de textura blanda lo cual implica alimentos con humedades altas y texturas suaves.

Los análisis de textura que se realizaron al arroz sensorial e instrumentalmente marcaron una adhesividad ideal, por eso al comparar estas dos pruebas podemos inferir que la muestra de arroz 3 (30m) fue la que presentó la mejor adhesividad y mayor agrado sensorial. Lo cual indica una correlación entre los datos de textura medidos instrumentalmente y los datos de textura evaluados sensorialmente.

En el caso de la zanahoria los análisis sensorial e instrumental también concordaron con los resultados arrojados en los estadísticos, demostraron que la muestra 4 (12 M) fue la que presentó mayor agrado de dureza y firmeza entre los panelistas, mientras que instrumentalmente se observó reflejada una dureza más baja que las demás muestras.

Los análisis efectuados para el desarrollo del alimento demostraron que la muestra de arroz 3 (30m) y las ver-

Dorantes-Aspeitia Guadalupe, Contreras-Padilla Margarita [pp. 79-86]

duras de la muestra 4 (12 M) fueron las que presentaron los mejores atributos de textura tanto en la adhesividad como en la dureza respectivamente para garantizar una buena aceptación. Un análisis sensorial se toma como una medida subjetiva ya que cada panelista siente y percibe diferente, sin embargo, controlando las condiciones de las pruebas, este análisis nos da resultados imprescindibles para conocer si el alimento es del agrado del público al cual va dirigido y corrobora con los perfiles de textura realizados instrumentalmente.

5. Resumen curricular

Guadalupe Dorantes Aspeitia.

Licenciatura en Gastronomía UAQ (2011-2015)
Maestrante de Diseño e Innovación UAQ (2016-actual).
Correo electrónico: g.dorantesaspeitia@gmail.com

Margarita Contreras Padilla.

Ingeniera en Alimentos (1986 - 1991), Maestra en Ciencias y Tecnología de los Alimentos (1995- 1997), Dr. en Ingeniería (2008 - 2011). Profesor-Investigador de la Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. Coordinador del Centro Académico de Innovación y Desarrollo de Productos (CAIDEP) y del Centro de Vinculación de Productos Universitarios (CVPU) de la UAQ. 15 artículos publicados, con 635 citas. Correo electrónico: margaconpad@gmail.com

Referencias bibliográficas

- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemist. EUA.
- Bolet Astoviza, y cols. (2009). La alimentación y nutrición de las personas mayores de 60 años. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 8:0-0.
- Caruajulca, G. y Carina L. (2017). Influencia de la hora de degustación en la percepción sensorial de yogur de leche de cabra a través de un Interfaz Cerebro-Computador. *Universidad Nacional de Trujillo*. Available from: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10046>
- Cichero, J. (2016). Adjustment of Food Textural Properties for Elderly Patients. *Journal of Texture Studies*. 47:277-283. doi:10.1111/jtxs.12200. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jtxs.12200>
- Cichero, J. y cols. (2013). The Need for International Terminology and Definitions for Texture-Modified Foods and Thickened Liquids Used in Dysphagia Management: Foundations of a Global Initiative. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*. 1:280-291. doi:10.1007/s40141-013-0024-z. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40141-013-0024-z>
- Díaz Cárdenas, S y cols. (2012). Impacto de la Salud Oral en la Calidad de Vida de Adultos Mayores. *Revista Clínica Medica Familiar* 5:9-16. doi:10.4321/S1699-695X2012000100003. Available http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1699-695X2012000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=pt
- Ghasemi, E. y cols (2009). Effect of Stewing in Cooking Step on Textural and Morphological Properties of Cooked Rice. *Rice Science*. 16:243-246. doi:10.1016/S1672-6308(08)60086-4. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672630808600864>
- Gutiérrez, A. R. (2016). Salud bucal en adultos mayores. *El Universal*. Available from: <http://www.el-universal.com.mx/articulo/cultura/patrimonio/2016/01/29/salud-bucal-en-adultos-mayores>
- Halley, J. P. y cols (2014). How thick is thick? Multicenter study of the rheological characteristics and material properties of the fluids at the time of eating and the fluids of videofluoroscopy. *Dysphagia* 15 (4), 188-200
- Hleap, J. I., y Velasco, V. A. (2012). Parámetros físico-químicos durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*oreochromis sp.*) *Revista de Biotecnología* 10:4250 Available from: <http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/view/213>
- Irurzun Echauri, M. (2013). Efecto de la aplicación de altas presiones hidrostáticas sobre las características de cocción del arroz. *Universidad Pública de Navarra* <https://hdl.handle.net/2454/8747>
- Leon J. L., y Carreres.R. (2002). Calidad del arroz: criterios para una adecuada valoración. *Vida Rural*. 40:38-40.
- Loret, C. y cols. (2011). Physical and related sensory properties of a swallowable bolus. *Adaptive human behavior and physiology* 104:855-864. doi:10.1016/j.

- physbeh.2011.05.014.: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031938411002368>
- Lyon B. y cols (1999). Effects of degree of milling, drying condition, and final moisture content on sensory texture of cooked rice. *Cereal Chemistry*. 76:56-62.
- Maldo P., y Conti-Silva. A. C. (2014). Perfil de textura y correlación entre análisis sensoriales e instrumentales en bocadillos extruidos - ScienceDirect. *Journal of Food Engineering*. 121:9-14.
- Peyron, M.-A. y cols (2011). Role of Physical Bolus Properties as Sensory Inputs in the Trigger of Swallowing. *PLOS ONE*. 6:e21167. doi:10.1371/journal.pone.0021167. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0021167>
- Poelman, A. y cols (2017). Vegetables and other core food groups: A comparison of key flavour and texture properties. *Food quality and preference*. 56:1-7. doi:10.1016/j.foodqual.2016.09.004. Available <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095032931630177X>
- Velázquez-Olmedo, L. B. y cols. (2014). Calidad de vida relacionada con la salud oral en adultos mayores. Instrumentos de evaluación. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*. 52:448-57.
- Villada, P., y Arley L. (2016). Estandarización y montaje del método de medida del perfil de textura para la línea de alimentación infantil en la empresa Dulcesol del pueblo Villalonga de España. (Doctoral dissertation, *Universidad Tecnológica de Pereira*. Facultad de Tecnologías. Química Industrial).





EL RECETARIO DE COCINA DEL PERIÓDICO EXCÉLSIOR 1943 COMO UNA FUENTE PRIMARIA SINGULAR PARA LA HISTORIA DE LA COCINA MEXICANA¹

THE EXCÉLSIOR 1943 COOKBOOK AS A UNIQUE PRIMARY SOURCE FOR THE HISTORY OF MEXICAN CUISINE

Rosa María Martínez-Pérez¹ *

¹Facultad de Filosofía, Calle 16 de Septiembre 57, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: rosa.maria.martinezp@uaq.mx

Resumen

El Recetario de cocina Excélsior 1943 es una fuente primaria singular, de manera especial, porque hasta este momento, sólo existe una copia conocida y disponible. Así es que éste pudiera ser un primer proyecto de investigación basado en el libro, y pretende analizar el recetario desde la perspectiva del periodismo cultural y la utilidad del mismo como un recurso documental primario para el estudio de la alimentación, la cocina y las elecciones y tendencias de los consumidores en México durante la Segunda Guerra Mundial. Se utilizó un método de investigación documental en periódicos de 1943 y sobre el recetario en sí mismo. La investigación muestra cómo México empezó a cambiar sus hábitos de consumo, y pasó de las formas tradicionales a tendencias industrializadas y más contemporáneas. La conclusión es que este libro de cocina representa una forma de periodismo cultural, dado el hecho de que, de acuerdo con la definición de Iván Tubau, es la difusión de un producto cultural a través de los medios masivos. Por otra parte, este recetario lleva el testimonio de su época, y se habría perdido del todo si no hubiera sido conservado por varias propietarias a lo largo de más de setenta años.

Palabras clave: Fuentes primarias, periodismo cultural, alimentación, Segunda Guerra Mundial, cultura.

Abstract

The *Excélsior 1943* cookbook is a unique primary source mainly because up to this moment, there is only one copy known and available. Thus, this could be a first research project based on the book, and it aims to analyze the recipe book from the perspective of cultural journalism and its usefulness as a primary resource for the study of food, cooking and consumers' choices and trends in Mexico during Second World War. A documentary research method was used to examine newspapers from 1943 and the cookbook itself. The research allowed to find out how Mexico began to change its consumer habits almost in the middle of the century when it went from traditional forms to industrialized and more contemporary trends. The conclusion is that this cookbook represents a form of cultural journalism, given the fact that, according to Iván Tubau's definition, it is the diffusion of a cultural product through the media. On the other hand, this cookbook bears a witness of its time that would be all lost if it had not been carefully kept by several owners along more than seventy years.

Keywords: Primary sources, cultural journalism, food, Second World War, culture.

Introducción²

Un recetario podría parecer una fuente histórica de menor relevancia en comparación con un manifiesto político, un parte de guerra o una ley económica, pero el *Recetario de cocina* del periódico *Excélsior* publicado en 1943 es, ante todo, una fuente primaria, es decir, un testimonio de primera mano, en un momento dado de la historia, que presenta numerosas facetas, las cuales, examinadas de la forma adecuada, pueden brindar información importante sobre la vida en México durante la Segunda Guerra Mundial.

Al respecto de este libro de cocina como fuente primaria, cabe considerar lo que J. Brom señala: “Muchas ciencias trabajan observando directamente el objeto de su estudio, o hasta reproduciéndolo, en condiciones controladas, por medio del experimento. La historia no cuenta con esa posibilidad” (1978, p.32). Por ello, un documento como éste, conformado por la creatividad de un gran número de individuos, resulta, de forma particular, un campo fértil, listo para una vasta cosecha que debe ser aprovechada: desde quienes aportaron sus recetas, compraron espacios publicitarios, diseñaron las imágenes, coordinaron la publicación, o lo adquirieron como un obsequio por parte del periódico.

Es, por tanto, el objetivo que se ha perseguido aquí, examinar y aprovechar la riqueza que proporciona esta fuente para contribuir a la historia del periodo del sexenio de Manuel Ávila Camacho en la atmósfera global bélica, en especial, desde la perspectiva de la cultura, el comercio y la alimentación de México en esos momentos, así como su carácter de documento histórico.

Para M. Bloch los textos o documentos, “aun los que aparentemente son más claros y más fáciles, sólo hablan [verdaderamente]³ cuando uno sabe interrogarlos” (2003, p.86). Por ello, sentencia Bloch, el historiador no puede esperar, de forma pasiva, a que el documento lo inspire, sino que debe tener a la mano una serie de preguntas con las cuales cuestionar a su fuente, si bien de forma flexible: “El explorador sabe de antemano que no seguirá punto por punto el itinerario que se había fijado. Sin embargo, de no tenerlo, correrá el riesgo de errar eternamente a la ventura” (p. 87).

Por todo lo anterior, este libro merece ser estudiado de forma profunda, inquisitiva, y, para seguir el

consejo de Bloch, de manera abierta a todo lo inesperado que pueda surgir desde el texto. La perspectiva de Bloch resulta ventajosa. Si se hacen las preguntas correctas, la fuente primaria brindará respuestas, que, en este caso, trascienden la mera difusión narrativa de las tendencias alimentarias de los mexicanos durante la presidencia avilacamachista en la guerra.

Por otro lado, en términos de la historiografía culinaria como parte de la cultura, debe afirmarse que la historia de la alimentación y los estudios gastronómicos también forman parte de las construcciones de la civilización. Para Flandrin y Montanari, “la cultura general suele incluir ciertos datos de historia de la alimentación”, y se observa una diferencia entre la gesta de grandes hombres y este filón histórico al tratarse “de las estructuras de lo cotidiano, a las que pertenecen las costumbres alimentarias de los pueblos” (2011, pp. 9-10). Esta perspectiva contempla aspectos tales como el modo de preparar los alimentos, los sucesos históricos coyunturales o el origen de ciertos alimentos, por ejemplo, las diferencias tecnológicas, económicas y sociales existentes entre los pueblos, lo cual permite diferencias en la práctica coquinaria (p. 11). Para Aslan y Ozcelik, “cada país refleja su propia cultura y tiene una cultura culinaria sintetizada con la riqueza de su geografía” (2018, p. 239). Ahora luego, en el caso de México, la variada riqueza geográfica determinó un abanico de posibilidades dentro del *Recetario de cocina Excélsior*, para el cual las amas de casa, desde distintas partes de la República, colaboraron con recetas de zonas tan disímolas como el semi desierto queretano, la costa mazateca o el bosque tropical tabasqueño.

Desde otro punto de vista, también se puede considerar a este libro de cocina como una forma de periodismo cultural. Para M. Villa, “todo periodismo es, en definitiva, un fenómeno cultural por sus orígenes, objetivos y procedimientos” (2000, p.1). En este sentido, es necesario establecer una definición precisa del periodismo cultural. Para I. Tubau, como lo expone en su libro *Teoría y práctica del periodismo cultural* – publicado en el año de 1982–, el periodismo cultural es “la forma de conocer y difundir los productos culturales de una sociedad a través de los medios de comunicación masivos” (citado por N. Martínez, 2018, p. 67). En ambas definiciones, la base del concepto de periodismo cultural es el término “cultura”. Para A. Altieri, éste “es un nombre adecuado

para aplicarse, sensu lato, a todas las realizaciones características de los grupos humanos”, y entre los aspectos intelectuales de la misma se encuentran los edificios, los objetos de arte, los instrumentos, los medios para la comunicación, etc. (2001, p. 15).

La historia del concepto de cultura apunta, en primer lugar, a E.N. Taylor, quien en 1874 la describió como un “conjunto complejo que incluye conocimiento, creencias, arte, moral, ley, costumbres y otras capacidades y hábitos adquiridos por el hombre como miembro de la sociedad” [citado por Villa, 1998, p. 2]. A partir de entonces, se ha definido de muchas formas, y, en todas, es innegable que la presencia del ser humano es el factor detonante, el motor creador de ese producto de la civilización. En palabras de L. Arizpe, “hoy es vital afirmar que la cultura no está conformada por objetos, sino por formas de relación en las que interviene la libre decisión de las personas de asumir, portar y practicar un comportamiento cultural” (2011, p. 70).

En este orden de ideas, se propone aquí lo siguiente: que este recetario representa un modo de periodismo cultural, sobre el fundamento de que las formas de consumo y alimentación constituyen parte de la cultura. Bajo esta propuesta, debe considerarse que, en el México de la Segunda Guerra, la gente estaba dispuesta a probar sabores nuevos, las amas de casa, a preparar el alimento de sus familias con productos y técnicas de cocción que la generación anterior no experimentó, y, asimismo, los patrones y tendencias de compra en el comercio y la consolidación de empresas extranjeras en el país, apuntaron hacia la creciente adopción de un modelo cosmopolita, internacional en sus pautas culturales. La nación, de forma paulatina, comenzó a dejar las viejas formas rurales para sumarse a una nueva era de industrialización, y así no quedarse rezagada ante el avance de las naciones con un alto nivel de desarrollo. Todos estos aspectos pueden ser examinados, aunque sea de manera parcial, a través de este libro de cocina.

Sobre estas bases, el *Recetario de cocina* del diario *Excélsior*, para retomar la definición de Tubau, ofreció y difundió productos culturales a través de un medio de comunicación masiva. *Excélsior* ya era, para entonces, una gran empresa del periodismo, con reconocimiento internacional. Una muestra es el hecho de que, en diciembre de 1943, su director, el destacado periodista Rodrigo De Llano, recibió la medalla “Maria Moors Cabot”, otorgada

por la Universidad de Columbia, lo cual permite valorar el calibre del trabajo realizado por ese medio de comunicación [“Recibirá mañana el director de *Excélsior* el mayor premio mundial de periodismo,” 1943]. El recetario, producto de un concurso organizado por el periódico, fue una forma de acercarse a las tradiciones familiares y regionales de la República y difundirlas.

En cuanto a los trabajos de investigación histórica que existen con relación a los recetarios, debe señalarse que son, en proporción, pocos, si se comparan con aquellos que estudian aspectos políticos, económicos o bélicos. Y de entre ellos, son menos los que estudian al libro de cocina dentro de la estructura social, política y económica del momento, como si se tratase de un pequeño termómetro de la situación en el sistema. Una obra que aborda la historia de la mayor parte de los recetarios mexicanos desde el periodo novohispano hasta el siglo XX, es *Los libros de la cocina mexicana*, de C. Barros (2009), en el que comparte una reflexión crítica de estas fuentes desde la perspectiva de la historia de la gastronomía, el arte y la cultura, con especial atención en los ingredientes y las cocinas regionales, además de presentar algunas recetas.

Sin embargo, para J. Flinn la cocina y los recetarios se ven desde otro lente. En su artículo “World War II Cookbooks: Rationing, Nutrition, Patriotism, and the Citizen Consumer in the United States and Great Britain” (2007), examina los vínculos que la guerra tejó alrededor de la cocina, la nutrición, los recetarios y la adquisición de insumos. Para Flinn, los recetarios y los panfletos de recetas jugaron un papel integral en el mejoramiento de la salud nacional a la vez que ayudaron a crear al “consumidor ciudadano” (p. 84), aquel que, desde la cocina, apoyaba el esfuerzo bélico de su país al simplificar la labor productora de alimentos (p. 80), y, sobre todo ello, el patriotismo expresado por la mujer a través de su labor en la cocina y la educación nutricional para mantener sanas a las familias de los Estados Unidos y la Gran Bretaña, a pesar de los racionamientos.

A propósito de la participación de la mujer, su rol es inherente al tópico de la cocina, ya que las mujeres han sido las principales cocineras en el hogar y las portadoras de la tradición, cuyo trabajo cotidiano en la cocina ha cuestionado y construido la identidad nacional (Aguilar, 2018, p. 601). Aun cuando el recetario está dirigido a los suscriptores de *Excélsior*, y en ese concepto, sus recep-

toras en la familia debieron ser las mujeres, ello no condiciona a que todas ellas cocinaran: se trataba de mujeres con un nivel socioeconómico de clase media a clase alta, si bien es probable que algunas de sus usuarias fueran, incluso, las empleadas encargadas de la cocina – en caso de que supieran leer-. Sin embargo, el enfoque hacia el sector femenino queda en evidencia clara también a través de la publicidad en el mismo, definido en su orientación a las mujeres, casadas, viudas o solteras, dueñas o empleadas del hogar, mas, en todo caso, a cargo de las labores caseras. Se anunciaba: ropa fina para damas y bebés, ropa interior femenina, pieles de vestir, equipos de novia, depilatorios, jabones de lavandería o de tocador, etc. Y, de igual modo, están las autoras del otro lado del libro de cocina, quienes aportaron las recetas, las señoras o señoritas ganadoras de un lugar dentro de la publicación. Por lo tanto, la mujer del siglo XX es la protagonista en el recetario, un trabajo construido con aportaciones de mujeres, dirigidas a sus compañeras de género, todas ellas en un ámbito común: la cocina.

Por todo lo anterior, se estudiará aquí al recetario desde dos frentes: como una fuente primaria bibliográfica que es, hasta este momento, única, y como una expresión del periodismo cultural en el marco del proyecto de *Excélsior* para recopilar las mejores recetas familiares, dentro del marco sociedad mexicana en la Segunda Guerra Mundial.

2. Una fuente primaria singular: el único ejemplar

Desde la perspectiva de la bibliotecología, *el Recetario de cocina Excélsior* de 1943, [*Excélsior*. El Periódico de la Vida Nacional], puede definirse como un documento primario, tanto en atención a su contenido, que es original en su totalidad, “presentado íntegramente”, como el hecho de que en su momento estuvo al alcance del público [Carreira, 1996, pp. 58-59].

Debe destacarse, entonces, la rareza del recetario en cuestión, en términos estrictamente bibliotecológicos. Por ejemplo, en la legislación española, como lo asienta Varela-Orol, se contempla el número de ejemplares conservados para determinar el atributo de “raro” de un libro, por su carácter único o limitado de piezas, lo cual ha contribuido a su patrimonialización, mas debe señalarse

que el concepto de libro raro ha sido objeto de esfuerzos de clasificación (*rara, rariora, rarissima*) desde el siglo XVIII, debido al carácter único o escasez, un criterio que sigue siendo válido en la actualidad tanto para coleccionistas privados como para las instituciones –los ejemplares de titularidad privada son considerados al mismo nivel que los de titularidad pública-, y en este sentido, la legislatura española establece, en lo general, un número inferior a tres ejemplares para que una obra bibliográfica forme parte del patrimonio nacional (2014, pp. 4-5). Asimismo, Dexeus afirma que “las denominaciones de “libro raro” o “ejemplar único conocido” –lo que coincide con el recetario aquí investigado-, se refieren a la escasez del testimonio bibliográfico en cuestión, Sobre estas bases técnicas, es que este recetario es considerado como un libro raro: sólo se conoce la existencia de este ejemplar.

En esta misma disposición, debe apuntarse que el ejemplar no forma parte de un acervo archivístico ni bibliotecario, sino de una modesta colección particular que incluye cartas, libros y fotografías, la cual lleva el nombre de María Camacho Moreno (San Juan del Río, Qro., 1926- Ciudad de México, 2010, en adelante CPMCM). Dicha colección se halla en poder de una familia.

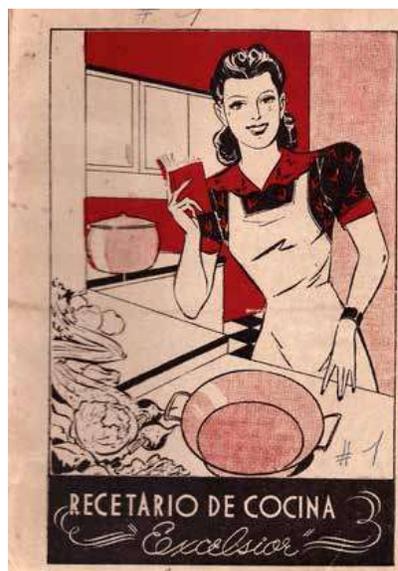


Figura 1. Portada del recetario. Al fondo de la imagen se puede ver una cocina moderna en comparación con la mayoría de las cocinas mexicanas de la época. El ama de casa, vestida de forma elegante, usa un vestido estampado, lleva las uñas pintadas y un brazaletes en la mano izquierda, con un peinado de moda: es la imagen de la mujer contemporánea, de clase media, del hogar urbano. Colección particular “María Camacho Moreno”. Crédito de foto: Emilio Esteban Serrano Martínez.

Así es que el recetario en cuestión se integra dentro de una publicación seriada con periodicidad semestral, se trata de varios libros de cocina con los cuales el prestigiado periódico nacional *Excélsior* obsequió a sus suscriptores en la década de 1940, a mediados y a finales de cada año, y el que aquí se estudia fue el primero de todos ellos. Dirigidos a las amas de casa y las mujeres del hogar en general, estos libros fueron elaborados con una encuadernación rústica en formato pequeño. En este caso específico, la cubierta del recetario está hecha de cartón, consta de 164 páginas de papel prensa, impresas en tinta negra, con excepción de la portada, que se trabajó en rojo y negro. La forma de encuadernación es engrapado, y su cubierta está adherida con pegamento sobre el lomo. El libro mide 13.6 centímetros de ancho por 18.6 de largo. Su estado, como documento primario, es bueno, salvo por un par de roturas pequeñas en la cubierta que no afectan el contenido de la obra. Aún más, el estado de las hojas es tan impecable, que pareciera ser que nunca fue usado de forma directa en la cocina.

Este último aspecto genera cuestionamientos como, por ejemplo: ¿qué tipo de personas usarían estos libros? Desde luego, eran las mujeres en los hogares de los suscriptores de *Excélsior*, en especial, aquellos residentes en la capital, que eran los recipientes primarios de la publicación. Las familias de estas mujeres habían de tener una situación económica más desahogada que la generalidad de la sociedad mexicana. En primer lugar, las mujeres debieron estar alfabetizadas. De los casi 20 millones de habitantes que tenía la República Mexicana de acuerdo con el 6to Censo de Población 1940, sólo sabían leer y escribir alrededor de 3 millones 200 mil mujeres (p. 7). En segundo lugar, el costo de la suscripción era inalcanzable para la mayor parte de la población, costaba \$30 por un año (“Precios de suscripción”, 1943). En septiembre de 1943, en medio de una crisis económica, el presidente Ávila Camacho emitió un Decreto sobre Congelación de Precios, a través de cuyos precios al menudeo es posible dimensionar las proporciones de lo que el peso podía comprar en ese año. Por ejemplo, de la canasta básica, el arroz extra valía \$0.45 por kilo, el chile pasilla \$1.75 por kilo, la carne de cerdo, \$2.53 por kilo, y la pulpa fina de res, \$2.00 (“Decreto sobre Congelación de Precios”, 1943). En artículos de lujo, un juego de plumas de la marca Conklin, que constaba de pluma fuente con punta de iridio y lapicero automáti-

co, hechos de oro macizo, tenía un precio de \$17.45 en la Joyería “La Princesa”, ubicada en la esquina de Tacuba y Brasil, en la Ciudad de México (“Joyerías La Princesa”, 1943). Todo lo anterior lleva a confirmar que las mujeres a quienes estaba dirigido el recetario pertenecían a la clase media, media alta y alta, aun cuando en algunos casos, no fueran ellas quienes cocinaran en casa. Ello podría explicar el buen estado en que se encuentra el recetario en cuestión, y aun de otros ejemplares de años posteriores en la colección particular CPMCM, todos los cuales tuvieron, antes de pertenecer a la colección privada actual, otras dueñas.

En otro rubro, el libro carece de fecha, y el dato que sirvió en un principio para ubicar la temporalidad del recetario fue un anuncio de Ron Bacardí, cuya frase “Famoso en el mundo entero desde hace ochenta años” (“Bacardí”, 1943), hizo presumir que el año de su publicación fue 1942 o bien 1943, dado que esa fábrica de ron se fundó en 1862.

Luego, al examinar el *Segundo Recetario de cocina* (que forma parte de la misma colección particular), en el cual se indica de forma clara su año de publicación como 1944, se pudo determinar todavía con mayor certeza, hasta ese momento de la investigación, que el año pudo ser 1943. La prueba crucial que determinó la fecha de manera definitiva fue el propio periódico a través de sus ejemplares en ese año. A partir de octubre, anticipó a sus suscriptores, dentro de la publicidad de sus sorteos, el derecho a obtener “un regalo cuya utilidad compensará con creces el gasto hecho en una suscripción de *Excélsior*”. Tal regalo era el recetario:

Este libro de cocina, que presenta las mejores recetas de nuestro pasado concurso culinario para hacer platillos sabrosos y económicos, incluye a la vez una cuidadosa selección de otras muy útiles recetas y será la más valiosa adquisición para el ama de casa.

¡No podemos venderlo! A ningún precio podrá ser adquirido; pero nuestros suscriptores [sic] recibirán un ejemplar gratis cada uno.

Estamos ya terminándolo para distribuirlo debidamente entre quienes se suscriban [sic] ahora. Las personas que ya nos han entregado sus órdenes recibirán su ejemplar por correo dentro de tiempo muy breve (“9no Sorteo”, 1943).



Figura 2. A la derecha, esquina inferior, la portada del Recetario de cocina *Excélsior*. Hemeroteca del Archivo General del Estado de Puebla. Crédito de foto: Rosa María Martínez Pérez

Otras características son que el libro no tiene índice, no están numeradas las secciones que lo componen y carece de cualquier otro texto que no sean las recetas y los anuncios, a diferencia de los recetarios posteriores de *Excélsior*. Existe, además, la complicación adicional ya mencionada antes, en torno al hecho de que dicho libro de cocina no ha podido ser encontrado en otros acervos ni en fuentes de internet. De acuerdo con T. Hernández, trabajador del Centro de Documentación (o archivo histórico) del periódico *Excélsior*, el recetario no se encuentra entre sus fondos, y el personal del archivo no sabía de su existencia (comunicación personal, octubre 10, 2018).

3. El punto crítico en la historia de México durante 1943

El momento histórico en el cual fue publicado el recetario fue un parteaguas de la Segunda Guerra Mundial, a dos años del ingreso de los Estados Unidos en la conflagración internacional, y cuando México se vio asimismo arrastrado a la vorágine, debido a que en 1942 siete buques petroleros mexicanos fueron hundidos por submarinos alemanes. Existía tensión, aun cuando fue una época de auge industrial en el país. En estas circunstancias, el Congreso mexicano, a través del presidente Manuel Ávila Camacho, emitió una declaración de guerra a Alemania, Japón e Italia el 22 de

mayo de 1942. Sin embargo, es necesario hacer notar que el recetario no parece hacer patente el conflicto internacional o a la intervención mexicana dentro de éste, por el contrario, refleja abundancia material y una vida despreocupada, como se verá más adelante. Existe una mención muy breve dentro de uno de los anuncios en páginas interiores, el de “Productos ‘Rusan’, S. de R.L.”, empresa que se encontraba ubicada en Revillagigedo y Ayuntamiento, en el Centro del entonces Distrito Federal: “Prodigio: ¡El maravilloso invento de la guerra para el lavado diario de la ropa de diez millones de soldados, ahora al servicio de su hogar” (*Recetario de cocina Excélsior*, 1943, p. 97).

Por el contrario, en los Estados Unidos y Europa, los recetarios y la publicidad con recetas evidenciaban el racionamiento, los valores nacionalistas y el ingenio con el cual los ciudadanos debían cocinar y conservar sus alimentos. Según lo establece Flinn (2007), los recetarios han sido utilizados para impartir consejería doméstica a sus lectores por siglos, y, como ya se anticipó, durante la Segunda Guerra los recetarios hechos en los Estados Unidos y Gran Bretaña sirvieron no solo como un medio para difundir recetas en medio de racionamientos, sino que también fueron un vehículo para educar a la mujer en torno a una dieta nutritiva y saludable, y por otra parte, promover a un consumidor que fuera un buen ciudadano durante la guerra [pp. 76-77].

En este tenor, México estaba en medio de una situación bilateral complicada con el país vecino en 1943. En marzo de 1941, nueve meses antes del ataque a Pearl Harbor, el embajador de Estados Unidos en México informó al presidente Roosevelt “que el gobierno mexicano se encontraba en la mejor disposición de cooperar con Estados Unidos en la lucha antinazi”, pero que el único obstáculo residía en la voracidad de las empresas petroleras (Meyer, 1998, p. 222). Con todo, estos desacuerdos bilaterales se pusieron de lado cuando ambas naciones fueron lesionadas en sus intereses a causa de la avanzada de los países del Eje. Entonces se vieron en la necesidad de colaborar en el esfuerzo por vencer la embestida alemana a nivel internacional. De manera particular, el problema era, desde luego, mucho más grande para la nación del norte que para México. La guerra contra el

Eje no se podía llevar a cabo y esperar luego la victoria sin la provisión del petróleo mexicano, y fue este factor el que al final decidió, de manera sustancial, la intervención del presidente Roosevelt para forzar a las petroleras de su país a cesar con sus pretensiones inmoderadas y aceptar lo que México podía pagarles como indemnización. El arreglo de esta cuenta pendiente mejoró de forma notable la relación entre las dos naciones. Así, ya para el mes de diciembre de 1942, el periódico *El Nacional*, órgano informativo del partido en el poder, notificó acerca del tratado comercial que México había firmado con los Estados Unidos. Desde Washington, las noticias eran promisorias, según los titulares del diario: “Reciprocidad en aranceles”, “En las concesiones pactadas figura el petróleo en un lugar de preferencia”, “Grandes ventajas mutuas”, “Primer convenio de esta índole que firman ambos países en 132 años” [“Se firmó ayer en Washington el Tratado Comercial con los Estados Unidos”, 1942].

Para enero de 1943 México estaba, al menos en lo que a propaganda sobre la guerra toca, de lleno en la tarea de hacer frente a la situación global, si bien, la lucha armada, para los mexicanos, era en realidad una gota dentro de una botella de agua: México aportó solo unos 300 hombres, aunque sus misiones fueron bastante efectivas [Secretaría de Educación de Veracruz, 2010, p. 5]. Sin embargo, como apuntan Salazar y Flores (1998) “el escuadrón [201] se convirtió en el símbolo de la unidad panamericana, a partir de cual el estado mexicano logró involucrar de una forma directa a la opinión pública nacional en los avatares de la Segunda Guerra Mundial” [p. 99]. El presidente Ávila Camacho expuso:

[...] según lo dije en 1941, a raíz de los [ataques] de Pearl Harbor y de Manila- nuestro frente está por ahora en las fábricas y en los campos. Tenemos que ayudar a ganar la guerra con los elementos que contamos, y esos elementos, en primer término, son nuestra minería, nuestra agricultura, nuestras reservas, nuestra labor. En el presente estado de cosas, nuestro esfuerzo más importante estriba en la producción. La guerra consume, minuto a minuto, fabulosas cantidades de materiales básicos y estratégicos [“Mientras un brazo se encuentre ocioso, México se halla en deuda”, 1943]

En este estado de cosas resultaba claro que, a pesar de las noticias diarias de los distintos frentes, el nivel de involucramiento efectivo de los mexicanos en la conflagración era más de índole económica y moral que bélico. Resulta de este modo que en el recetario de *Excélsior* no parece advertirse la escena global de la guerra. Las recetas mexicanas de este libro no estaban sometidas a los racionamientos, como lo estaban, por ejemplo, las recetas compartidas por *The Kitchen Front*, un programa radial producido por la BBC en Gran Bretaña durante la Segunda Guerra Mundial, que a diario llevaba a sus radioescuchas, en un breve espacio de cinco minutos, recetas hechas de una forma creativa con cualquier conjunto de ingredientes que se pudiera armar con los racionamientos, las cuales también llegaron al público a través de libros en que se compilaron.

El recetario mexicano tampoco tenía, entre sus objetivos, recordar al ama de casa que ella podía ser parte de la resistencia aliada desde su cocina, como era el caso de *Economy Recipes for Canada's "Housoldiers"* (1943), que invitaba a la mujer a servir a su país, publicado por The Canada Starch Company. Aun el título de la publicación estaba diseñado para representar al ama de casa canadiense como un soldado: housoldier, vocablo formado por la contracción de dos palabras cuyo significado era algo así como “soldado del hogar”. En estos términos, la publicación de *Excélsior* es un recordatorio de que, a pesar de la participación de México en la guerra y del cuadro caótico internacional, el país no intervenía, en realidad, de una forma directa en las decisiones aliadas.

4. El Recetario de cocina de 1943, su naturaleza y contenido

El periódico *Excélsior* fue fundado por Rafael Alducín en 1917 [González, 2010, p. 9]. Para 1943, era ya un respetado medio de comunicación. A través del recetario, *Excélsior*, el “periódico de la vida nacional”, concedía gran importancia a su papel como impulsor del arte, el conocimiento y otras formas de expresión humana que iban más allá del trabajo noticioso. En julio de ese año lanzó el concurso “El Mejor Platillo”, a cuyo cargo estaría la reconocida figura del mundo culinario, Jose-

fina Velázquez de León. Autora de más de 150 libros de cocina y maestra de muchas generaciones, en 1943 ya se le consideraba la máxima autoridad de la cocina en México. El concurso estaba dirigido a “todas las señoras y señoritas radicadas en el país”, y ofrecía atractivos premios en efectivo:

Excélsior pone a la disposición de sus lectores muchos cientos de pesos en recompensas para quienes presenten las mejores recetas de cocina de platillos sabrosos y económicos. Toda receta publicada en esta página será premiada con \$5.00 y al terminar nuestro concurso otorgaremos premios de \$250.00, \$100.00 y \$50.00 a las tres mejores recetas (“El Mejor Platillo,” 1943).

Para apreciar la proporción en torno al peso mexicano y los precios del año 1943, considérese que el boleto de autobús desde la Ciudad de México hasta la frontera Nuevo Laredo, por la línea Flecha Roja, costaba \$25.60 (“Autobuses Azules Flecha Roja,” 1943). El kilo de frijol bayo costaba \$0.22, el de arroz, \$0.45, y el de manteca \$2.32 (“Nacional Distribuidora y Reguladora, S.A.,” 1943). En contraste, un traje de tres piezas, de casimir peinado, pura lana, en El Palacio de Hierro, podía tener un precio desde \$120.00 (“El Palacio de Hierro,” 1943).

En noviembre de ese año, con los resultados del concurso, ya estaba listo el recetario, que sirvió como regalo seguro dentro del noveno sorteo de *Excélsior*, cuyo premio mayor era una elegante residencia amueblada: “Las damas mexicanas están de plácemes con nuestro ‘9no sorteo’, que [...] les proporciona la seguridad de recibir GRATIS un utilísimo libro de cocina [...]” (“9no Sorteo”, diciembre, 1943).

El *Recetario de cocina Excélsior* presentó como primer premio la receta de una señora del Distrito Federal, “Pato al pintor”, para lo cual se requería: un pato, jugo de naranja, vinagre, cebolla, jitomate, ajo, almendras, pasas, perejil y hierbas de olor (1943, p. 64). El segundo premio correspondió a una señorita de Celaya, Guanajuato, con la receta de “Pollo en salsa de chorizo y vino”, un poco más compleja que la anterior: un pollo grande y tierno, vino tinto, chorizo, manteca, jamón, jitomate, ajo, clavo, pimienta negra, canela, tomillo, mejorana, pan seco, pimienta morrón, aceitunas laurel y sal (p. 65). El tercer premio fue para

una señorita del Distrito Federal, por su receta de “Enchiladas de flor de calabaza”, una propuesta bastante más sencilla que las dos anteriores, y que, sin embargo, captó la atención del jurado bajo la dirección de Velázquez de León. Para preparar este platillo se necesitaban tortillas chicas, crema fresca, chiles poblanos, flores de calabaza, harina, agua, cebolla, elotes, manteca y sal (p. 132).

Asimismo, el *Recetario de cocina Excélsior* de 1943, observado como una expresión del periodismo cultural, tuvo la virtud de retratar las cocinas regionales de la época, las tradiciones culinarias familiares y el comercio capitalino. Ciertas recetas fueron recreaciones que se hicieron en el siglo XX de antiguas recetas novohispanas, como la del “Mancha Mantel”, enviada por una lectora del Distrito Federal (pp. 74-75), que en la historia remite a la mención de esta misma receta dentro del libro de cocina de Sor Juana Inés de la Cruz, el “Manchamanteles”, el cual figura junto con muchas otras preparaciones recolectadas por la monja en el convento de San Jerónimo, en el siglo XVII (Lavín y Benítez, 2010, pp. 92-93). Algunos de los ingredientes indicados en la receta de 1943 aparecen en la receta de San Jerónimo, aunque existen también marcadas diferencias. La receta de la lectora capitalina pide un pollo grande y gordo, manteca, chile ancho, jitomate, almendras, ajonjolí, lomo de cerdo, sal, agua y canela, en tanto que la receta del convento requiere una gallina, ajonjolí, manteca, plátano, camote, manzana y sal.

Las recetas presentadas se clasificaron en el texto de la siguiente forma: cocktails, sopas, sopas secas, huevos, pescado, aves, carnes, ensaladas, verduras y cereales, budines, tortas y frituras, antojitos mexicanos, postres, nieves, sándwiches, tamales y atole. Aunque la mayor parte de las participantes del concurso era del Distrito Federal, las demás eran de diversas partes de la República: Morelos, Michoacán, Estado de México, Baja California, Puebla, Tlaxcala, Aguascalientes, Guanajuato, San Luis Potosí, Nayarit, Sinaloa, Chihuahua, Oaxaca, Guerrero, Tabasco, Querétaro, Zacatecas, Coahuila y Tamaulipas. Todas llevaban antepuesto el título de señora o de señorita.

El abanico de platillos era muy diverso y la gran mayoría tienen la leyenda “Receta premiada” o

“Receta con mención”, junto al nombre de la autora y su lugar de origen. Una parte significativa de las propuestas del libro tiene como base los ingredientes y técnicas propias de la cocina mexicana, como las “Mojarras en tamal”, enviada desde Panzacola, Tlaxcala (p. 49), los “Taquitos de frijoles con guacamole”, aportación de una ama de casa en Río Grande, Zacatecas (pp. 137-138), las “Calabacitas queretanas”, receta premiada, cuyos ingredientes incluían elotes tiernos, queso fresco, jitomates y cebolla, etc., la cual había sido enviada desde la ciudad de Querétaro, y de modo semejante estaba el “Mole verde poblano”, desde Puebla, Puebla (p. 100) o la “Tinga de calabacitas”, también autoría de una señora poblana (p. 116). Sin embargo, fueron publicadas de igual manera preparaciones con apetencias un poco más europeas, entre ellas, la “Carne fría rellena, imitación trufas” (p. 99), la cual había sido premiada y procedía de Azcapotzalco; la “Corona de fideo y espinaca”, así mismo premiada, desde Iztacalco, Distrito Federal, que llevaba higaditos de pollo, “queso añejo y bueno”, espinacas, mantequilla, perejil picado (p. 35). Y una curiosidad es una receta con mención, procedente de Cuernavaca, Morelos, hecha con lomo de puerco, chiles anchos, orégano, ajo y manteca, la cual llevaba el nombre del periódico: “Carne *Excélsior*” (p. 101).

Algunas de las figuras de moda de la época del cine de oro mexicano participaron en la campaña del noveno sorteo de *Excélsior*, que estaba vinculado de forma lógica con el recetario, por ejemplo, Pituka de Foronda, Hilda Kruger, Antonieta Pons, Paquita Estrada, Elena D’Orgaz y Ramón Armengod. En el ejemplar del sábado 27 de noviembre de 1943, Gloria Marín participó como modelo en el anuncio del recetario:

Ya está aquí. El valioso regalo que daremos a cada suscriptor, está ya listo para ser entregado. Nuestro “Recetario de cocina” ha quedado terminado. Un libro de 164 páginas, con un verdadero tesoro de fórmulas culinarias. Presenta 171 recetas [...] Al darnos usted su orden de suscripción [...] le entregaremos inmediatamente su ejemplar (p. 16).

Si el periodismo cultural, según lo expone Tubau, difunde los productos de una sociedad a través de un medio masivo, *Excélsior* realizó una labor extraordinaria no solo al concentrar tantas recetas, seleccionadas con cuidado por su equipo de expertos en el jurado calificador. Además de ello, su recetario refleja la incipiente globalización y las influencias culinarias de Estados Unidos y Europa. La sociedad mexicana, de forma pausada pero segura, transitaba hacia un modelo cultural americanizado e industrial. Ciertas recetas y productos anunciados se distanciaban de la cocina tradicional mexicana, e introducían en la cotidianidad nuevas formas de construcción gastronómica.

Algunos ejemplos en *el Recetario de cocina Excélsior* son el “Cocktail hawaiano”, que debía elaborarse con Bacardí, jugo de piña, jarabe de prisco, rebanadas de piña y cerezas (p.12), o los “Sándwiches de queso”, preparados con queso Kraft, “Leche Evaporada del Clavel”, yema de huevo, chiles morrones, panes de caja y aceitunas (p. 150). En este contexto, resalta el hecho de que la dieta mexicana de la época consistía de forma básica en el consumo de alimentos muy sencillos, naturales y con poco procesamiento. Por ejemplo, el desayuno tradicional más elemental, como lo señala S. Aguilar, consistía en “tortillas, frijoles, chile, pan de trigo, atole, de maíz, café o infusiones herbales”, que dentro del proceso de modernización de la vida cotidiana (2009, p. 53), contrastaba con la oferta del comercio abarrotero mexicano, el cual proponía a los consumidores opciones alimentarias que la industria nacional, bajo la influencia e inversiones del capitalismo estadounidense, procesaba y reproducía a partir del mercado en el vecino país del norte. Una observación desde otro ángulo, destaca la naturaleza de este libro de cocina como medio publicitario y sus elementos iconográficos, otra forma de expresión cultural: fotografías, dibujos y logotipos de anunciantes. La faceta comercial del recetario permite reconstruir varios aspectos: las tendencias publicitarias, los patrones previstos de consumo y los distintos intereses que llamaban la atención de las mujeres mexicanas de cualquier estado civil en ese momento. A través de este

Rosa María Martínez-Pérez [pp. 87-98]

medio, los anunciantes esperaban incrementar sus ventas y conseguir la lealtad de las clientas, como en el caso de la empresa Clemente Jacques y Cía., fundada en 1887 en México:

Recomendamos que para obtener éxito en todas las recetas de este libro se empleen exclusivamente conservas de calidad. Sería una lástima comprometer el éxito de una receta empleando conservas de calidad dudosa, desperdiçando así su tiempo, su trabajo y su combustible.

Empleando las conservas de Clemente Jacques y Cía., S.A., sus platillos saldrán siempre perfectamente bien [1943, p. 3]

Entre los demás anunciantes estaban empresas y negocios con un claro giro enfocado al sector femenino de la sociedad, destacan los alimentos como chocolate, levadura, arroz, ron, vino, etc. Ejemplo de otros rubros: sombreros importados, vestidos de soireé⁴, gas doméstico, artículos americanos de vestir, equipos de novia, perfumes, jabones y electrodomésticos. La empresa Comercial Delher –fundada en la década de 1930–, anunciante del noveno sorteo, promueve en este libro de cocina su estufa de gas, a través de la imagen de una moderna y completa cocina integral, con líneas simples, funcional y estética [p. 7]. El Centro Mercantil publicó un anuncio en que ostentaba su Sala de Electricidad, con el refrigerador Coldspot, la estufa Prosperity y la lavadora y planchadora Kenmore [p. 51]. El futuro había llegado a México, por lo menos, a los hogares de clase media alta y alta, que podían costear esos lujos.

Los medicamentos también formaban parte importante del recetario, después de todo, las amas de casa debían cuidar la salud de su familia:

¡Por su salud!

Si alguien le dijera que diariamente millares de personas trabajan para usted, ¿lo creería? Probablemente no, y, sin embargo, así es... En los laboratorios Bayer, un enjambre de hombres médicos, químicos, biólogos y operarios, suman esfuerzos para producir los medicamentos que se distinguen por este símbolo: Cruz Bayer. Cuide su salud y la de los suyos. Prefiera productos que llevan la Cruz Bayer, porque son de absoluta confianza [Bayer, 1943, p. 94]

El anuncio de Fábricas Lozada y su “Gran Exposición de Muebles”, que estaba en la calle de Victoria # 58, asoció otro componente cultural introducido desde el vecino anglosajón, pues estaba enmarcado por figuras navideñas de Santa Claus, con la promoción siguiente:

Aproveche el descuento que hacemos a todos los suscriptores [sic] de *Excélsior*” [Fábricas Lozada, 1943, contraportada].

El recetario, complemento perfecto para los suscriptores, en especial las mujeres, fue tan exitoso que llevó a *Excélsior* a continuar con nuevas versiones en sorteos posteriores, pero fue este primer ejemplar el que abrió la puerta a los demás con su éxito, y ayudó a consolidar el papel del periódico *Excélsior* en la vida cotidiana de muchas familias de clase media y alta, sobre todo de la capital del país.

5. Una reflexión final

El *Recetario de cocina Excélsior* fue un proyecto periodístico que salió bien. Bajo la competente dirección de Josefina Velázquez de León, logró convertir un concurso en un cúmulo de testimonios gastronómicos que dan fe de la transformación del país, al pasar de un modelo que en gran medida era tradicional, rural y artesanal, a uno más americanizado, urbano e industrial: ése fue el momento, en la década de 1940, cuando México se incorporó a las tendencias del siglo XX. Estas pautas novedosas se evidencian en las recetas y los anuncios: la salsa cátsup, el queso Kraft, la leche evaporada “Del Clavel” (o Carnation), la avena de marca Quaker, la Coca-Cola y el “pan de caja”.

Del mismo modo, los electrodomésticos influyeron en gran medida. En este recetario, el ama de casa podía vislumbrar el aspecto de una cocina moderna y bien equipada, y sabía que, si contaba con los medios económicos suficientes, podía adquirir una máquina lavadora que evitara la pesada tarea de tallar la ropa de la familia a mano. Los nombres y marcas de los aparatos electrodomésticos son sugerentes de esta modernidad cosmopolita: Kenmore, Prosperity, Coldspot; incluso Delher, fundada a principios de los años treinta, pareciera

ser una reminiscencia alemana, aun cuando, en realidad, el nombre de esta empresa mexicana es una composición formada con palabras tomadas de su razón social, Estufas Delgado Hermanos, S.A. de C.V.

Y a pesar de todo, la cocina mexicana subsiste con fuerza en todas las páginas del *Recetario de cocina Excélsior*, y, por tanto, se evidencia una nueva aculturación a través de la cual se entrevé la influencia anglosajona y la industrialización, sin que por ello la mexicanidad culinaria se vea impedida. A través del recetario, *Excélsior* logró dejar para la posteridad un testigo de su periodismo cultural y de un proceso de cambio en el país.

El estudio de este documento histórico convirtió una pieza documental desconocida en algo tangible. Hasta el momento de terminar el presente artículo, no se han encontrado otros ejemplares del libro. Sólo por medio de la publicidad en el propio periódico, entre noviembre y diciembre de 1943, y de los pocos ejemplares que quedan del

segundo recetario (el siguiente que se publicó, en 1944), se sabe de su existencia. Por ello, su aprovechamiento remite, en la investigación, a la aseveración de Brom en el sentido de que la historia no tiene la posibilidad de repetir su objeto de estudio. El historiador tan solo puede valorar y estudiar lo que quedó de un tiempo pasado.

Por último, es necesario asentar que este trabajo no pudo desarrollarse de forma tan exhaustiva como se hubiese deseado, debido a la falta de espacio, por lo que son necesarias nuevas aproximaciones a este *Recetario de cocina*, el cual tiene todavía mucha materia sobre la cual trabajar. Asimismo, se requiere estudiar el resto de los libros de la colección, para comprender, en una especie de vista aérea, el conjunto que todos formaron, su significado histórico, social y cultural, y el valor que la serie tuvo para la empresa *Excélsior*, en función de la interacción con sus lectoras, así como su papel como incentivo para motivar a los suscriptores, y con ello, mejorar sus ventas.

¹Este artículo forma parte del proyecto FF1201902 aprobado por el H. Consejo Universitario de la UAQ el 28 de febrero de 2019.

²Gracias a la Dra. Margarita Espinosa Blas por sus observaciones para mejorar este trabajo. También quiero agradecer al personal y dirección de la Hemeroteca del Archivo General del Estado de Puebla sus atenciones para que pudiera yo consultar todo el año completo de 1943 del periódico *Excélsior*. Asimismo, al personal de la Hemeroteca del Archivo Histórico del Estado de Querétaro, quienes me brindaron un excelente servicio en la consulta del periódico *El Nacional*, del mismo año. A mis estudiantes Cynthia Andrea Mendoza Luna como ayudante de investigador y Antonio Solís Ortega, por su ayuda con las imágenes. Por último, de manera muy especial al señor Roberto Rodríguez, director del Centro de Documentación (Archivo Histórico) del periódico *Excélsior*, en la Ciudad de México por su gran interés y su ayuda a través del teléfono y correo electrónico, con relación a este trabajo de investigación, así como a esa empresa periodística por autorizar la publicación de algunas imágenes dentro del proyecto de investigación.

³Interpolación de E. Bloch en la edición anotada del Fondo de Cultura Económica.

⁴Una *soirée* es una fiesta de sociedad, acto social o función cinematográfica, teatral o musical que se celebra al atardecer o por la noche.

Rosa María Martínez-Pérez [pp. 87-98]

Referencias bibliográficas

- Aguilar, S. [2009]. La mesa está servida: comida y vida cotidiana en el México de mediados del siglo XX. *Revista de Historia Iberoamericana, semestral*, (2), año 2, ISSN: 1989-2616, 52-85. Extraído 24 septiembre 2016, <https://revistahistoria.universia.net/article/viewFile/222/348>
- Aguilar, S. [2018]. Mole and mestizaje: race and national identity in twentieth-century Mexico. *Food, Culture and Society*, 21(5), 600-617. Extraído 22 julio 2019, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/.../15528014.2018.1516403>
- Altieri, A. [2001]. ¿Qué es la cultura? *La Lámpara de Diógenes*, julio diciembre, (2) núm. 4, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 15-20.
- Arizpe, L. [2011]. Cultura e identidad. Mexicanos en la era global. *Revista de la Universidad de México*, (92), octubre, 1-7. Extraído 04 abril 2019 <http://www.revistadelauniversidad.unam.mx/9211/pdf/92arizpe.pdf>
- Aslan, J. & Ozcelik, A. [2018]. Cuisine culture of the pearl of Mesopotamia: Mardin Turkey. *Journal of Ethnic Foods*, 5(4), Dic. 2018, pp. 239-245, Extraído 22 julio 2019 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352618118302087#!>
- Barros, C. [2009]. *Los libros de la cocina mexicana*. México: CONACULTA.
- Bloch, M. [2003]. *Apología para la historia o el oficio de historiador*. Edición anotada por Étienne Bloch. México: Fondo de Cultura Económica.
- Brom, J. [1978]. *Para comprender la historia*, México: Editorial Nuestro Tiempo.
- Carreira, I. [1996]. *Técnicos auxiliares de biblioteca*, Madrid: Editorial Complutense.
- Dexeus, M. [1994]. El libro como testimonio cultural. En R. M. Blasco (Ed.), *Patrimonio histórico* (pp. 33-38). Santander, España: Universidad de Cantabria: Asamblea Regional de Cantabria.
- Flandrin, J. & Montanari, M. [2011]. *Historia de la alimentación*, Gijón, España: Ediciones Trea.
- Flinn, J. [2007]. World War II Cookbooks: Rationing, Nutrition, Patriotism, and the Citizen Consumer in the United States and Great Britain. *Elements*, (3), spring, 10.6017/eurj.v3i1.8982.10.6017/eurj.v3i1.8982. <https://ejournals.bc.edu/index.php/elements/article/view/8982> Extraído 25 febrero 2017.
- González, M. [2010]. *Crisis en el periodismo cultural mexicano. El Universal y Excélsior, dos casos significativos* (tesis de maestría publicada). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Lavín, M. y Benítez, A. [2010]. *Sor Juana en la cocina*, México: Grijalbo.
- Martínez, N. [2018]. El periodismo cultural. *Revista de Museología Kôot*, 8(9), 63-68, <http://hdl.handle.net/11298/436> Extraído 14 marzo 2019.
- Meyer, L. [1998]. *México y los Estados Unidos en el conflicto petrolero*. México: El Colegio de México.
- Salazar, D. y Flores, E. [1998]. Soldados mexicanos en el frente. México y la Segunda Guerra Mundial. *Historias*, (40), 83-101. Extraído 13 febrero 2018. http://www.estudioshistoricos.inah.gob.mx/revistaHistorias/wpcontent/uploads/historias_40_83-102.pdf .
- Secretaría de Educación de Veracruz [2010]. Escuadrón 201. *México en la Segunda Guerra Mundial*. 1945. https://www.sev.gob.mx/difusion/ejercito_mexicano/escuadron201.pdf Extraído 12/01/2019.
- Varela-Orol, C. [2014]. Las colecciones patrimoniales en las bibliotecas españolas: dialéctica entre legislación y prácticas. *Revista española de Documentación Científica*, 37(3), e054. doi:<http://dx.doi.org/10.3989/redc.2014.3.1116>
- Villa, M. [2000]. Una aproximación teórica al periodismo cultural. *Revista Latina de Comunicación Social*, La Laguna (Tenerife), noviembre, (35), 7.

Fuentes documentales

- Estados Unidos Mexicanos. 6º Censo de Población 1940. Resumen general* (1943). México: Secretaría de la Economía Nacional, Dirección General de Estadística. Versión en pdf.
- Colección particular María Camacho Moreno (CPMCM): *Recetario de cocina Excélsior* (1943). Ciudad de México: Periódico *Excélsior*.





EL LITIGIO POR ENFERMEDAD DE LA ESCLAVA JUANA DE LA CRUZ [QUERÉTARO, 1718]

THE LITIGATION FOR DISEASE OF THE SLAVE JUANA DE LA CRUZ [QUERETARO, 1718]

Amanda Hernández-Pérez^{1*}, Jesús Gabriel Sánchez-Campa²

¹Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Autónoma de Querétaro.

²Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina. Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor de correspondencia: Correo electrónico: hernandez.perez.am@gmail.com Tel: 4423524676.

Resumen

El artículo explora la redhibición por enfermedad de una esclava de nombre Juana de la Cruz, en el Querétaro colonial de 1718. El objetivo del artículo es dar a conocer la importancia de los litigios por redhibición* como una fuente de primera mano para el estudio de la enfermedad y la esclavitud en la época novohispana queretana. Los resultados apuntan a la importancia de ahondar en la relación de los esclavos con los padecimientos como la tuberculosis, la importancia de los remedios caseros, y la relación entre los médicos bachilleres, los litigios por redhibición y el Protomedicato de la Nueva España.

Palabras clave: Esclavitud femenina, enfermedad, redhibición [resolver o deshacer la venta, por iniciativa del comprador, al descubrir un defecto oculto de la cosa comprada], siglo XVIII, Querétaro.

Abstract

The article explores the redhibition** related to disease of a slave named Juana de la Cruz in the colonial Queretaro in 1718. The objective of the article is to explore the importance of redhibition documents as a first-hand source for the study of the disease and slavery in Queretaro in the XVIII century. The results pointed out the complex relationship of slaves with diseases such as tuberculosis and the relationship between physicians and the Protomedicato of New Spain.

Keywords: Female slavery, disease, redhibition, XVIII century, Queretaro

*Resolver o deshacer la venta, según derecho, por no haberle manifestado el vendedor el defecto o gravamen de la cosa vendida.

**The annulling of a sale, and the return by the buyer of the article sold, on account of some defect.

Introducción

Sí bien las epidemias de escorbuto (en alta mar), disentería, tuberculosis (peste blanca o tisis) o *matlaza-huatl* (tifus o peste) en el siglo XVIII fueron comunes y en algunos casos se encuentran documentadas, existe poca información sobre como afectaron esas mismas enfermedades a la población esclava en las ciudades novohispanas. Esto es difícil de determinar pues en los escasos documentos donde aparecen no se mencionan sus padecimientos. Por ello, es de gran interés ahondar en las posibilidades que nos ofrecen los litigios por redhibición de enfermedad (pleitos entre particulares por venta de esclavos enfermos), para conocer los padecimientos de las esclavas. Con esa información podemos reconstruir cómo vivían aquellas mujeres la enfermedad en la vida cotidiana del siglo XVIII.

El presente artículo ofrece un primer acercamiento a un expediente del ramo judicial del Archivo Histórico del estado de Querétaro, que habla sobre la redhibición o rescisión de contrato de compra-venta de una esclava de nombre Juana de la Cruz. El documento data de 1718, y arroja información sobre la esclava y su padecimiento, los remedios que aplicaban como el *xoconostle*, así como el papel del médico tratante en el litigio. Para ello, el artículo se divide en siete apartados. El primero es una revisión bibliográfica breve, que señala el vacío de los estudios sobre la enfermedad de los esclavos en Querétaro. El segundo apartado explica qué es la redhibición o rescisión de contrato de compra-venta de esclavos en la Nueva España. El tercer apartado ahonda en el Real Tribunal del Protomedicato de la Nueva España y sus funciones en los litigios por redhibición. El cuarto apartado habla sobre el caso de la esclava Juana de la Cruz y el médico bachiller Juan Ortiz. El quinto se centra en los remedios caseros. El sexto, en la tuberculosis. Por último, se da una breve conclusión.

2. Revisión bibliográfica

Muchos estudiosos se han dado a la tarea de comprender siglos de esclavitud en México. Destacan Aguirre Beltrán (1972) y Luz María Martínez Montiel (1996). Es a partir del siglo XXI que los estudios sobre las mujeres en situación de esclavitud se multiplican. Destaca el trabajo de María Elisa Velázquez (2006), investigadora del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

En el caso de Querétaro, son fundamentales las aportaciones de Juan Manuel de la Serna (2012), Oliva Solís y Luz Amelia Armas (2002), Patricia Pérez Munguía (2011), así como el trabajo de Jesús Mendoza (2004), sobre los esclavos en el siglo XVIII. Sin embargo, a pesar de la importancia de las mujeres en situación de esclavitud en la sociedad novohispana queretana, se sabe poco sobre su vida, su situación en casas particulares, haciendas, obrajes y hospitales. Existen pocas referencias de los procesos de aculturación religiosa, así como de sus padecimientos.

Para estudiar la enfermedad en la población esclava contamos con el trabajo de Peláez (2012) sobre los litigios de redhibición en Colombia en el siglo XVIII, los cuales muestran los conflictos por la venta de esclavos enfermos. A su vez, el estudio de Araya (2017) sobre la esclavitud femenina y la enfermedad en el siglo XVIII en Chile es también pionera en ese sentido. Estela Roselló en su libro *“Enfermar y curar. Historias cotidianas de cuerpos e identidades femeninas en la Nueva España”* (2017) aborda la enfermedad de las esclavas en la Ciudad de México. En el caso de Querétaro, sabemos poco sobre las mujeres esclavas y la forma de vivir la enfermedad. Por ello, los litigios de redhibición o rescisión de contrato de compra-venta por enfermedad de esclavas son una ventana para conocer los padecimientos de mujeres que no tuvieron derechos.

3. La redhibición o rescisión de contrato de compra-venta de esclavos

La esclavitud en la América española abarca aproximadamente de 1493 a 1820. El comercio de esclavos supuso un negocio que proporcionó, tanto a monarcas y compañías europeas, así como a funcionarios, cuantiosas ganancias a través del cobro de impuestos, licencias o concesiones (Lucena, 2000: 134). Según Lucena (2000), las autoridades coloniales fueron adaptando las leyes existentes de acuerdo a los problemas que iba planteando la trata e intentaron realizar un ordenamiento jurídico para poder operar en esos vastos territorios. Según Juan Manuel de la Serna (2012), el corpus jurídico en el siglo XVIII se puede enumerar en *“Las Siete partidas de Alfonso X, El Sabio”* (1265), las *“Leyes de Toro”* (1505), y *“Las leyes de Indias”* (1681) (De la Serna, 2012: 104). Ese corpus será fundamental para guiar mecanismos de adecuación de las leyes a la

nueva realidad americana. Según ese corpus jurídico medieval con el que se regía la Nueva España, existían tres causas de esclavitud. 1) A través de la guerra en defensa de la religión (prisionero de guerra), 2) La indigencia (endeudamiento o insolvencia) y 3) Por nacimiento (a través del vientre materno). En los territorios de ultramar, la última disposición sirvió para esclavizar a hombres y mujeres africanas (Hernández, 2018: 23). Según ese corpus jurídico medieval, las mujeres esclavizadas eran un bien material del cual poder disponer, un objeto y moneda de cambio. Por ello, eran susceptibles de “compra-venta, herencia, dote, o pago por deuda” (Velázquez, 2006: 127). La Real Audiencia fue creada en 1527, y fue el tribunal de la Corona Española en la Nueva España. Resolvió entre otras muchas cosas, litigios criminales y civiles donde las esclavas se veían involucradas. En la sala del crimen, ingresaban casos penales como asesinatos, cimarronaje (o fuga de esclavos) y uxoricidio (feminicidio por parte del marido). En la sala civil, se ventilaron casos de herencia, libertad, compra-venta de esclavos, así como redhibición de esclavos enfermos.

La redhibición es la acción por la que un comprador tiene el derecho de pedir la nulidad de la venta si el esclavo o esclava tiene un vicio *redhibitorio*. Es decir, cuando una esclava tenía una enfermedad o “vicio oculto”, se podía pedir la nulidad del contrato de compra-venta. El litigio por redhibición por enfermedad involucraba el diagnóstico de un médico bachiller, quien se encargaba de examinar a los esclavos y dar una valoración que era clave en el litigio.

4. Real Tribunal del Protomedicato de la Nueva España

El Real Tribunal del Protomedicato² fue una institución que establecieron y fundaron los reyes de España en varias ciudades y provincias de sus dominios continentales y de ultramar con el objeto de vigilar el ejercicio profesional de médicos, cirujanos, barberos, flebotomianos,

algebristas, boticarios y parteras. Además, cuidaba de la correcta preparación y venta de medicamentos en sus diversas presentaciones, tenía facultades y jurisdicción en todos los problemas relacionados con la salubridad pública y disponía de las providencias necesarias en caso de epidemias u otras calamidades.

En la Nueva España, recién concluida la Conquista, la atención de los problemas médicos fue confiada a quienes gozaban de mayor prestigio entre los que practicaban el arte de curar, llamándose protomédicos³ y haciendo referencia al primer médico en jerarquía, siendo el primer protomédico en estos reinos el doctor don Pedro López, quien acompaña a Hernán Cortés en la conquista, regresa a España en 1523 y de vuelta a la Nueva España a partir de 1528 realiza las tareas encomendadas por los reyes de España. Por Cédula Real se fundó el Real Tribunal del Protomedicato de la Nueva España en 1628⁴, prolongando sus funciones hasta el año de 1831 cuando se ordenó su suspensión por el presidente médico Anastasio Bustamante y entra en vigor la Facultad Médica del Distrito Federal para realizar las mismas funciones con una visión republicana y federal.

En el siglo XVIII, el Real Tribunal del Protomedicato de la Nueva España es una institución centralista, elitista, muy cercana a la Real y Pontificia Universidad de México. Casi todos los protomédicos eran catedráticos de la Universidad, o funcionarios de los hospitales más importantes y con mayor prestigio como el hospital de Jesús o el Hospital de San Lázaro, pero también son muy cercanos al gran poder del Virrey y sobre todo a la Real Audiencia.

Se sabe que el tráfico de esclavos es una facultad que solo le compete a la Real Audiencia de la Nueva España y el Real Tribunal del Protomedicato no tiene jurisdicción ni injerencia de algún tipo. Existen muchos intereses en torno al tráfico de esclavos desde los propios monarcas, las compañías europeas de comercio de esclavos, autoridades coloniales en los puertos de ingreso y egreso como Veracruz y Acapulco, el cobro de impuestos y licencias. Cuando se llegan a presentar casos polémicos por

²En el año de 1422, el Rey Juan II de Castilla creó el Tribunal de Alcaldes Examinadores que fungían como jueces en el concurso de los que deseaban dedicarse a la medicina y la cirugía. Este Tribunal fue el que dio origen al del Protomedicato, que ya en tiempo de los Reyes Católicos aparecía con este nombre en las leyes expedidas en Real de la Vega en 1491 y en Alcalá en 1498.

³Prefijo del griego *protos*: primero, denota prioridad y superioridad.

⁴Son tres las instituciones públicas que tienen parte del acervo del Real Tribunal del Protomedicato de la Nueva España. El Archivo General de la Nación, la Biblioteca del Museo Nacional de Antropología e Historia del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y el archivo histórico de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Este último tiene documentos como expedientes de exámenes de boticarios, cirujanos, farmacéuticos, flebotomianos, médicos, obstetras y parteras. Causas criminales por ejercicio ilegal de la medicina y contra curanderas. Nombres de empleados, catedráticos y sinodales. Licencias de venta y preparación de medicamentos. Títulos de bachiller y peticiones de exámenes. Fes de bautismo y purezas de sangre, constancias de pago del impuesto de *Media Annata*, así como certificados de buenas costumbres.

redhibición de esclavos como el de la esclava Juana de la Cruz, por enfermedades que probablemente ya tenían los esclavos previo a la adquisición por parte de otros dueños en contratos particulares de compra-venta, la Real Audiencia solicitaba el apoyo de médicos locales o regionales, en su mayoría bachilleres en medicina o licenciados y en menor proporción doctores en medicina titulados en la Facultad de Medicina y certificados por el Real Tribunal del Protomedicato, para que revisaran a los esclavos, y estos médicos llevaran a cabo una función de perito judicial y elaboraran un dictamen del estado de salud previo y actual del esclavo.

Con base en dicho dictamen, las autoridades emitían un veredicto en favor o en contra de cualquiera de las partes involucradas en los pleitos de contratos de compra-venta de esclavos. Se debe aclarar que no era una facultad del Real Tribunal del Protomedicato acreditar el estado de salud en el tráfico y comercio de esclavos. La Real Audiencia solicitaba estos dictámenes a médicos particulares quienes cobraban honorarios por sus servicios y encontramos en muchos documentos que esos médicos ya se presentaban como colaboradores de la Real Audiencia de la Nueva España (Treviño, 2007).

5. El caso de Juana de la Cruz

Doña Lorenza de Anda vendió el 3 de febrero de 1718 a su vecina la señora doña Francisca Gómez, -ambas residentes de la ciudad de Querétaro-, una esclava mulata de nombre Juana de la Cruz (de color “cocho”, de 16 años de edad). Juana de la Cruz había nacido en casa de doña Lorenza de Anda, y era hija de una esclava de confianza de nombre Ana de la Cruz, por ello se garantizaba su buen estado de salud. La vendieron por la suma de 325 reales y se aseguró que no tenía vicio o tacha oculta. Sin embargo, cuatro meses después, doña Francisca Gómez reclamó la devolución del dinero pues advirtió que se le ocultó que la esclava Juana de la Cruz se encontraba enferma de pulmonía. Doña Francisca alegaba que a la es-

clava se le aconsejó ocultar su estado de salud. Para dar lugar al litigio judicial, la esclava Juana de la Cruz declara el 8 de junio de 1718 ante el escribano. Su declaración señala que dos años atrás, antes de ser vendida, padecía de tos, un ahogo que no le permitía trabajar y mucho dolor de pecho. Señaló que doña Lorenza de Anda, que era su primera ama, le sugiere ocultar su enfermedad, pero al ver que la tos no cedía, tuvo que confesar a su nueva ama que tenía varios años enferma. El testimonio de Juana de la Cruz señala:

Dijo que abra tiempo de cuatro meses que la compró Doña Lorenza Gómez Corona, mujer legítima del Regidor Don Joseph Fonseca y que actualmente cuando se celebró dicha venta se hallaba la que declara enferma de tos y un ahogo que no podía trabajar con mucho dolor en el pecho y que antes que celebrase dicha venta había tiempo de dos años poco más o menos que padecía de dicha tos y ahogo y que la dicha Doña Lorenza de Anda que era su ama al tiempo que la vendió le dijo, ya te vas y si te preguntaren en casa de esta ama por esa tos dirás que es el mal que anda, y que después de tres o cuatro noches como tosía mucho, le preguntó dicha Doña Francisca su ama ¿qué tos era aquella?, que le respondió que era el mal que andaba, y le dijo que le untaran un xoconostle y sin embargo, le volvió a persuadir le dijere la verdad, y le dijo que dicha tos había dos años que la tenía y su ama Doña Lorenza le había aconsejado lo que lleva dicho y que esto es la verdad y [...] declaró ser de edad de diez y siete años no firmo por no saber firmar su merced.⁵

En el litigio se tomó también la declaración al médico bachiller don Juan Ortiz, médico vecino de la ciudad de Querétaro. La declaración se le tomó el día 25 de junio de 1718. Según María Luisa Rodríguez (2014), don Juan Ortiz⁶ era un bachiller en medicina vecino de la ciudad de Querétaro, que estudió en la Facultad de Medicina de la Real y Pontificia Universidad de México del 13 de febrero de 1678 al 18 de agosto de 1681. Tomó cursos

⁵Archivo Histórico de Querétaro. Fondo Justicia. Siglo XVIII. (Demanda de esclava enferma de pulmonía, 1718). No. 501. Caja 18. Exp. 30. Folio 11

⁶ En el documento judicial por redhibición del Archivo Histórico de Querétaro aparece como médico bachiller Juan Ortiz. Con respecto a la información del médico bachiller Juan Ortiz ver: Archivo General de la Nación. Fondo Universidad, vol. 280, exp. 55-61, folios. 339-341v. Fuente: Rodríguez, M. Luisa (2014), *Alumnos, bachilleres y licenciados: sus redes sociales (etapa barroca, 1622-1727)*. Serie Los Médicos en la Nueva España. México: Instituto de investigaciones Sociales/UNAM. pág.164.

como método, astrología y cirugía. Obtuvo el grado de bachiller en Medicina el 22 de agosto de 1681 a las cuatro de la tarde. Esto es de gran relevancia pues contamos con la información del médico bachiller que auscultó a la esclava Juana de la Cruz.

El médico bachiller señaló que realizó varias preguntas a Juana de la Cruz y ella le respondió que tenía más de dos años que padecía de un ahogo o dificultad para respirar. Eran achaques sofocantes como asma, un achaque peligroso por el humor⁷ que desciende en la parte del pecho. Sin embargo, no pudo determinar el padecimiento con precisión. Señaló que esos síntomas traen muerte repentina, y de padecer pulmonía o dolor de costado era totalmente incurable. Su declaración señala:

Digo que habiéndole hecho varias preguntas a la dicha Juana de la Cruz mulata esclava le respondió la susodicha que había tiempo de más de dos años que padecía de un ahogo o dificultad de respirar en la cual indica padecer achaques sofocantes que se llaman disnea, asma, distonea [sic], achaques todos peligrosos [...] y el humor que desciende en la partes contenida del pecho y facultad vital. Pero no distinguió cuál de ellos era porque la vio en el tiempo en que estaba sin la ecesion [sic] pero que todos son achaques que suelen traer muerte repentina [...], achaques así mismo peligrosos, [...] y si padece pulmonía o dolor de costado es totalmente incurable y que junto con esto padecía varias obstrucciones de estómago y vaso a que se le añade palpitación en la vena caba [sic] que llama el vulgo mal de madre y las más veces esta misma palpitación de corazón y preguntándole si se cansaba de andar dijo que de cualquier movimiento desordenado o de llegarse a la lumbre llegaba a punto de morir por grande agobio que le causaba y que esto es lo que siente [...].⁸

Si bien el litigio duró varios meses y se remitió al Licenciado don Nicolás Hurtado de Mendoza, abogado de las Reales Audiencias de México y Guadalajara, en el dictamen final no se pudo comprobar que la esclava se encontraba enferma antes de su venta. Desafortunadamente no se cuenta con más información del caso. Sin embargo, tomando en cuenta las características del padecimiento de

Juana de la Cruz, y a reserva de ahondar más en la investigación del mismo, es probable que padeciera de tuberculosis. Eso nos da pistas sobre el tipo de enfermedades que padecían los y las esclavas de aquellos tiempos.

6. Enfermedad y remedios caseros

Efectivamente, muchas mujeres esclavas enfermaron de distintos parecimientos a lo largo de su vida al enfrentar trabajos exhaustivos. Para ellas, curarse debió ser una experiencia difícil de sobrellevar, sobre todo al necesitar reposo, cuidados y solvencia económica. Por ello, muchas recurrieron a los remedios caseros. Se sabe del uso extendido de curanderas que cobraban mucho menos que un médico bachiller universitario. Esto nos habla del acceso restringido a la medicina formal de aquella población y las formas de resistir los embates de los padecimientos. En algunos casos excepcionales, aprovechaban los servicios de sus cofradías que garantizaban cierta ayuda en caso de enfermedad, y por supuesto, un entierro cristiano digno en caso de muerte. Todo esto es relevante en el caso de Juana de la Cruz, que ante la enfermedad su ama le sugiere utilizar xoconostle. El testimonio de Juana de la Cruz señala:

[...] le preguntó doña Francisca su ama ¿qué tos era aquella?, y le respondió que era el mal que andaba, y le dijo que le untaran un xoconostle.⁹

Sin embargo, no existe más información en el documento sobre el uso medicinal de dicha cactácea. En ese sentido, falta explorar los remedios caseros como el uso del *xoconostle*, los cuales estaban vinculados a las redes de cuidado informal de mujeres.

7. La tuberculosis y la esclavitud

La tuberculosis (peste blanca o tisis) afecta sobre todo al pulmón. Algunos de los síntomas son cansancio muscular, tos intensa con o sin sangre y dolor torácico. En el siglo XVIII se propagó de forma rápida por los territorios ultramarinos. Una reciente investigación de arqueología

⁷ El pensamiento médico se basaba en la tradición Hipocrática-Galénica. La teoría humoral planteaba el desequilibrio de los cuatro humores: bilis negra, bilis amarilla, flema y sangre.

⁸ Archivo Histórico de Querétaro. Fondo Justicia. Siglo XVIII. [Demanda de esclava enferma de pulmonía, 1718]. No. 501. Caja 18. Exp. 30. Folio 11.

⁹ Archivo Histórico de Querétaro. Fondo Justicia. Siglo XVIII. [Demanda de esclava enferma de pulmonía, 1718]. No. 501. Caja 18. Exp. 30. Folio 11.

forense en Brasil, corroboró el alto porcentaje de esclavos contagiados por tuberculosis (Haag, 2011). Sin embargo, en el siglo XVIII se desconocían sus causas. Era usual quemar o enterrar las ropas y pertenencias de enfermos, así como desinfectar su habitación. Sin embargo, esas prácticas profilácticas no eran suficientes para frenar los contagios. En algunas colonias del Caribe se utilizaba de forma alternativa café, té, cacao y tabaco para combatirla (Pérez, et al., 2009). A finales del siglo XVIII, las personas adineradas se empezaron a trasladar al campo, con la finalidad de descansar y realizar sangrías, provocar vómito y purgas. Además, empezaron a utilizar bálsamos, expectorantes y opio. Es hasta el siglo XIX que se empieza a hablar de la naturaleza infecciosa de la enfermedad, y se instauran los sanatorios para tuberculosos.

8. Conclusión

Las características físicas de una mujer esclava, y en este caso la posesión de un cuerpo sano o enfermo, eran algunas de las condiciones que influían en el precio al cual se le podía vender. Por ello, muchas cartas de compra-venta registran a las esclavas con la frase “sin tacha ni defecto ni vicio público o privado” (Hernández, 2018). En el caso que nos ocupa, la enfermedad es una pérdida monetaria por partida doble. Al comprar un cuerpo enfermo y tener que curarlo. En otros casos, al tener que pagar un litigio judicial para que se les devolviera su dinero. Parece que los amos rehúyen de la obligación de auxiliar a sus esclavas en caso de enfermedad. Dicha obligación se expresa en las leyes hispánicas, aunque poco se respeta en la práctica (Lucena, 2000). En algunos casos, se daba carta de libertad a la esclava adulta mayor o discapacitada para deslindarse de su cuidado. En otros casos, se intentaba vender a los esclavos enfermos para también deslindarse. Ese parece ser el caso de Juana de la Cruz. Parece clara la intención de deslindarse de la esclava al ver que tiene una enfermedad grave que no le permite trabajar. Sin embargo, no se pudo determinar su enfermedad pues en ese momento no existían los conocimientos sobre la tisis y otras enfermedades. No se tiene más información sobre el caso de Juana de la Cruz. Pero es claro que su quebrantada salud ponía en peligro su vida.

En México, es necesario un mayor escrutinio desde la arqueología forense apoyándose en los nuevos

descubrimientos sobre el ADN, para conocer más sobre la población esclava y sus enfermedades. En ese sentido, la investigación sobre la salud y la esclavitud en la época novohispana queretana es una veta que se debe explorar. En este momento, disponemos de los litigios por redhibición en las estanterías del Archivo Histórico de Querétaro.

Por último, es imperativo realizar una relación entre las y los esclavos en los litigios por redhibición y los médicos bachilleres que las atendían. Es un trabajo complejo, pero que con la nueva tecnología y el empuje de la historia digital se puede lograr. Se tienen los legajos de los bachilleres esperando su escrutinio en el Archivo General de la Nación.

Resúmenes curriculares

Dra. Amanda Hernández-Pérez.

Socióloga e historiadora. Licenciada en Historia por la Universidad Autónoma de México (UNAM). Maestra y Doctora en Ciencias Sociales por la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Posdoctorado en la London School of Economics and Political Science (LSE). Profesora-investigadora de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Autónoma de Querétaro.

Dr. Jesús Gabriel Sánchez-Campa.

Neurocirujano e historiador. Licenciado en Historia y en Medicina por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Neurocirujano por la UNAM. Médico del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Profesor del Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, Gonzalo (1972) *La población negra en México. México*: Fondo de Cultura Económica.
- Araya, Alicia (2017) “La antigua e incurable enfermedad de María Josefa esclava. Aproximaciones para el estudio de la salud y la enfermedad de esclavas” en *Trashumantes, Revista Americana de Historia Social*. Vol. 10. pp. 172-190.
- Armas, Luz y Oliva Solís (2002) *Esclavos negros y mulatos en Querétaro, siglo XVIII. Antología docu-*

- mental*. Querétaro: Archivo Histórico del Estado de Querétaro.
- De la Serna, Juan (2012) “La justicia y los esclavos en la Nueva España del siglo XVIII” en *Revista Ulúa*. No. 19. pp. 101-119. Disponible en: <http://revistas.uv.mx/index.php/ulua/article/viewFile/1229/2253>
- Haag, Carlos (2011) “Huesos que hablan. Excavaciones realizadas en la zona portuaria de Río de Janeiro revelan un retrato poco conocido de la esclavitud” en *Revista Pesquisa Edición 190*. Recuperado 16 de junio de 2019, de <https://revistapesquisa.fapesp.br/es/2011/12/01/huesos-que-hablan/>
- Hernández, Amanda (2018) *Apuntes sobre la esclavitud femenina a través de la documentación notarial y judicial en Querétaro (1700-1706)*. México: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Lucena, Manuel (2000) *Leyes para esclavos. El ordenamiento jurídico sobre la condición, tratamiento, defensa y represión de los esclavos en las colonias de la América española*. Madrid: Ediciones Tavera. Disponible en: http://www.larramendi.es/i18n/catalogo_imagenes/imagen_id.cmd?idImagen=10003761
- Martínez, Luz (1996) *Presencia africana en México*. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Mendoza, Jesús (2004) “Negros y mulatos en Cadereyta. Siglos XVII, XVIII y XIX” en *Boletín del Archivo General de la Nación (AGN)*. Época 6, No. 6. pp. 143-170.
- Peláez, Piedad (2012) “El cuerpo, la salud y la enfermedad en los esclavos del Nuevo Reino de Granada: siglo XVIII” en *Revista Historia Crítica*. No. 46., enero-abril. pp. 154-177.
- Pérez, Patricia (2011) *Negros y castas de Querétaro (1726-1804)*. *La disputa por el espacio social con naturales y españoles*. México: El Colegio de México [Tesis Doctoral].
- Pérez Cruz, Hayvin, García Silveira, Eberto, Pérez Cruz, Nuvia, & Samper Noa, Juan A. (2009) “Historia de la lucha antituberculosa” en *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8 (2) Recuperado 16 de junio de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200003&lng=es&tlng=es
- Rodríguez, M. Luisa (2014) *Alumnos, bachilleres y licenciados: sus redes sociales (etapa barroca, 1622-1727)*. Serie Los Médicos en la Nueva España. México: Instituto de Investigaciones Sociales/Universidad Nacional Autónoma de México.
- Roselló, Estela (2017) *Enfermar y curar. Historias cotidianas de cuerpos e identidades femeninas en la Nueva España*. España: Universidad de Valencia.
- Treviño Carlos (2007) [coord.], *Historia de la Medicina en México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Velázquez, María (2006) *Mujeres de origen africano en la capital novohispana. Siglos XVII y XVIII*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia/ Programa Universitario de Estudios de Género.

Fuentes documentales

- Archivo General de la Nación. Fondo Universidad. Vol. 280. Exp. 55. Fols. 319-321v
- Archivo Histórico de Querétaro. Fondo Justicia. Siglo XVIII. (Demanda de esclava enferma de pulmonía, 1718). No. 501. Caja 18. Exp. 30. Folio 11.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

