

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

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

AÑO 29
ENERO-ABRIL 2021

82

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



Elaboración de un escabeche a base de carne del caracol dulce *Acicula pomacea flagellata* (Mesogastropoda: Ampullariidae), Tabasco, México

Rentabilidad de la producción de aguamiel en el sureste del estado de Coahuila, México: Un estudio de caso

Evaluación proximal y contenido de antioxidantes de una pasta tipo espagueti a partir de orujo de uva y amaranto

Ciudades turísticas, el agua y su demanda: Escenario al año 2030, Puerto Vallarta, México

Evaluación nutracéutica de un pan tipo coyota a partir de harinas de trigo, frijol y nopal con mermelada de hig

Aditivos y nutraceúticos en nutrición y sanidad de rumiantes

Identificación del polimorfismo en la MMP-7-181A>G en mujeres potosinas con neoplasia intraepitelial cervida

Efecto del consumo de maca, soya y linaza sobre los síntomas de menopausia

Medio ambiente e innovación en empresas de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, México

Vicente Rojo Almazán. *In memoriam*

Modelos de negocio innovadores con maíz nativo en México

Recursos y estrategias para el futuro profesional de la música a través del teclado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

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

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES, año 29, núm. 82, periodo enero-abril de 2021, es una publicación periódica, cuatrimestral, multidisciplinaria, editada y distribuida por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Tel./Fax. 449 910 74 00, ext. 34113, www.uaa.mx/investigacion/revista, revistaiyc@correo.uaa.mx. Editor responsable: Elizabeth Casillas Casillas. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2002-042412342500-102, ISSN: 1665-4412, Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2018-060115052000-203, e-ISSN: 2521-9758. Número de Certificado de Licitud de Título: 12284, Número de Certificado de Licitud de Contenido: 8497, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Diseñada e impresa en la sección de Procesos Gráficos de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México. Este número se terminó de imprimir el 31 de marzo de 2021 con un tiraje de 150 ejemplares.

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

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

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

ÍNDICES:

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

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

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

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

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

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias), periodica.unam.mx

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

BASES DE DATOS:

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

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

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

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

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



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

FOTOGRAFÍAS DE PORTADA:

Producto final (escabeche de *Pomacea flagellata*) • Orujo y pasta a partir de uva de la variedad Macabeo • Pan tipo coyota • Adición de taninos condensados a la dieta de ovinos • Se estudia el medio ambiente y la innovación en empresas de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí • Fotografía de maíz nativo de color del Estado de México • Maguey (*A. salmiana*) con cortes de algunas pencas externas • Período de estiaje en el río Mascota y río Ameca

DIRECTORIO

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González
Rector

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

MCO. Elizabeth Casillas Casillas
Directora General de Investigación y Posgrado

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

Jorge Martín Alférez Chávez
Decano del Centro de Ciencias Básicas

M. I. Felipe de Jesús Rizo Díaz
Decano del Centro de Ciencias de la Ingeniería

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

Dr. en C. T. C. Héctor Romero Posada Ávila
Decano del Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción

M. F. Virginia Guzmán Díaz de León
Decana del Centro de Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. en Dir. y M. K. T. Miguel Ángel Montalvo Vivanco
Decano del Centro de Ciencias Empresariales

Mtra. C. S. y H. María Zapopan Tejeda Caldera
Decana del Centro de Ciencias Sociales y Humanidades

M. en E. H. Ana Luisa Topete Ceballos
Decano del Centro de las Artes y la Cultura

CONSEJO EDITORIAL

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

COMITÉ EDITORIAL

- Dr. Jaime Raúl Bonilla Barbosa †
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
 - Dr. Juan Carlos A. Jáuregui Correa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO, MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
 - Dra. María J. Rodríguez-Shadow
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA, MÉXICO
DIRECCIÓN DE ETNOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA SOCIAL
 - Dr. Óscar Alejandro Viramontes Olivas
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, MÉXICO
FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN
 - Dr. Jorge X. Velasco Hernández
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, MÉXICO
INSTITUTO DE MATEMÁTICAS UNIDAD JURQUILLA
 - Dr. Josué Álvarez Borrego
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE
ENSENADA, B. C., MÉXICO
DIVISIÓN DE FÍSICA APLICADA
 - Dra. Elvira Martínez Salomón
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA INDÍGENA DE MÉXICO, MÉXICO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
- MCO. Elizabeth Casillas Casillas
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
Editor
 - Lic. Sandra Margarita Ruiz Guerra
Asistente
 - Lic. Mónica Ávalos Valladares
Corrector de estilo
 - Lic. César Enrique Martínez Martínez
Corrector de estilo idioma Inglés
 - SECCIÓN DE PROCESOS GRÁFICOS DEL DEPARTAMENTO EDITORIAL
Armado e impresión

CONTENIDO

INVESTIGACIÓN

Pág.

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

- **Elaboración de un escabeche a base de carne del caracol dulceacuícola *Pomacea flagellata* (Mesogastropoda: Ampullariidae), Tabasco, México** 5-14
*Preparation of marinade with *Pomacea flagellata* (Mesogastropoda: Ampullariidae) pickled snail meat from Tabasco, Mexico*

Edgar Estuardo Ramírez-Muñoz
Martha Isabel Centeno-Zúñiga
Heradía Pascual-Cornelio
Emilio Jesús Maldonado-Enríquez
Malaquías Hernández-Ortiz
Juan Guzmán-Ceferino
Martha Esther May-Gutiérrez
Carlos Alberto Cuenca-Soria

- **Evaluación proximal y contenido de antioxidantes de una pasta tipo espagueti a partir de orujo de uva y amaranto** 15-23
Proximal evaluation and antioxidant content of a spaghetti-like pasta from grape pomace and amaranth

Abizaday Rodríguez-Zúñiga
Ana Angélica Feregrino-Pérez
Manuel Juárez-García
Juan Fernando García-Trejo
José Mancillas-Medina
Martha Ávila-Ontiveros
Arelí Leyva-Maldonado
J. Francisco Ramírez-García

- **Evaluación nutracéutica de un pan tipo coyota a partir de harinas de trigo, frijol y nopal con mermelada de higo** 24-32
Nutraceutical evaluation of a coyota-type bread made from wheat flour, beans and nopal with fig jam

Santos Matías Solís-García
Sandra Olimpia Mendoza-Díaz
Manuel Juárez-García
José Mancillas-Medina
Martha Ávila-Ontiveros
Arelí Leyva-Maldonado
J. Francisco Ramírez-García

CIENCIAS DE LA SALUD

- **Identificación del polimorfismo en la MMP-7-181A>G en mujeres potosinas con neoplasia intraepitelial cervical** 33-41
Identification of MMP-7-181A>G polymorphism in potosine women with cervical intraepithelial neoplasia

Omar Medina-De la Cruz
Saúl E. Escoto-Chávez
Darío Gaytán-Hernández
Edgar Villegas-Hinojosa
Yolanda Terán-Figueroa
Verónica Gallegos-García

CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

- **Medio ambiente e innovación en empresas de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, México** 42-49
Environment and innovation in firms of Aguascalientes, Guanajuato, Queretaro and San Luis Potosi, Mexico

Roberto González-Acolt
Rubén Macías-Acosta
Luis Lenin Herrera-Díaz de León

CONTENIDO

	Pág.
<ul style="list-style-type: none">• Modelos de negocio innovadores con maíz nativo en México Innovative business models with native corn in Mexico	50-60
Bey Jamelyd López-Torres Roberto Rendón-Medel Tania Carolina Camacho-Villa Jonathan James Hellin Fernando Cervantes-Escoto	
<ul style="list-style-type: none">• Rentabilidad de la producción de aguamiel en el sureste del estado de Coahuila, México: Un estudio de caso Profitability of aguamiel production in the southeast of Coahuila state, Mexico: A case study	61-71
Diógenes Daniel Ávila-Lara Ángela Mariela González-Montemayor José de Jesús Espinoza-Arellano Adriana Carolina Flores-Gallegos Raúl Rodríguez-Herrera	
<ul style="list-style-type: none">• Ciudades turísticas, el agua y su demanda: Escenario al año 2030, Puerto Vallarta, México Tourist cities, water and its demand: Scenario to 2030, Puerto Vallarta, Mexico	72-85
Héctor Javier Rendón-Contreras Jorge Ignacio Chavoya-Gama Julio César Morales-Hernández Horacio Ramírez-Rodríguez	
REVISIÓN CIENTÍFICA	
<ul style="list-style-type: none">• Aditivos y nutraceúticos en nutrición y sanidad de rumiantes Additives and nutraceuticals in nutrition and sanitation of ruminants	86-95
María Esther Ortega-Cerrilla Ricardo Martínez-Martínez Ricardo Vicente-Pérez Enrique Octavio García-Flores Armando Gómez-Vázquez Perpetuo Álvarez-Vázquez	
<ul style="list-style-type: none">• Efecto del consumo de maca, soya y linaza sobre los síntomas de menopausia Effect of consumption of maca, soy and flaxseed on the symptoms of menopause	96-106
Mónica Guzmán-Margalli María Alejandra Rivas-Enríquez María Yolanda Cruz-Martínez	
OBITUARIO	
<ul style="list-style-type: none">• Vicente Rojo Almazán. In memoriam	107 -108
Mónica Susana De la Barrera-Medina	
RESEÑA	
<ul style="list-style-type: none">• Recursos y estrategias para el futuro profesional de la música a través del teclado	109-110
Griselda Baca-Rodríguez	

Elaboración de un escabeche a base de carne del caracol dulceacuícola *Pomacea flagellata* (Mesogastropoda: Ampullariidae), Tabasco, México

Preparation of marinade with *Pomacea flagellata* (Mesogastropoda: Ampullariidae) pickled snail meat from Tabasco, Mexico

Edgar Estuardo Ramírez-Muñoz*, Martha Isabel Centeno-Zúñiga*, Heradia Pascual-Cornelio*, Emilio Jesús Maldonado-Enríquez*, Malaquías Hernández-Ortiz*, Juan Guzmán-Ceferino**, Martha Esther May-Gutiérrez*, Carlos Alberto Cuenca-Soria*✉

Ramírez-Muñoz, E. E., Centeno-Zúñiga, M. I., Pascual-Cornelio, H., Maldonado-Enríquez, E. J., Hernández-Ortiz, M., Guzmán-Ceferino, J., ... & Cuenca-Soria, C. A. (2021). Elaboración de un escabeche a base de carne del caracol dulceacuícola *Pomacea flagellata* (Mesogastropoda: Ampullariidae), Tabasco, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 5-14.

RESUMEN

Los caracoles del género *Pomacea*, conocidos como caracoles de pantano, representan gran relevancia desde los puntos de vista ecológico, trófico y alimentario. El objetivo del presente trabajo fue elaborar un escabeche de caracol de río *Pomacea flagellata*, en Tabasco, México. Se realizaron análisis bromatológicos al escabeche de caracol, para conocer su composición química; microbiológicos, con fines de inocuidad, y sensoriales para dilucidar el grado de aceptabilidad por el consumidor. Se encontró que el escabeche a base de caracol *P. flagellata* presenta alta inocuidad (coliformes totales

y levaduras, 0 NMP g⁻¹ y 0 UFC g⁻¹, respectivamente). Los resultados confirman que la carne del caracol de pantano presenta niveles medios de proteína (11.3 ± 2.6%) y bajos niveles de grasas (4.5 ± 1.1%). En conclusión, fue posible obtener un escabeche de caracol *P. flagellata* de alto valor inocuo, nutricional y de aceptación por el consumidor.

ABSTRACT

Snails of the genus *Pomacea*, commonly known as swamp snails, are of great relevance from an ecological, trophic, and nutritional point of view. The objective of this research was to prepare pickled snail marinade using *Pomacea flagellata* meat from Tabasco, Mexico. Bromatological analyses were conducted to know the escabeche's chemical composition, as well as microbiological analyses for safety purposes and sensory tests to clarify consumer acceptability. The *P. flagellata* snail-based marinade was found to be highly safe (total coliform and yeast, 0 NMP g⁻¹ and 0 UFC g⁻¹, respectively). Results confirm that swamp snail meat has average levels of protein (11.3 ± 2.6%) and low-fat levels (4.5 ± 1.1%). In conclusion, the marinade made from pickled *P. flagellata* snail had a high degree of safety and nutritional value and was greatly accepted by consumers.

Palabras clave: escabeche; caracol; *Pomacea*; *flagellata*; Tabasco; México.

Keywords: snail; marinade; *Pomacea*; *flagellata*; Tabasco; Mexico.

Recibido: 5 de mayo de 2020, Aceptado: 12 de febrero de 2021

* División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Tenosique-Estapilla km 1, Colonia Solidaridad, C. P. 86901, Tenosique, Tabasco, México. Correo electrónico: edgarestuardorm@gmail.com; martha.centeno@ujat.mx; heradia@hotmail.com; emilio.maldonado@ujat.mx; malaquias.hernandez@ujat.mx; martha.may@ujat.mx; cccp0900@hotmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1610-6814>; <http://orcid.org/0000-0002-3119-1482>; <http://orcid.org/0000-0003-1624-0685>; <http://orcid.org/0000-0002-3640-4811>; <http://orcid.org/0000-0001-6462-9332>; <http://orcid.org/0000-0002-3128-4304>; <http://orcid.org/0000-0001-7954-9845>

** División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa km 25+2, Villahermosa Centro, C. P. 86298, Tabasco, México. Correo electrónico: juan.guzman@ujat.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7006-9527>

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

Hoy día, a pesar de la alta biodiversidad de especies animales y vegetales en el sureste de México, son comunes las deficiencias nutrimentales en sus comunidades rurales. Lo anterior se asocia al bajo poder adquisitivo de las familias para

abastecerse de alimentos con alto contenido nutrimental que comúnmente acusan altos costos en el mercado local. Es necesario buscar alternativas de aprovechamiento de los múltiples recursos alimentarios que ofrece la región. Por otro lado, la disponibilidad de fuentes proteínicas no convencionales para el consumo humano en zonas del trópico-húmedo del sureste mexicano es vasta (Cuenca Soria et al., 2013; Frías-Quintana, Álvarez-González, & Márquez-Couturier, 2010). Para ello México cuenta con una gran extensión de ríos con alta biodiversidad faunística, donde sobresalen los crustáceos (Álvarez et al., 2014; Villalobos-Hiriart, Cantú, & Lira-Fernández., 1993), peces (Castillo-Domínguez et al., 2015; Chávez-Lomelí, Mattheeuws, & Vega, 1989) y moluscos (Naranjo-García, 2003; Vázquez-Silva, Castro-Barrera, Castro-Mejía, & Mendoza-Martínez, 2011).

El caracol tote *Pomacea flagellata* se encuentra en ecosistemas lacustres del sureste de México y cuyas propiedades constituyen un alto valor nutrimental para el consumo humano. Es el caracol de agua dulce más grande del mundo, pudiendo llegar a alcanzar los 15 cm de longitud en estado adulto. Se colecta en las aguas dulces tropicales de Mesoamérica para consumo de las comunidades ribereñas del sureste mexicano (Iriarte-Rodríguez & Mendoza-Carranza, 2007), donde sus altos índices de eclosión (90%), múltiples desoves, desarrollo directo, rápido crecimiento y capacidad de adaptación (Granados, 1996), hacen de él una especie con amplio potencial de cultivo desde un punto de vista comercial con fines de consumo humano.

Es una especie herbívora muy voraz que se alimenta de numerosas especies de plantas acuáticas de fácil digestión (Rodríguez Carrera, Sorolla Barber, Nuñez Seoane, García Floria, & Hernández Casorrán, 2014). La hipótesis que se plantea es que dadas sus posibles bondades nutrimentales en conjunto con su presentación en escabeche como valor agregado, el caracol *P. flagellata* constituye una alternativa alimentaria en México; por lo que el objetivo de la presente investigación fue elaborar un escabeche a base de caracol *P. flagellata*; así como dilucidar sus propiedades nutrimentales, de inocuidad y grado de aceptación por el consumidor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares adultos de *P. flagellata* ($n=100$) fueron colectados en la laguna Playa Larga (17.936667° y -19.809444°, latitud y longitud decimales, respectivamente) del municipio de Jonuta, Tabasco, México. La colecta se realizó en la temporada de estiaje, cuando el nivel del agua es somero.

Preparación del escabeche

Los caracoles fueron lavados con abundante agua de la llave, sacrificados por shock térmico, colocándolos en agua a 80 °C durante 15 min. Los caracoles fueron desconchados, eviscerados, lavados y puestos a cocción a 100 °C durante 120 min para el ablandamiento de la carne (figura 1). Los caracoles, junto con la cebolla, pimienta entera y los ajos, se dejaron a fuego medio en 350 ml de vinagre por 5 min. Se agregaron los nopales, la zanahoria, los chiles y los demás aditivos previamente limpiados y cortados, más 150 ml de aceite de oliva. La mezcla fue puesta a cocción por 15 min a fuego medio. Finalmente, se colocaron hojas de laurel a la mezcla con los caracoles previamente cocinados. El producto final (figura 3), se dejó reposando en condiciones de refrigeración.



Figura 1. Carne de caracol para la elaboración de escabeche de *P. flagellata*.

Fotografía de Edgar Estuardo Ramírez- Muñoz.

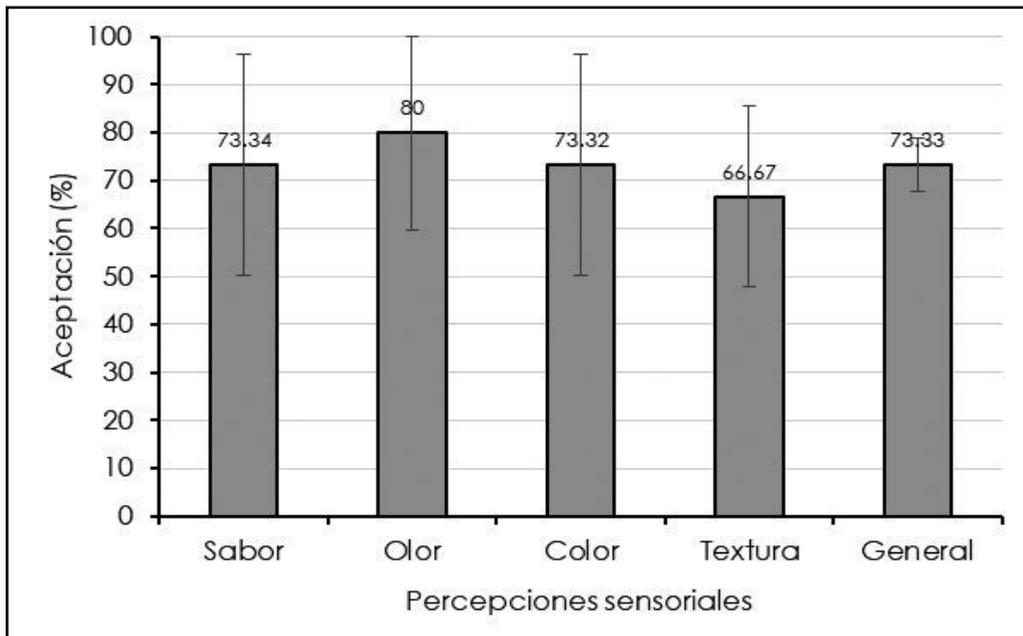


Figura 2. Nivel de aceptación por el consumidor del escabeche de caracol *Pomacea flagellata*. Elaboración propia.

Análisis bromatológicos

Los análisis bromatológicos fueron llevados a cabo según Yanes (1985). El contenido de humedad fue determinado como sigue. En un horno marca Binder se obtuvo el peso constante de crisoles (uno por muestra, y por duplicado) a 105 °C por 24 h. Los crisoles con 10 g de muestra, se pesaron en una balanza analítica marca Ohaus-Pionner con resolución 0.00001g, y se colocaron en el horno a 105 °C por 4 h. Una vez enfriados los crisoles con las muestras, fueron nuevamente pesados para obtener el peso final. La humedad según la fórmula:

$$\%H = \frac{(M1-M2)}{(M1-M0)} \times 100$$

donde: %H= Porcentaje de humedad de la muestra, M0= Peso constante del crisol sin la muestra (g), M1= Peso de la muestra antes del secado (g) y M2= Peso de la muestra después del secado (g). El análisis de ceniza se procedió precalcinando las muestras para el análisis de humedad, sobre una placa de calentamiento. Posteriormente los crisoles

fueron expuestos a 500 °C por 4 h. Para determinar el contenido de ceniza, se empleó la fórmula que sigue:

$$\%CT = \frac{(MCYC - MCV)}{(MCYMS - MCV)} * 100$$

donde: %CT= Contenido de ceniza (%), MCV= Masa del crisol vacío (g), MCYMS= Masa del crisol y la muestra seca (g), MCYC= Masa del crisol y la muestra calcinada (g).

Para el análisis de proteína, se siguió el método de Kjeldahl, digiriendo 0.1 g de muestras por separado en presencia de ácido sulfúrico concentrado (15 ml), pastilla catalítica y una perla de cristal; en tubos para digestión marca Labconco de 250 ml, dentro de un módulo de calentamiento de cerámica de 12 unidades (Labconco, Rapid digester) durante 1 h. Se añadieron 100 ml de ácido bórico al 2% e hidróxido de sodio a 50%, con solución indicadora de azul de metileno-rojo de metilo, para ser puestas a destilar en una unidad de destilación Rapid Still II (Labconco, módulo semiautomático). Las muestras fueron

puestas a titular con ácido clorhídrico al 0.02 N. Los cálculos de nitrógeno proteínico fueron realizados de acuerdo con la fórmula:

$$\%N = (6.25) * \frac{(Vn-Vb)(N)(meq)}{(Pmuestra)} * (100)$$

donde: %N= Nitrógeno proteico, Vn= Volumen de HCl gastado en la muestra (ml), Vb= Volumen de HCl gastado en el blanco (ml), N= Normalidad del HCl, Meq= Miliequivalentes gramo del nitrógeno, Pmuestra= Peso de la muestra (mg). El factor de corrección para carne y derivados, así como para vegetales, igual a 6.25 (AOAC, 2000). Finalmente, el contenido de grasa se evaluó primero llevando a peso constante el matraz marca Soxhlet (por muestra) a 105 °C segregándolas por reflujo, con éter de petróleo como disolvente, mediante un sistema de tubos refrigerantes. Las muestras fueron lavadas en el sistema por 4 h. Una vez evaporado el éter a 105 °C se estimaron los porcentajes de inclusión de lípidos mediante la fórmula:

$$\%G = \frac{MG}{MT} \times 100$$

donde: MG= Gramos de grasa y MT= Gramos de muestra.

Análisis microbiológicos

La determinación de coliformes totales, se llevó a cabo de acuerdo a la NOM-113-SSA1-1994 (SSA, 1995) para determinación de coliformes totales, en productos alimenticios. Las muestras fueron homogeneizadas en 90 ml de solución diluyente de agua peptonada, a partir de la cual se obtuvieron diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} , de las cuales se tomó 1 ml para inocular por triplicado en 9 ml de Caldo Lauril Triptosa en tubos de ensaye con tubos marca Durham. Las mezclas se incubaron a 35 °C por 24 h, de donde las muestras con presencia de gas y turbiedad se consideraron positivas. La prueba confirmativa consistió en inocular por separado 1 ml de muestras con crecimiento positivo en tubos con 9 ml de caldo Lactosa Bilis Verde Brillante y la inclusión de una campana de Durham invertida para incubarse a 35 °C por 24 h. Las muestras que no observaron presencia de gas y turbidez fueron de

nuevamente incubadas en las mismas condiciones. La prueba concluyó pasadas 48 h, considerando crecimiento positivo aquellas muestras con presencia de gas y turbidez.

Los mohos y levaduras se determinaron de acuerdo con la NOM-110-SSA1-1994 (SSA, 1995), donde se describe el proceso para la determinación de mohos y levaduras en alimentos. A 1 ml de muestra líquida directa se añaden 15 ml de agar papa dextrosa acidificado a 45 °C en baño de agua. Las muestras en cajas de Petri (incluyendo las diluciones), fueron agitadas de forma circular cuidadosamente, en el sentido de las manecillas del reloj hasta solidificarse. Por último, las cajas de Petri con las muestras fueron incubadas a 25 °C entre tres y cinco días. Después de cinco días, se seleccionaron las placas que tenían entre 10 y 150 colonias y fueron consideradas de crecimiento positivo.

Análisis sensoriales

Se realizaron las pruebas sensoriales (olor, sabor, color y textura), del escabeche de caracol *P. flagellata*, para dilucidar el grado de aceptabilidad por el consumidor. Para ello, se empleó la escala hedónica de 9 puntos (Drake, Lopetcharat, & Drake, 2009).

RESULTADOS

Análisis bromatológicos

Los análisis químicos proximales del escabeche de caracol *P. flagellata*, se muestran en la tabla 1. Es posible apreciar un contenido de humedad de $74.0 \pm 3.2\%$, ceniza de $3.3 \pm 0.8\%$, proteína de $11.3 \pm 2.6\%$ y lípidos de $4.5 \pm 1.1\%$. Asimismo, es posible observar la composición química proximal de la carne de *P. flagellata*, en la columna izquierda de la tabla 1, donde destaca un $88.6\% \pm 2.8\%$ de proteína.

Análisis microbiológicos

Con lo que respecta a los estudios microbiológicos, el escabeche de caracol *P. flagellata* mostró alto grado de inocuidad, ya que como se muestra en la tabla 2 se obtuvieron 0 UFC g^{-1} y 0 NMP g^{-1} para levaduras y coliformes totales, de modo respectivo. En adición, las pruebas arrojaron 0 UFC g^{-1} para mohos.

Tabla 1

Composición proximal del escabeche de caracol Pomacea flagellata

Análisis químico proximal	Contenido (g) por cada 100 g de muestra	
	Carne de <i>P. flagellata</i>	Escabeche de <i>P. flagellata</i>
Humedad	88.6 ± 2.8	74.0 ± 3.2
Ceniza	8.9 ± 0.6	3.3 ± 0.8
Proteína	72.7 ± 1.8	11.3 ± 2.6
Grasa	1.8 ± 0.2	4.5 ± 1.1

Nota: Elaboración propia.

Tabla 2

Análisis microbiológicos de escabeche del caracol Pomacea flagellata

Análisis microbiológicos	Valores UFC-NMP g ⁻¹ de muestra
Mohos	0 UFC g ⁻¹
Levaduras	0 UFC g ⁻¹
Coliformes totales	0 NMP g ⁻¹

Nota: UFC= Unidades formadoras de colonias. NMP= Número más probable de bacterias.
Elaboración propia.

Análisis sensorial

Los niveles de aceptación del escabeche de caracol *P. flagellata*, reflejadas en las cuatro categorías de prueba (sabor, olor, color y textura), se pueden mostrar en la figura 2. El nivel de aceptación promedio de los panelistas en cuanto al sabor, olor, color y textura del escabeche, fue de 73.3 ± 22.9 , 80.0 ± 20.2 , 73.3 ± 22.9 y $66.7 \pm 18.8\%$, y una aceptación general del $73.3 \pm 5.4\%$, respectivamente.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible observar que el contenido de proteína del escabeche de *P. flagellata* ($11.25 \pm 2.6\%$), es mayor a los escabeches convencionales, cuyo contenido proteico oscila entre 1 y 2%. Sin embargo, en un estudio para determinar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del caracol en salmuera enlatado *Pomacea maculata*, López-Vázquez (2001) reveló un contenido proteínico de 22.07%. Aunque los niveles de proteína entre una y otra



Figura 3. Producto final (escabeche de *Pomacea flagellata*).
Fotografía de Edgar Estuardo Ramírez- Muñoz.

presentación son el doble, la carne de caracol enlatado se presenta como de origen animal y no mixto (caracol y vegetales), como en la presente investigación; lo que puede explicar las diferencias de contenido proteínico y el pobre aporte proteínico de los ingredientes vegetales.

Paralelamente, el del escabeche de *P. flagellata* como producto alimenticio propuesto en el presente trabajo cae dentro del rango de valores proteínicos de carne de caracoles africanos reportados por Babalola & Akinsoyinu (2009), los cuales estuvieron entre 5.86 y 19.53% de proteína. Los grupos estudiados por los autores mencionados fueron de los géneros *Archachatina* y *Achatina*.

El contenido de grasa para el escabeche de *P. flagellata* de $4.5 \pm 1.1\%$ es similar al de un escabeche de vegetales convencional. Asimismo, es similar incluso al que reportan Narku Engmann, Akowuah Afoakwah, Owusu Darko y Sefah (2013), para el caracol gigante africano *Achatina achatina* de $3.98 \pm 0.11\%$, así como aproximado al nivel de grasa obtenido por López-Vásquez (2001) para el caracol *P. maculata* en salmuera de 2.04%.

Cabe resaltar la mayor riqueza nutrimental de un escabeche de caracol, respecto del contenido bromatológico de los productos pesqueros conservados en salmuera, debido al aporte adicional de vitaminas y minerales de los ingredientes vegetales del primero. Por otro lado, aunque no existe una norma dentro de las normas oficiales mexicanas (NOM) que especifique los valores máximos y mínimos en cuanto al contenido bromatológico de alimentos no convencionales, es posible considerar de mayor calidad nutrimental el escabeche de *P. flagellata*, que el de un escabeche común debido al aporte proteínico del caracol.

En la tabla 3 se muestra un análisis comparativo de los contenidos nutrimentales de *P. flagellata*, respecto de otras especies de caracol de agua dulce; donde es posible resaltar el hecho de que *P. flagellata* muestra el mayor aporte proteínico, del total de especies de caracoles dulceacuícolas y terrestres mostrados, como se encuentra en Baby, Hasan, Kabir y Naser (2010), Cagiltay, Erkan, Tosun y Selcuk (2011), Eneji, Ogogo, Emmanuel-Ikpeme y Okon (2008) y Obande, Omeji e Isiguzo (2013), citados por Ghosh et al. (2016). Como se puede

Tabla 3

Análisis comparativo del contenido nutrimental de *Pomacea flagellata* y otras especies de caracol de agua dulce

Especie	H (%)	PC (%)	GC (%)	Ce (%)	Referencias
<i>Pomacea maculata</i>	63.8	22.1	2.0	ND	López-Vásquez (2001)
<i>Lanistes varicus</i>	75.8	70.0	1.8	8	Eneji et al. (2008)*
<i>Nucella lapillus**</i>	73.7	82.3	8.5	8	Eneji et al. (2008)*
<i>Pila globosa</i>	85.5	57.0	5.0	17.9	Baby et al. (2010)*
<i>Bellamya bengalensis</i>	82.1	50.1	5.5	20.3	Baby et al. (2010)*
<i>Melania tuberculata</i>	74.6	48.7	7.1	14.5	Baby et al. (2010)*
<i>Anisus convexiusculus</i>	75.7	53.2	4	18.9	Baby et al. (2010)*
<i>Helix aspera***</i>	82.5	73.5	3.3	6.1	Cagiltay et al. (2011)*
<i>Pila ampullacea</i>	76.3	45.1	0.3	23.4	Obande et al. (2013)*
<i>Pomacea flagellata</i>	88.6	72.7	1.8	8.9	Presente trabajo

Nota: H, PC, GC y Ce= Humedad, proteína cruda, grasa cruda y ceniza, respectivamente; expresadas en g/100 g.

ND: No determinada.

*Citados por Ghosh et al. (2016).

Caracol de origen marino, * Caracol de origen terrestre

Elaboración propia.

apreciar en la tabla, solamente es superado por el caracol marino *Nucella lapillus* y por el terrestre *Helix aspera*, que también lo rebasan en contenido graso.

El grupo de bacterias coliformes es el más ampliamente utilizado en la microbiología de los alimentos, como indicador de prácticas higiénicas inadecuadas, y como indicador de contaminación biológica en agua y alimentos. De acuerdo con el presente estudio, el escabeche de *P. flagellata* se encuentra dentro de los límites permisibles por la NOM-242-SSA1-2009 (SSA, 2011), que establece un valor máximo de 230 NMP/100 g, en lo referente a bacterias coliformes fecales y/o *Escherichia coli*, para productos de la pesca con fines de consumo humano; específicamente para carne de moluscos gasterópodos.

La inocuidad del escabeche del caracol tote a este respecto está plenamente garantizada, ya que los ensayos de la presente investigación reportaron un valor NMP de 0.0/100 g en carne de caracol. Tal propiedad de inocuidad puede ser atribuible a la presencia de ácido acético (vinagre) en el escabeche de caracol, cuya acidez disminuye de modo significativo el crecimiento de bacterias coliformes en los alimentos, cuya exposición al medio ambiente (tierra, aire, agua, insectos, entre otros) y su tolerancia a alimentos depende de la naturaleza del producto alimenticio (Durán-Mendoza et al., 2018). De igual manera, López-Vásquez (2001) reportaron total inocuidad del caracol *P. maculata* en salmuera, que se encuentra en el escabeche de caracol, un producto alimenticio microbiológicamente apto para el consumo humano.

En otro sentido, los mohos y levaduras están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Se pueden encontrar en la flora normal de un alimento o como agentes contaminantes y en los equipos sanitizados inadecuadamente; lo que provoca su deterioro fisicoquímico debido a la utilización en su metabolismo de los carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos, lo que origina mal olor, altera el sabor y el color en la superficie de los productos contaminados. Es de gran importancia cuantificar los mohos y levaduras en los alimentos, ya que permite establecer un indicador de las prácticas sanitarias durante la producción y el almacenamiento de los productos, así como el uso de materia prima (Camacho et al., 2009).

Fue posible verificar el nulo crecimiento de levaduras en el escabeche de *P. flagellata*. En la presente investigación el crecimiento de mohos fue nulo. No obstante, aunque la NOM-130-SSA1-1995 (SSA, 1997) y la NOM-242-SSA1-2009 (SSA, 2011) no establecen un valor explícito de máximo valor permisible para mohos y levaduras en productos pesqueros; específicamente para carne de moluscos gasterópodos, el escabeche de *P. flagellata* resultó ser inocuo en este sentido. Se sabe que a la mayoría de las especies de moho se les puede considerar mesófilos, ya que la temperatura óptima de la mayoría de mohos se encuentra entre 25 y 30 °C (Camacho et al., 2009) y, por ende, la temperatura de cocción (100 °C) de la carne de caracol de pantano, durante el proceso de elaboración del escabeche, inhibe su crecimiento.

La evaluación sensorial es la medición de la percepción humana y su efecto sobre la aceptación de los alimentos, especialmente a través del sabor, aroma y textura (Stone & Sidel, 2004). Los distintos niveles de aceptación calificadas por el consumidor, mediante las categorías en las pruebas de sensibilidad (sabor, olor, color y textura), del escabeche final (figura 3); se consideraron de acuerdo con las categorías de la escala hedónica verbal de nueve puntos de Drake et al. (2009). Los resultados en este tenor muestran que en general resultó aceptable para el consumidor, lo que lo hace una potencial fuente de alimentación para el consumo humano. Adicionalmente, como señalan Iriarte-Rodríguez y Mendoza-Carranza (2007) el cultivo de caracol *P. flagellata* resulta factible desde un punto de vista económico, ya que al dilucidar el efecto de tres dietas para engorda de *P. flagellata* obtuvieron una relación costo-beneficio de 0.13 y 0.12, tras llevar a talla comercial a los caracoles con alimento para tilapia y pollo, respectivamente.

Llama la atención la alta similitud entre uno y otro, a pesar de que los precios del kilogramo de alimento para pollo son menores que los de tilapia (costos \$15.00, \$12.00, respectivamente), debida al menor contenido proteínico del alimento para pollo. Tales relaciones costo-beneficio se obtuvieron de acuerdo con la dinámica de mercado del municipio de Centro, que incluye a la capital de Tabasco, Villahermosa. Incluso ambas relaciones costo-beneficio muestran la alta factibilidad del cultivo de caracol *P. flagellata*, como fuente confiable de

materia prima para el escabeche, con alto valor agregado para el consumidor.

Dada la serie de ventajas del escabeche obtenido en la presente investigación, es posible continuar con los estudios encaminados al cultivo de esta especie, con fines de consumo humano. En términos de número de especies, los gasterópodos representan el grupo más amplio de clases en el reino animal (Ghosh, Jung, & Meyer-Rochow, 2016). La utilización de caracoles de agua dulce con fines de consumo humano, es una práctica en ciertas regiones de México (Flores-Garza et al., 2012), Taiwan (Baby et al., 2010) y Tailandia (Keawjam, 1986). Con respecto a los caracoles terrestres, es común el consumo del caracol cultivado del género *Helix* en España y del caracol escargot en Francia; y en grado *no convencional* en Nigeria (Ghosh et al., 2016). En otras regiones de África, la carne de caracol es considerada un platillo de alta cocina (Fagbuaro, Oso, Edward, & Ogunleye, 2006).

Adicionalmente, los caracoles dulceacuícolas pueden aportar un alto contenido proteínico a la dieta, especialmente en centros de población de bajos ingresos, como el caracol gigante *Achatina achatina* del África Occidental que, de acuerdo con Narku Engmann et al. (2013), puede llegar a aportar hasta 82.96% de proteína, lo que hace a los caracoles un excelente producto alimenticio alternativo y contribuye a la seguridad alimentaria mundial, lo cual constituye un derecho humano básico y uno de los principales retos de cualquier país es garantizarla (Ghosh et al., 2016).

Es posible sentar las bases científicas, técnicas y de factibilidad para considerar el escabeche de caracol *P. flagellata* como un producto de amplias expectativas que, por un lado, puede contribuir a un alto aporte nutrimental para las comunidades rurales de Tabasco y del sureste de México en general y, por el otro, como un producto de alta cocina dirigido al turismo nacional e internacional, del cual las comunidades rurales pudieran obtener el máximo provecho. El escabeche de *P. flagellata*, puede constituir un aporte adicional a la amplia diversidad culinaria del sureste de México, y una alternativa más para el amplio espectro gastronómico de México.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de la presente investigación, se acepta la hipótesis de trabajo, dado que fue posible obtener un escabeche de caracol *P. flagellata* con alto valor nutricional, inocuidad, factibilidad y alta aceptación del consumidor, por lo cual podría ser una excelente alternativa alimentaria, con fines de consumo humano. Es posible brindar un valor agregado y, por tanto, un potencial valor comercial al caracol de pantano en estudio. No obstante, es menester continuar con los estudios de factibilidad, con fines de comercialización del escabeche del caracol tote *P. flagellata*. Finalmente, es posible contribuir con la vasta variedad de platillos de la gastronomía mexicana, país reconocido a nivel mundial por su amplia variedad en este rubro.

Agradecimientos

El autor desea extender su pleno agradecimiento a la Ing. Fany Peralta González por el apoyo en la realización de los estudios bromatológicos, así como al Ing. Francisco Flores Rodríguez por sus asesorías concernientes a los estudios microbiológicos.

REFERENCIAS

- Association of Analytical Communities. (2000). *International: Official Methods of Analysis* (17th. ed.). Gaithersburg, US: AOAC.
- Álvarez, F., Villalobos, J. L., Hendrickx, M. E., Escobar-Briones, E., Rodríguez-Almaraz, G., & Campos, E. (2014). Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, S208-S219. doi: 10.7550/rmb.38758
- Babalola, O. O., & Akinsoyinu, A. O. (2009). Proximate composition and mineral profile of snail meat from different breeds of land snail in Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(12), 1842-1844.
- Baby, R. L., Hasan, I., Kabir, K. A., & Naser, M. N. (2010). Nutrient analysis of some commercially important molluscs of Bangladesh. *Journal of Scientific Research*, 2(2), 390-396.
- Çağıltay, F., Erkan, N., Tosun, D., & Selçuk, A. (2011). Amino acid, fatty acid, vitamin and mineral contents of the edible garden snail (*Helix aspersa*). *Journal of Fisheries Sciences*, 5(4), 354-363.
- Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos* (2^a. ed.). México: UNAM. Recuperado de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Cuenta-mohos-levaduras_6530.pdf.
- Castillo-Domínguez, A., Melgar-Valdes, C. E., Barba Macías, E., Rodiles-Hernández, R., Navarrete, A. J., Perera García, M. A., ...Hernández-Gómez, R. E. (2015). Composición y diversidad de peces del río San Pedro, Balancán, Tabasco, México. *Hidrobiológica*, 25(2), 285-292.
- Chávez-Lomelí, M. O., Mattheeuws, A. E., & Pérez Vega, M. H. (1989). *Biología de los peces del Río San Pedro en vista de determinar su potencial para la piscicultura*. México: INIREB-FUCID.
- Cuenca-Soria, C. A., Álvarez-González, C. A., Ortiz-Galindo, J. L., Guerrero-Zárate, R., Perera-García, M. A., Hernández-Gómez, R. E., & Nolasco-Soria, H. (2013). Digestibilidad in vitro de ingredientes proteínicos en la mojarra castarica *Cichlasoma urophthalmus*. *Universidad y Ciencia (Ecosistemas y Recursos Agropecuarios)*, 29(3), 263-275.
- Drake, S. L., Lopetcharat, K., & Drake, M. A. (2009). Comparison of two methods to explore consumer preferences for cottage cheese. *Journal of Dairy Science*, 92(12), 5883-5897. doi: 10.3168/jds.2009-2389
- Durán-Mendoza, T., González-Pérez, M., de la Cruz-Leyva, C., González-de la Cruz, J., Cuenca-Soria, C. A., Guzmán-Ceferino, J., ... Pérez-Sánchez, C. C. (2018). Análisis del efecto de la adición de fibra cítrica del bagazo de la naranja en las propiedades nutrimentales y sensoriales de un embutido y determinación de la calidad microbiológica. *European Scientific Journal*, 14(18), 14-24. doi: 10.19044/esj.2018.v14n18p14
- Eneji, C. A., Ogogo, A. U., Emmanuel-Ikpeme, C. A., & Okon, O. E. (2008). Nutritional assessment of some nigerian land and water snail species. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 1, 56-60.
- Fagburo, O., Oso, J. A., Edward, J. B., & Ogunleye, R. F. (2006). Nutritional status of four species of giant land snails in Nigeria. *Journal of Zhejiang University Science-B*, 7(9), 686-689. doi: 10.1631/jzus.2006.B0686
- Flores-Garza, R., Garcia-Ibáñez, S., Flores-Rodríguez, P., Torreblanca-Ramírez, C., Galeana-Rebolledo, L., Valdés-González, A., ... Violante-González, J. (2012). Commercially important marine mollusks for human consumption in Acapulco, México. *Natural Resources*, 3(1), 11-17. doi: 10.4236/nr.2012.31003
- Frías-Quintana, C. A., Álvarez-González, C. A., & Márquez-Couturier, G. (2010). Diseño de microdietas para el larvicultivo de pejelagarto *Atractosteus tropicus*, Gill 1863. *Universidad y Ciencia (Ecosistemas y Recursos Agropecuarios)*, 26(3), 265-282.
- Ghosh, S., Jung, C., & Meyer-Rochow, V. B. (2016). Snail farming: An Indian perspective of a potential tool for food security. *Annals of Aquaculture and Research*, 3(3), 1024.
- Granados, C. (1996). La cría de caracol chino (*Pomacea* sp.) en la ciudadela Guillermo Ungo, El Salvador. *Libro de Acuicultura en Latinoamérica*(pp. 190- 231). IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura, Universidad Católica del Norte, Chile.
- Iriarte-Rodríguez, F. V., & Mendoza-Carranza, M. (2007). Validación del cultivo semiintensivo del caracol tote (*Pomacea flagellata*), en el trópico húmedo. *Revista Aquatic*, 27, 16-30.
- Keawjam, R. S. (1986). The apple snails in Thailand: distribution, habitat and shell morphology. *Malacological Review*, 19(1-2), 61-82.
- López-Vásquez, R. (2001). *Enlatado de caracol acuático amazónico Pomacea maculata "churo", en salmuera*. Perú: Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/56>
- Naranjo-García, E. (2003). Moluscos continentales de México: Dulceacuícolas. *Revista Biología Tropical*, 51(Suppl. 3), 495-505.

- Narku Engmann, F., Akowuah Afoakwah, N., Owusu Darko, P., & Sefah, W. (2013). Proximate and mineral composition of snail (*Achatina achatina*) meat; any nutritional justification for acclaimed health benefits? *Journal of Basic and Applied Science Research*, 3(4), 8-15.
- Secretaría de Salud. (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Bienes y servicios. *Diario Oficial de la Federación*, 16 de octubre de 1995.
- _____ (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. *Diario Oficial de la Federación*, 25 de agosto de 1995.
- _____ (1997). Norma Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995. Especificaciones sanitarias para alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. *Diario Oficial de la Federación*, 21 de noviembre de 1997.
- _____ (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009. Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. *Diario Oficial de la Federación*, 10 de febrero de 2011.
- Obande, R., Omeji, S., & Isiguzo, I. (2013). Proximate composition and mineral content of the fresh water snail (*Pila ampullacea*) from river Benue, Nigeria. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 2, 43-46. doi: 10.9790/2402-0264346
- Rodríguez Carrera, E., Sorolla Barber, A., Nuñez Seoane, E., García Flórida, M. C., & Hernández Casorrán, S. (2014). *El caracol manzana: Pomacea maculata y Pomacea Canaliculata. Informaciones Técnicas* (2/2014). Zaragoza, España: Centro de Sanidad y Certificación.
- Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). *Sensory evaluation practices*. USA: Academic Press.
- Vázquez-Silva, G., Castro-Barrera, T., Castro-Mejía, J., & Mendoza-Martínez, G. D. (2011). Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. *Contacto*, 81, 28-33. Recuperado de <https://studylib.es/doc/7005204/los-caracoles-del-g%C3%A9nero-pomacea--perry--1810--y-su>
- Villalobos-Hiriart, J. L., Cantú, A., & Lira-Fernández, E. (1993). Los crustáceos de agua dulce de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 44, 267-290.
- Yanes, M. (1985). *Manual de procedimientos químicos analíticos, Ciencias Agropecuarias*. México: Centro de Investigaciones y Enseñanza en Ecosistemas Tropicales.

Evaluación proximal y contenido de antioxidantes de una pasta tipo espagueti a partir de orujo de uva y amaranto

Proximal evaluation and antioxidant content of a spaghetti-like pasta from grape pomace and amaranth

Abizaday Rodríguez-Zúñiga*, Ana Angélica Feregrino-Pérez**, Manuel Juárez-García***✉, Juan Fernando García-Trejo**, José Mancillas-Medina**, Martha Ávila-Ontiveros**, Areli Leyva-Maldonado**, J. Francisco Ramírez-García***

Rodríguez-Zúñiga, A., Feregrino-Pérez, A. A., Juárez-García, M., García-Trejo, J. F., Mancillas-Medina, J., Ávila-Ontiveros, M., ... Ramírez-García, J. F. (2021). Evaluación proximal y contenido de antioxidantes de una pasta tipo espagueti a partir de orujo de uva y amaranto. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 15-23.

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolló una pasta a partir de harina de orujo y amaranto, la cual se obtuvo de acuerdo con la metodología de Morato (2009), se mezcló con amaranto en diferentes concentraciones para generar tres formulaciones (50:50, 55:45, 60:40) denominadas M1, M2 y M3. La M3 (Experimental) fue la que presentó los niveles más altos en contenido de proteínas, grasas, azúcares, fibra y antioxidantes al compararla con una pasta comercial

(Yemina®) tipo espagueti. Los principales resultados fueron un alto contenido en proteína y fibra (17.56 y 37.16 g/100 g), respectivamente. En el caso de los fenoles, flavonoides y taninos fueron superiores hasta 10 veces comparados con la pasta comercial. La pasta con orujo será un producto nuevo, que de ser aceptado sensorialmente podría dar un valor agregado al orujo y a los productores de uva del estado de Querétaro.

Palabras clave: uva; orujo; harina; pasta; espagueti; polifenoles.

Keywords: grape; pomace; flour; pasta; spaghetti; polyphenols.

Recibido: 20 de enero de 2020, Aceptado: 22 de enero de 2021

* Carrera Ingeniería en Industrias Alimentarias (IIA), Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte (ITSZN). Carretera a González Ortega km 3, C. P. 98400, Río Grande, Zacatecas, México. Correo electrónico: abizadaii_95@hotmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9400-404X>

** Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas s/n, Colonia Las Campanas. C. P. 76010, Querétaro, Querétaro, México. Correo electrónico: feregrino.angge@hotmail.com; fernando.garcia@uaq.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8001-5912>; <http://orcid.org/0000-0002-3372-0878>

*** Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias (IIA), Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte (ITSZN). Carretera a González Ortega km 3, C. P. 98400, Río Grande, Zacatecas, México. Correo electrónico: juareztec2018@hotmail.com; jdmancillas@yahoo.com; mavilaontiveros@gmail.com; arelilm@hotmail.com; ramesfrg@yahoo.com.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5487-1026>; <http://orcid.org/0000-0002-8827-5505>; <http://orcid.org/0000-0002-1310-6088>; <http://orcid.org/0000-0002-0618-8097>; <http://orcid.org/0000-0003-4326-6856>

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

In the present work, a paste was developed from pomace and amaranth flour, which was obtained according to the methodology of Morato (2009), and later, it was mixed with amaranth in different concentrations to generate three formulations (50:50, 55:45, 60:40) called M1, M2 and M3. M3 (Experimental) was the one that presented the highest levels of protein, fat, sugar, fiber and antioxidant content when compared to a commercial pasta (Yemina®) type spaghetti. The main results were a high content of protein and fiber (17.56 and 37.16 g/100 g), respectively. In the case of phenols, flavonoids and tannins, they were up to ten times higher compared to commercial pasta. The paste with pomace will be a new product, which if accepted sensory could give added value to the pomace and to the grape producers of the state of Querétaro.

INTRODUCCIÓN

En México existen cerca de 3,350 ha destinadas al cultivo de uva; 63% de la producción se consume en

fresco, 24.4% se procesa para elaboración de vino, brandy, jugos, mermeladas y 12.6% se deshidrata (SAGARPA, 2016). Este fruto tiene capacidad antioxidante y potenciales efectos en la salud. El 63% de los fenoles totales (FT) de las vides de variedades blancas se encuentra en las semillas, 34% en las pieles (orujo) y 3% en el jugo (Bourzeix, Weyland, Heredia, & Desfeux, 1986; Meyer & Hernández, 1970). El orujo es un desecho obtenido de la extracción de alcohol, compuestos tartáricos y la separación de las semillas para obtener el aceite; a su vez se usa como abono orgánico, sustrato de cultivo de trasplante y alimento para ganado (Castro, 9 de agosto de 2013) debido a su alto contenido en proteína y compuestos antioxidantes.

Los extractos obtenidos de las semillas o de la piel de uva (el *pomum*) como subproductos del vino, sidra y jugos industriales han sido considerados como ricas fuentes de antioxidantes naturales (Jayaprakasha, Singh, & Sakariah, 2001; Revilla & Ryan, 2000; Wang y Lin, 2000) como compuestos fenólicos, ya que en el extracto de la semilla se encuentran antioxidantes hidrofílicos (las procianidinas y una mezcla de oligoméricos) que tienen un alto poder antioxidante. A su vez, los compuestos fenólicos (CF) presentes en la piel de la uva (4-6%) se clasifican en flavonoides (flavonoles, antocianos, catequinas, epicatequinas y resveratrol) y no flavonoides (ácido benzoico, ácido cinámico y estilbenos) (Bogs, Ebadi, McDavid, & Robinson, 2006; Wadhwa, 2013; Wang, Sun, Cao, Tian, & Li, 2007).

Según Pittman y Lewan (1994) y Martínez-Flórez, González-Gallego, Culebras y Tuñón (2002) los fenoles se consideran compuestos orgánicos aromáticos que contienen el grupo hidroxilo como su grupo funcional. Están presentes en vegetales, semillas, frutas y bebidas con vino y cerveza. Desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo. El requerimiento diario en el consumidor es de 1 µg/l, ya que esta cantidad se encuentra presente de manera natural en los alimentos. Muñoz-De la Cruz (2009) observó que la cantidad de FT de orujo no presentó cambios a diferentes temperaturas de incubación hasta 96 h, en donde los taninos condensados (TC) mostraron inestabilidad en función de la temperatura.

Por otra parte, la pasta es actualmente uno de los alimentos más extendidos en los países mediterráneos (Marchylo, Dexter, & Malcolmson, 2004). La pasta es el resultado del desecado de la mezcla del polvo obtenido del grano y/o sémola

de trigo, agua potable, ingredientes opcionales y aditivos permitidos, como lo establece la declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-F-023-S-1980 (Secretaría de Economía, 23 de septiembre de 2002). La pasta por ser un alimento basado en sémola de trigo tiene un elevado contenido en carbohidratos, 100 g de pasta contienen como máximo 75 g de hidratos de carbono. En México el consumo per cápita es de 3 kg al año, mientras Italia consume 30 kg/persona y Estados Unidos 10 kg (La Moderna, 1 de octubre de 2019). Las pastas son desarrolladas a partir de harina de trigo; sin embargo, existen países que no lo producen y proponen alternativas; ya sea sustituyéndolo o mezclándolo en proporciones menores denominadas harinas compuestas (Elías, 1996).

La sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración de pastas alimenticias ha sido objeto de numerosos estudios, por ejemplo la incorporación de harina de arroz en la fabricación de fideos (Kahraman et al., 2008; Martí, Seetharaman, & Pagani, 2010), harina de guisantes (Wang, Bhirud, Sosulski, & Tyler, 1999), una harina compuesta de trigo, maíz, yuca y frijol (Granito, Torres, & Guerra, 2003) donde obtuvieron características visuales similares a las comerciales y mayor contenido de nutrientes debido a su diversidad de harinas; sin embargo, la elasticidad disminuye con la ausencia de gluten en las pastas. Las ventajas del consumo de alimentos ricos en antioxidantes son disminuir los efectos negativos del estrés oxidativo sobre el cuerpo humano y aumentar la esperanza y sobre todo la calidad de vida de la población (Agudo et al., 2007; Delgado-Olivares, Betanzos-Cabrera, & Sumaya-Martínez, 2010).

De acuerdo con Núñez Sellés (2011) se han estudiado alrededor de 100 enfermedades y su relación con el desbalance del sistema oxidativo, entre otras cardiovasculares, cancerosas, gástricas, respiratorias, neurológicas y endocrinas (Coronado, Vega y León, Gutiérrez, Vázquez, & Radilla, 2015); por otra parte, el amaranto produce semillas con niveles elevados de proteína total (18%) (Martínez-Salvador, 2016) y mayor que el grano del trigo (15%), el que mayor uso tiene en el desarrollo de harinas, así como del aminoácido lisina generalmente deficiente en otros cereales, por lo que puede colocarse en nichos de mercado importantes (Ayala-Garay, Espitia-Rangel, Rivas-Valencia, Martínez-Trejo, & Garay-Hernández, 2014); además, una fuente de compuestos fenólicos con propiedad antioxidante

que son importantes en la dieta de los humanos por tener la capacidad de atrapar los radicales libres que quedan en el organismo como residuos del proceso de respiración y que resultan tóxicos, de allí la importancia de aumentar su presencia en los alimentos (Jiménez-Pérez, Lozano-Verdel, Morán-Bañuelos, & Ramírez-Romero, 2014).

El objetivo de este trabajo fue generar una pasta a partir de orujo de uva y amaranto para resaltar el contenido de antioxidantes presentes en esta materia prima.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad Autónoma de Querétaro campus Aeropuerto, en el estado de Querétaro, México, en el Laboratorio de Metabolitos y Nanocompositos de la Facultad de Ingeniería, donde se elaboró la pasta y se hicieron las determinaciones.

Preparación de la muestra

Para llevar a cabo el presente trabajo se utilizó una muestra de orujo (figura 1) proveniente de la variedad de uva tipo Macabeo/Viura donada por la compañía vinícola Santiago Apóstol, ubicada en Tequisquiapan, Querétaro, misma que fue secada por medio de energía solar.

Obtención de la harina de uva

La harina de orujo se obtuvo siguiendo la metodología descrita por Morato (2009): Lavado previo del orujo de uva para evitar contaminación y eliminar residuos, secado al sol por periodos de 4 a 6 h hasta la eliminación total del agua, molienda en licuadora industrial para pulverizar, mismo que fue tamizado con malla 200 μ . El resultado final es una harina de color tostado y textura granulosa. Se almacenó en bolsas plásticas en un lugar fresco y seco.

Proceso de elaboración de la pasta

Después de obtener la harina de orujo de uva se realizaron varias formulaciones con la harina de amaranto sustituyendo la de trigo a 100%: M1 (50/50), M2 (55/45) y M3 (60/40), respectivamente. Posteriormente se mezclaron las harinas (orujo + amaranto) en las proporciones mencionadas y se les agregó huevo en polvo grado alimenticio (12.5g) y una pizca de sal, con 70 ml de agua. Se dio un amasado durante 20 min y se dejaron reposar 30 min. Se realizó

una laminación con una máquina moldeadora para pasta, se secaron en un horno deshidratador a 70 °C de 4 a 6 h. Se enfriaron a temperatura ambiente y se empacaron (figura 1).

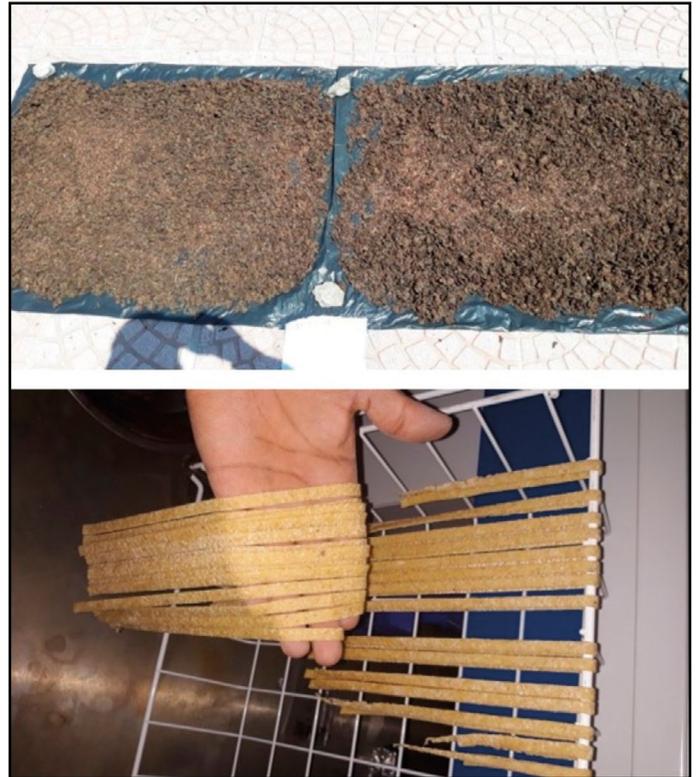


Figura 1. Orujo y pasta a partir de uva de la variedad Macabeo. Fotografía del equipo de investigación.

Obtención de la harina de uva

La harina de orujo se obtuvo siguiendo la metodología descrita por Morato (2009): Lavado previo del orujo de uva para evitar contaminación y eliminar residuos, secado al sol por periodos de 4 a 6 h hasta la eliminación total del agua, molienda en licuadora industrial para pulverizar, mismo que fue tamizado con malla 200 μ . El resultado final es una harina de color tostado y textura granulosa. Se almacenó en bolsas plásticas en un lugar fresco y seco.

Proceso de elaboración de la pasta

Después de obtener la harina de orujo de uva se realizaron varias formulaciones con la harina de amaranto sustituyendo la de trigo a 100%: M1 (50/50), M2 (55/45) y M3 (60/40), respectivamente. Posteriormente se mezclaron las harinas (orujo + amaranto) en las proporciones mencionadas y se les

agregó huevo en polvo grado alimenticio (12.5 g) y una pizca de sal, con 70 ml de agua. Se dio un amasado durante 20 min y se dejaron reposar 30 min. Se realizó una laminación con una máquina moldeadora para pasta, se secaron en un horno deshidratador a 70 °C de 4 a 6 h. Se enfriaron a temperatura ambiente y se empacaron (figura 1).

Determinaciones

Análisis proximal. El contenido de proteína, extracto etéreo y cenizas se determinó por los métodos descritos por la AOAC (1980), mientras que la fibra cruda se determinó de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-F-090-S-1978 (SPFI, 27 de marzo de 1979).

Antioxidantes. La cuantificación de fenoles totales se determinó por el método Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965); los taninos se determinaron con la metodología de Deshpande y Salunkhe (1982); los flavonoides de acuerdo con Oomah y Mazza (1996) y DPPH de acuerdo con Nenadis, Lazaridou y Tsimidou (2007).

Análisis estadístico

Se realizaron un diseño completamente al azar (DCA), un análisis de varianza y la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para comparación de medias. Los resultados en el análisis proximal fueron expresados como la media \pm desviación estándar (DE), mientras que del contenido en antioxidantes fue gráfico y se analizó usando el paquete Statistica versión 1984-2000.

RESULTADOS

En los resultados proximales la muestra M3 fue la que presentó mayor contenido de nutrientes comparada con las otras dos (M1 y M2), por ello se eligió como la pasta experimental que posteriormente se compararía con la comercial (Yemina®), que presentó mayor contenido debido al aporte del orujo de uva, con diferencias significativas ($p < 0.05$; tabla 1) principalmente en proteína y fibra. En el caso de la primera presentó valores mayores de 17% de proteína y comparada con la pasta comercial fue mayor del doble de contenido (tabla 1; $p < 0.05$); para fibra total presentaron valores de 28.62% a 40.65% en contenido para las muestras M1, M2 y M3; donde la M3 fue la más alta (40.65 ± 3.98 g) y la más baja fue la M1 (28.62 ± 3.98 g).

Las diferencias presentadas se debieron al porcentaje alto de fibra en el orujo de uva,

contenido de amaranto, formulación, entre otros factores. Posteriormente se comparó la M3 (pasta experimental) con la pasta comercial e indicó una mayor cantidad de fibra, equivalente a casi 16 veces más (tabla 1). Finalmente, en humedad la pasta experimental M3 presentó un valor promedio de 7.8 ± 0.0 ; la cual se comparó con un producto comercial (Yemina®), donde presentó 7.1 ± 0.3 g de humedad, inferior a la experimental (tabla 1).

En antioxidantes, de fenoles totales la pasta experimental presentó un valor promedio de 11.43 ± 0.57 mg eq AG/g muestra que se comparó con un producto comercial (Yemina®) que presentó un valor promedio de 0.18 ± 0.23 mg eq AG/g muestra; por lo cual se determinó que la pasta experimental fue mejor que la comercial. En el caso de los taninos la pasta experimental presentó un valor promedio mayor que el producto comercial (Yemina®), esto significa que fue 10 veces mayor, tal vez debido a la proporción de orujo en la pasta (figura 2).

Los flavonoides estuvieron presentes en la pasta entre 0.7 y 0.9 mg eq de (+) rutina y al compararse con la pasta comercial los resultados fueron muy similares ($p > 0.05$). Estos pueden ejercer acción diurética, antiespasmódica, antiulcerosa gástrica y antiinflamatoria, entre otras. Están ampliamente distribuidos entre los vegetales superiores y son las rutáceas, poligonáceas, compuestas y umbelíferas las principales familias que los contienen.

El contenido de capacidad antioxidante por el radical de DPPH presentó valores de 3.92 ± 1.49 a 6.80 ± 1.49 Mm eq Trolox/g muestra en las tres muestras; donde la M1 tuvo el mayor contenido (6.80 ± 1.49 Mm eq Trolox/g muestra) con diferencias significativas ($p < 0.5$) y se obtuvo un porcentaje de inhibición de $92.088 \pm 1.96\%$. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la M3 fue designada como la experimental por sus mejores características y contenido nutricional. Por ello, la pasta experimental, presentó un valor promedio de 5.14 ± 1.49 Mm eq Trolox/g muestra, la cual se comparó con un producto comercial (Yemina®), que presenta un valor promedio de 4.76 ± 0.88 Mm eq Trolox/g muestra, con lo que se obtiene un porcentaje de inhibición de $36.17 \pm 11.67\%$, por lo cual se determina que la pasta experimental M3 mostró mayor capacidad antioxidante en comparación a la pasta comercial (figura 2).

DISCUSIÓN

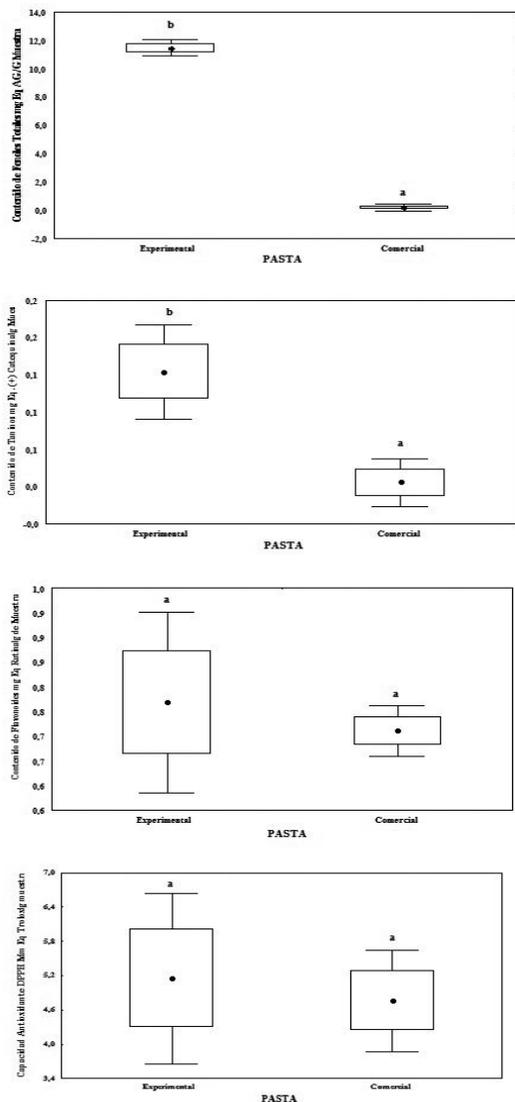


Figura 2. Comparación del contenido de fenoles totales, taninos y flavonoides entre una pasta experimental y una comercial (Yemina). Elaboración propia.

En el contenido proteico, Astaiza, Ruiz y Elizalde (2010) mencionan la elaboración de una pasta enriquecida a partir de harina de quinua con zanahoria, incorporando fuentes de proteína, fibra y vitamina; donde se obtuvieron rangos de 13.32 ± 0.065 g de proteína; a su vez Aguilar-Martínez, Martínez-Manrique y Jiménez-Vera (2018) mencionan la elaboración de una pasta a base de sémola tipo fettuccine enriquecida con chía blanca (*Salvia hispanica* L.) con alto valor nutricional (9.75 ± 0.01 g). Igualmente, en otro estudio Rodríguez-Málaga y Young-Sias (2017) elaboraron fideos utilizando la almendra de *Theobroma bicolor* (macambo) como sustituto parcial de la harina de trigo con 14.88 ± 0.10 g. Estos estudios presentaron menor contenido de proteína en comparación con la pasta experimental obtenida con la muestra de orujo + amaranto; lo que podría explicarse por la base de esta pasta (orujo de uva), fuente proteica para otros alimentos.

Es importante recalcar que no se caracterizaron los tipos de proteínas en la pasta ni su digestibilidad. Por otra parte, de acuerdo con Pfizer (2007b) se requiere 1g de proteína por kg de peso, esto es que una persona de 60 kg requerirá 60 g de proteína y este producto puede aportar de 28 a 30% de los requerimientos diarios de consumo; esta pasta presentó un alto contenido de proteína. En el caso de grasa, Astaiza et al. (2010), Rodríguez-Málaga y Young-Sias (2017) y Aguilar-Martínez et al. (2018) presentaron valores menores al obtenido en este estudio (tabla 1); sin embargo, es aceite de oliva, lo cual es un aceite poliinsaturado que se degrada muy fácilmente, además de tener efectos benéficos para la salud, ya que previene estreñimiento y reduce el colesterol LDL (llamado colesterol malo);

Tabla 1

Formulaciones y resultados de análisis proximales expresados en g/100 gramos ($\bar{X} \pm D.E.$)

Formulaciones	Proteína	Grasas	Fibra Total	Humedad
1. M1	16.77 ± 0.14	15.37 ± 0.83	30.24 ± 1.40	6.45 ± 0.08
2. M2	15.32 ± 0.15	17.58 ± 0.88	31.63 ± 2.41	5.54 ± 0.01
3. M3	17.57 ± 0.33^b	12.34 ± 0.22^b	37.17 ± 3.98^b	7.88 ± 0.03^b
4. Yemina	8.06 ± 0.30^a	1.29 ± 0.30^a	2.50 ± 0.30^a	7.10 ± 0.30^a

Nota: Elaboración propia.

mientras que aumenta el bueno. Cabe distinguir que de acuerdo a Pfizer (2007a) las grasas totales se obtienen de la alimentación. Es esencial comer algunas grasas, ya que contienen calorías muy importantes para los requerimientos diarios; se necesitan entre 33 y 35% de los requerimientos diarios de consumo. En fibra Astaiza et al. (2010) discutieron sobre la elaboración de una pasta enriquecida a partir de harina de quinua con zanahoria que obtuvo un valor de 1.96 ± 0.010 g. Aguilar-Martínez et al. (2018) elaboraron una pasta a base de sémola tipo fettuccine enriquecida con chíá blanca (*Salvia hispanica* L.) con alto valor nutrimental, con un valor de 8.39 ± 0.125 . Rodríguez-Málaga y Young-Sias (2017) elaboraron fideos utilizando la almendra de *Theobroma bicolor* (macambo) como sustituto parcial de la harina de trigo, donde se presentaron el valor de 3.26 ± 0.020 g. De acuerdo con esto, la pasta experimental tuvo mayor contenido de fibra total ($p < 0.05$) comparado con los estudios existentes. Por último, Kellogg's (2009), menciona que la fibra total es la parte vegetal que está formada por un conjunto de compuestos químicos de naturaleza heterogénea (polisacáridos, oligosacáridos, lignina), que se requieren 35 gramos de fibra por persona al día y este producto aportará de 81 a 90% de las recomendaciones diarias.

En cuanto al contenido de humedad Astaiza et al. (2010) compararon su pasta enriquecida con la pasta experimental y se encontraron diferencias significativas ($p < 0.5$) por rangos de 11.12 ± 0.006 por 7.92 ± 1.42 g de la pasta experimental. Aguilar-Martínez et al. (2018) mencionan en su pasta fettuccine una humedad de 7.35 ± 0.06 g. Igualmente, Rodríguez-Málaga y Young-Sias (2017) en el fideo obtuvieron 9.68 ± 0.020 g y comparado con la pasta experimental presenta mayor contenido de humedad ($p < 0.05$; tabla 1), lo que pudo deberse al porcentaje de agua utilizado durante la elaboración del producto. Esto indica que es importante medir la cantidad de agua total de los productos, ya que a mayor concentración de agua, mayor probabilidad de proliferar hongos. Finalmente, la pasta experimental presentó un contenido nutrimental mayor que la comercial (Yemina®), lo que pudo ser debido a la proporción del orujo, que puede influir positivamente en el sabor de la pasta.

En los antioxidantes, específicamente en fenoles totales, Almanza-Benítez (2012) comparó su pasta tipo espagueti adicionada con harina de

plátano modificado con la pasta experimental. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.5$) por rangos de 3.41 ± 0.08 ; mientras que la pasta experimental obtuvo valor promedio de 11.43 ± 0.57 mg eq de AG/g muestra. Asimismo, Torres, Parra, Rojas y Fernández-Gómez (2014) indican en su trabajo "Efecto de la suplementación de sémola de trigo con *Arthrospira plantensis* sobre calidad, aceptabilidad y composición física y química de los espaguetis" un contenido de 6.44 ± 2.94 mg eq de AG/g de muestra y al comparar la pasta experimental presenta menor contenido ($p < 0.5$) referente a este último trabajo debido a la materia prima utilizada.

De acuerdo con estudios previos se emplearon mezclas de orujo de uva triturado de la cosecha 2007 (Cabernet Sauvignon/Tempranillo/Syrah en proporción 80:10:10) y se obtuvo un rendimiento de fenoles totales de 1.86 mg eq AG/g de orujo seco (Muñoz-De la Cruz, 2009). Posteriormente, se realizó una comparación con orujo de la cosecha 2018 de Macabeo molida, en donde se observó que el orujo molido presentó mejores resultados con 9.71 mg eq AG/g de muestra seca, lo que significó un rendimiento de 5.1 veces mayor al obtenido (1.86 mg). Lo anterior sugiere que el tipo y variedad de uva de donde se obtiene el orujo, así como el tamaño de partícula son factores predeterminantes, lo mismo que su proporción en semilla-piel. Además del tamaño de partícula, la adición de la misma y la capacidad de disolución del solvente juegan un papel importante durante la extracción para la recuperación de los compuestos fenólicos (Luthria & Pastor-Corrales, 2006; Rocha-Guzmán et al., 2007). De acuerdo con lo anterior, las condiciones de extracción en determinado sistema, así como el sistema de solventes empleados determinan la cantidad y calidad de los compuestos fenólicos recuperados (Paladino & Zuritz, 2011).

Por otra parte, Muñoz-De la Cruz (2009) estableció que la cantidad de taninos condensados de orujo seco de uva roja fueron expresados en mg eq de (+) catequina y determinaron que la extracción máxima se logró a partir de 15 g/250ml de agua a punto de hervir con 7 min para la extracción; las concentraciones obtenidas fueron de 1.036 mg eq (+) catequina por gramo de orujo seco. Los resultados alcanzados en el presente estudio resultaron sin diferencia significativa ($p > 0.05$) a ese estudio. Lo anterior se atribuye a factores como el uso de una sola variedad de uva, el orujo compuesto

de semilla y piel al comparar todos los resultados de la pasta experimental y comercial.

En cuanto a flavonoides Molina Quijada, Medina Juárez, González Aguilar, Robles Sánchez y Gámez Meza (2010) mencionaron la relación de los compuestos fenólicos sobre la actividad antioxidante de cáscara de uva (*Vitis vinifera* L.) de mesa cultivada en el noreste de México y destacaron el contenido de los mismos, tanto en uvas rojas como en verdes (Perlette, Sugra One, Flame, Red Globe, Carignane), donde las rojas presentaron un mayor contenido, que fue de 8.81 ± 0.22 mg por 6.00 ± 0.22 mg/g en uvas verdes y se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$). Este contenido es mayor al reportado en este estudio y pudo ser debido al tipo de uva, etapa de maduración y condiciones de secado. Finalmente, en el DPPH Molina-Quijada et al. (2010) habló sobre compuestos fenólicos y actividad antioxidante de cáscara de uva (*Vitis vinifera* L.) de mesa cultivada en el noreste de México, por lo cual hizo comparaciones (Perlette, Sugra One y Red Globe) en donde exhibieron actividades de estabilización del radical DPPH con un valor de 6.79 ± 0.70 Mm eq Trolox/g muestra por 3.92 ± 1.49 Mm eq Trolox/g muestra; de donde se establece que en comparación con el presente trabajo se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$). De acuerdo con esto, es importante la adición de materias primas con características antioxidantes debido a que pueden fortalecer el sistema inmunológico, reducir el estrés oxidativo, mejorar la relación antioxidantes-envejecimiento humano, entre otros (Coronado et al., 2015).

CONCLUSIONES

Se obtuvo una pasta a partir de orujo de uva y amaranto con el doble del contenido proteico de la pasta comercial y alto contenido de grasas poliinsaturadas, lo que no afecta al consumidor. Se encuentra un contenido de humedad normal a las pastas comerciales, lo que ayudará a prolongar su vida de anaquel. En el caso de los antioxidantes, fenoles y taninos, presentaron mayor contenido significativo que la comercial y en el caso de los flavonoides fueron similares. En futuros estudios será importante tomar en cuenta la evaluación sensorial, caracterización de proteínas y digestibilidad de las mismas. Por todo esto, la pasta podrá ser un producto nuevo que, de ser aceptada organolépticamente,

daría un valor agregado a esta materia prima y a los productores de uva del estado de Querétaro.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo técnico-económico otorgado al Laboratorio de Ciencia y Química de Alimentos de la Universidad Autónoma de Querétaro para los análisis de la presente investigación; así como a la LC. Luz Margarita Chávez García, directora del ITSZN por el apoyo y facilidades para este trabajo.

REFERENCIAS

- Agudo, A., Cabrera, L., Amiano, P., Ardanaz, E., Barricarte, A., Berenguer, T., ... González, C. A. (2007). Fruit and vegetable intakes, dietary antioxidant nutrients, and total mortality in Spanish adults: findings from the Spanish cohort of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC-Spain). *American Journal of Clinical Nutrition*, 85(6), 1634-1642. doi: 10.1093/ajcn/85.6.1634
- Aguilar-Martínez, D., Martínez-Manrique, E., & Jiménez-Vera, V. (2018). Elaboración de una pasta de sémola tipo Fettuccine enriquecida con chía blanca (*Salvia hispanica* L.) con alto valor nutrimental. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3.
- Almanza-Benítez, S. (2012). *Espagueti adicionado con harina de plátano modificada: Composición química y digestibilidad del almidón* (Tesis). Instituto Politécnico Nacional, México.
- Association of Official Agricultural Chemists. (1980). *Official Methods of Analysis*. Washington, DC: AOAC.
- Astaiza, M., Ruiz, L., & Elizalde, A. (2010). Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* wild.) y zanahoria (*Daucus carota*). *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1), 43-53.
- Ayala-Garay, A. V., Espitia-Rangel, E., Rivas-Valencia, P., Martínez-Trejo, G., & Garay-Hernández, M. (2014). *Descripción de la cadena de valor de amaranto en México*. En *Memorias del Congreso Nacional del Amaranto* (356 pp.). Texcoco, Estado de México: INIFAP.
- Bogs, J., Ebadi, A., McDavid, D., & Robinson, S. P. (2006). Identification of the flavonoid hydroxylases from grapevine and their regulation during fruit development. *Plant Physiology*, 140(1), 279-291. doi: 10.1104/pp.105.073262
- Bourzeix, M., Weyland, D., Heredia, N., & Desfeux, C. (1986). Etude des catéchines et des procyanidols de la grappe de raisin, du vin et d'autres dérivés de la vigne. *Bulletin de l'OIV*, 59(669-670), 1171-1254.
- Castro, R. M. (9 de agosto de 2013). Subproductos de la industria vitivinícola, una oportunidad de negocio [Entrada en blog]. Recuperado en octubre de 2018, de <https://www.agrotierra.com/blog/descubrir/subproductos-de-la-industria-vitivinicola-una-oportunidad-de-negocio/77885/>
- Coronado H., M., Vega y León, S., Gutiérrez T., R., Vázquez, F. M., & Radilla V., C. (2015). Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206-212.
- Delgado-Olivares, L., Betanzos-Cabrera, G., & Sumaya-Martínez, M. T. (2010). Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 18(50), 10-15.
- Deshpande, S. S., Cheryan, M., Salunkhe, D. K., & Lun, B. S. (1986). Tannin analysis of food products. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 24(4), 401-449. doi: 10.1080/10408398609527441
- Deshpande, S. S., & Salunkhe, D. K. (1982). Interactions of tannic acid and catechin with legume starches. *Journal of Food Science*, 47(6), 2080-2081. doi: 10.1111/j.1365-2621.1982.tb12956.x
- Elías, L. G. (1996). Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 121(2), 179-182.
- Granito, M., Torres, A., & Guerra, M. (2003). Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Interciencia*, 28(7), 372-379. Recuperado de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-356807>
- International Pasta Organisation. (2019). *Historia de la Pasta*. International Pasta Organisation. Serie en Red. Recuperado de <http://www.internationalpasta.org>
- Jayaprakasha, G. K., Singh, R. P., & Sakariah, K. K. (2001). Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. *Food Chemistry*, 73(3), 285-290.
- Jiménez-Pérez, C., Lozano-Verdel, S. A., Morán-Bañuelos, S. H., Ramírez-Romero, G. (2014). Cuantificación de fenoles totales y potencial antioxidante de diferentes muestras de amaranto cosechados de la zona centro de México. *Memorias del Congreso Nacional del Amaranto* (356 pp.). México: UAM.
- Kahraman, K., Sakıyan, O., Ozturk, S., Koksel, H., Sumnu, G., & Dubat, A. (2008). Utilization of Mixolab® to predict the suitability of flours in terms of cake quality. *European Food Research and Technology*, 227(2), 565-570.
- Kellogg's (2009). *Dieta y Salud: Órgano Informativo del Instituto de Nutrición y Salud Kellogg's sobre la relación entre la nutrición y la salud, 2009*. Fibra [Revista anual]. Recuperada de https://www.kelloggsnutrition.com/content/dam/globalnutrition/es_MX/resources/Resources-Dieta_y_Salud_Fibra.pdf
- La Moderna. (1 de octubre de 2019). La Moderna celebra día mundial de la pasta [Entrada en portal electrónico]. Recuperado de <https://www.lamoderna.com.mx/nosotros/prensa/2019/67-dia-mundial-pasta-la-moderna>
- Luthria, D. L., & Pastor Corrales, M. A. (2006). Phenolic acids Profiles of beans Commonly consumed in the United States. *USDA. Bean Improvement Cooperative Annual Report*, 49, 6-7.
- Marchylo, B., Dexter, J., & Malcolmson, L. (2004). Improving the texture of pasta. En D. Kilcast (Ed.), *Texture in food Volume 2: Solid foods* (cap. 20, pp. 475-500). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Boca Raton: CRC Press.
- Marti, A., Seetharaman, K., & Pagani, M. A. (2010). Rice-based pasta: A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. *Journal of Cereal Science*, 52(3), 404-409.

- Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, J., Tuñón, J. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria: Órgano Oficial de la Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral*, 17(6), 271-278.
- Martínez-Salvador, L. (2016). Seguridad alimentaria, autosuficiencia y disponibilidad del amaranto en México. *Problemas del Desarrollo*, 47(186), 107-132.
- Meyer, B. J., & Hernández, R. (1970). Seed tannin extraction in Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*, 21(4), 184-188.
- Molina Quijada, D. M. A., Medina Juárez, L. A., González Aguilar, G. A., Robles Sánchez, R. M., & Gámez Meza, N. (2010). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante de cáscara de uva (*Vitis vinifera* L.) de mesa cultivada en el noroeste de México. *CyTA-Journal of Food*, 8(1), 57-63. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3772061>
- Morato, N. G. (2009). *Eroski Consumer*. Obtenido de <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2009/03/30/184290.php#> (accesado 30/03/2019)
- Muñoz-De la Cruz, F. C. (2009). *Caracterización fisicoquímica, nutracéutica y sensorial del extracto acuoso de bagazo de uva roja (Vitis vinifera)* (pp. 51-52) (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro.
- Nenadis, N., Lazaridou, O., & Tsimidou, M. (2007). Use of reference compounds in antioxidant activity assessment. *Journal Agricultural Food Chemical*, 55, 5452-5460.
- Núñez Sellés, A. J. (2011). Terapia antioxidante, estrés oxidativo y productos antioxidantes: retos y oportunidades. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37(suppl.), 644-660.
- Oomah, B. D., & Mazza, G. (1996). Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. *Journal of Agricultural Chemistry*, 44(7), 1746-1750.
- Paladino, S. C., & Zuritz, C. A. (2011). Extracto de semillas de vid (*Vitis vinifera* L.) con actividad antioxidante: Eficiencia de diferentes solventes en el proceso de extracción. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 43(1), 187-199.
- Pfizer. (2007a). Pfizer Lípidos. Recuperado de https://www.pfizer.es/salud/prevencion_habitos_saludables/dietas_nutricion/lipidos.html
- Pfizer. (2007b). Requerimientos diarios de proteínas (rda). Recuperado de https://www.pfizer.es/salud/prevencion_habitos_saludables/dietas_nutricion/requerimientos_diarios_proteinas_rda.html
- Pittman, E. D., & Lewan, M. D. (1994). *Organic acids in geological processes*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Revilla E., & Ryan, J. M. (2000). Analysis of several phenolic compounds with potential antioxidant properties in grape extracts and wines by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection without sample preparation. *Journal of Chromatography Applied*, 88(1-2), 461-469. doi: 10.1016/S0021-9673(00)00269-7
- Rocha Guzmán, N. E., Herzog, A., González Laredo, R. F., Ibarra Pérez, F. J., Zambrano Galván, G., & Gallegos Infante, J. A. (2007). Antioxidant and antimutagenic activity of phenolic compounds in three different colour groups of common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris*). *Food Chemistry*, 103(2), 521-527. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.08.021
- Rodríguez Málaga, A. D., & Young Sias, S. E. (2017). *Elaboración de fideos utilizando la almendra de Theobroma bicolor (macambo) como sustituto parcial de la harina de trigo* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Recuperado de <https://1library.co/document/zkw4lmez-elaboracion-utilizando-almendra-theobroma-bicolor-macambo-sustituto-parcial.html>
- SAGARPA (2016). *Uva mexicana. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030* [Cuadernillo en pdf]. México: Autor. Recuperado en abril del 2018, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257085/Potencial-Uva.pdf>
- Secretaría de Economía. (23 de septiembre de 2002). Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-F-023-NORMEX-2002. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=721062&fecha=23/09/2002
- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. (27 de marzo de 1979). Norma Mexicana NMX-F-090-S-1978. Determinación de Fibra Cruda en Alimentos. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperada de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4799842&fecha=27/03/1979
- Singleton V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Torres, A., Parra, J., Rojas, D., & Fernández-Gómez, R. (2014). Effect of supplementation of wheat semolina with *Arthrospira platensis* on quality, acceptability and physical and chemical composition of spaghetti. *Vitae*, 21(2), 81-89.
- Wadhwa, M. Y. (2013). Utilization of fruit and vegetable waste as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. RAP Publication 2013/04. En *RAP Publication*. Rome: FAO.
- Wang, J., Sun, B., Cao, Y., Tian, Y., & Li, X. (2007). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran. *Food Chemistry*, 106(2), 804-810. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.06.062
- Wang, N., Bhirud, P. R., Sosulski, F. W., & Tyler, R. T. (1999). Pasta-like product from pea flour by twin-screw extrusion. *Journal of Food Science*, 64(4), 671-678.
- Wang, S. Y., & Lin, H. S. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2), 140-146. doi: 10.1021/jf9908345

Evaluación nutracéutica de un pan tipo coyota a partir de harinas de trigo, frijol y nopal con mermelada de higo

Nutraceutical evaluation of a coyota-type bread made from wheat flour, beans and nopal with fig jam

Santos Matías Solís-García*, Sandra Olimpia Mendoza-Díaz**, Manuel Juárez-García*✉, José Mancillas-Medina*, Martha Ávila-Ontiveros*, Areli Leyva-Maldonado*, J. Francisco Ramírez-García*.

Solís-García, S. M., Mendoza-Díaz, S. O., Juárez-García, M., Mancillas-Medina, J., Ávila-Ontiveros, M., Leyva-Maldonado, A., & Ramírez-García, J. F. (2021). Evaluación nutracéutica de un pan tipo coyota a partir de harinas de trigo, frijol y nopal con mermelada de higo. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 24-32.

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolló un pan tipo coyota a partir de una harina compuesta de trigo, frijol y nopal. La coyota obtenida con la mezcla 80%, 18% y 2% de harinas de trigo, frijol y nopal presentó 14.0%, 49.58%, y 16.18% en el contenido de proteína, carbohidratos y lípidos, respectivamente. En comparación con las coyotas comerciales, la coyota formulada contiene 100% más proteína y 16% y 17% menos carbohidratos y grasas, respectivamente. Demuestra un contenido de fenoles totales de 0.65 mg EAG/g y una capacidad antioxidante de 0.05 mg

ET/g evaluada por el método de ABTS. De acuerdo con esto, se generó un producto natural, innovador y nutritivo y de valor agregado usando productos de la región centro norte del estado de Zacatecas.

ABSTRACT

In this work, a Coyota bread was developed based in wheat, common bean and nopal flour. Coyota bread obtained with 80%, 18% and 2% of wheat, common bean and nopal flour showed 14.0%, 49.58% and 16.18% of protein, carbohydrate and lipid contents, respectively. Compared with the commercial coyota bread, the developed coyota showed 100% higher protein content and 16% and 17% less carbohydrate and lipid contents, respectively. Furthermore, coyota bread showed 0.65 mg EAG/g and 0.05 mg ET/g for total phenolic content and antioxidant capacity which was evaluated by the ABTS method. A natural, innovative and nutritive value added product was developed using regional products from the north central region of Zacatecas.

Palabras clave: pan tipo coyota; harina de frijol; harina de nopal; actividad antioxidante.

Keywords: : coyota bread; wheat flour; common bean flour; nopal flour; antioxidant activity.

Recibido: 26 de marzo de 2020, Aceptado: 22 de enero de 2021

* Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte. Carretera a González Ortega km 3, Río Grande, C. P. 98400, Zacatecas, México. Correo electrónico: santosolis39@yahoo.com.mx; juareztec2018@hotmail.com; jdmancillas@yahoo.com; mavilaontiveros@gmail.com; arelilm@hotmail.com; ramesfrg@yahoo.com.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6715-0669>; <http://orcid.org/0000-0002-5487-1026>; <http://orcid.org/0000-0002-8827-5505>; <http://orcid.org/0000-0002-1310-6088>; <http://orcid.org/0000-0002-0618-8097>; <http://orcid.org/0000-0003-4326-6856>

** Posgrado de Alimentos, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas s/n, Las Campanas, C. P. 76010, Querétaro, Qro., México. Correo electrónico: smendoza@uaq.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1321-2857>

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

Hoy día en México el consumo de una gran variedad de pan dulce es muy extenso, ya que en el mercado existe un sinnúmero de productos de repostería y panificación en diferentes formas, colores y texturas. El consumo per cápita anual de pan es de 33.5 kg, del cual 30% corresponde a pan dulce (La Jornada, 26 de agosto de 2018). Los cambios en estilo de vida y dieta del mexicano han contribuido al incremento de

sobrepeso y obesidad en la población, por tal motivo es indispensable el desarrollo de formulaciones para producción de pan con bajo contenido calórico, pero con atributos sensoriales que satisfagan el gusto del mexicano.

Existen pocas variedades y diversificaciones de uso de harinas diferentes al trigo para la elaboración y desarrollo de panes tradicionales de México. La sustitución de la harina de trigo es un reto en la industria de la panadería, ya que el gluten es el responsable de las características esponjosas del pan y, por tanto, de propiedades sensoriales importantes. Se han reportado investigaciones donde sustituyen un porcentaje de harina de trigo por otras no convencionales para elaboración de panes y galletas. Gonzales-Barron et al. (2020) desarrollaron un pan con una mezcla de harina de trigo y mezquite, con lo que incrementa el contenido de fibra y ácidos grasos no saturados.

Se han desarrollado formulaciones para productos de panadería usando mezclas de harina de trigo con harina de lenteja roja (Marchini et al., 2021), harina de sorgo (Surco-Almendras & Alvarado-Kirigin, 2010; Torbica, Belović, & Tomić, 2019), harina de frijol lima (Franco-Miranda, Chel-Guerrero, Gallegos-Tintoré, Castellanos-Ruelas, & Betancur-Ancona, 2017), malanga (Calle, Benavent, & Rosell, 2020), yuca (Defloor, 1995); estas formulaciones han mejorado las propiedades de nutrientes. Henao-Osorio y Aristizábal-Galvis (2009) mencionan que las harinas compuestas, al tener un mayor contenido de fibra y azúcares reductores que el patrón de harina de trigo, aumenta la absorción de agua y el contenido de azúcares disponibles en la fermentación.

El pan tipo coyota tiene su origen en el estado de Sonora y se elabora principalmente de harina de trigo, manteca vegetal y con relleno de mermeladas o de cajeta; se le considera un postre o pan típico de aquella región. En este trabajo se consideró la sustitución de un porcentaje de harina de trigo por harina de frijol y nopal; se consideran las propiedades nutracéuticas de frijol y el nopal, así como el aprovechamiento de estas especies que son cultivadas en la región.

El frijol es una leguminosa de alta producción en el estado de Zacatecas (cerca de las 400,000 t), comercializado y autoconsumido esencialmente en las preparaciones de frijol de la olla y fritos. El frijol

tiene un contenido de proteínas entre 14 y el 33%. La fracción proteica del frijol es rica en aminoácidos como lisina, fenilalanina y tirosina. Una porción de 90 g de frijoles proporciona 8 g de proteína, casi 15% del consumo diario recomendado para un adulto que pesa 70 kg (Chaquilla-Quilca, Balandrán-Quintana, Mendoza-Wilson, & Mercado-Ruiz, 2018; Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017). Otros componentes de la semilla de frijol son fibras, tocoferoles, ácidos grasos insaturados, minerales (Ca, 3 g/kg; Fe, 40 mg/kg; Zn, 35 mg/kg), entre otros (Gomes Basso, Ferreira, Wojeicchowski, Nogueira, & Mottin, 2018; Ulloa, Rosas-Ulloa, Ramírez-Ramírez, & Ulloa-Rangel, 2011).

El nopal es una fuente de polisacáridos, fibra soluble e insoluble, minerales y compuestos con actividad antioxidante (Valente et al., 2010). El frijol se ha utilizado para elaborar barritas, panqué (Figueroa-González, Juárez, Herrera, Guzmán, & Sánchez, 2011) y pay (Zumarán-Alvarado, Juárez-García, Mancillas-Medina, Ávila-Ontiveros, & Leyva-Maldonado, 2017), entre otros. Mediante la incorporación de harina de nopal se han desarrollado tortillas (Olaiz-Fernández et al., 2006), botanas (Giraldo-Gómez, 2013), barras nutritivas (Olivera et al., 2012), entre otras. El desarrollo de un pan tipo coyota a partir de harinas de trigo, frijol negro y nopal aportará un mayor contenido de nutrimental y antioxidante comparado con las coyotas comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reactivos y materiales

Los solventes fueron grado reactivo y se obtuvieron de la compañía J. T. Baker. Los reactivos de Folin Ciocalteu, ABTS, persulfato de sodio, ácido gálico y trolox se compraron en Sigma Chemical Co. Los higos frescos, el piloncillo de azúcar morena marca El Sarape, la manteca vegetal marca Inca®, la harina de trigo marca Tres Estrellas® y el polvo para hornear marca Royal se adquirieron en el mercado local.

Harinas de frijol y nopal

Para la obtención de la harina de frijol se utilizó frijol negro San Luis de acuerdo con la metodología de Figueroa-González et al. (2011), donde el frijol limpio fue secado en un deshidratador solar a una temperatura ambiente de 23 °C por 12 h. Posteriormente se molió con un molino de grano Sanbar marca Honda 1897 hasta obtener un tamaño

de 955 μm (micras), finalmente se almacenó en polipapel de 20 cm por 30 cm con un porcentaje de humedad de menos de 12%, con el fin de evitar presencia de microorganismos o proliferación de plagas.

Para la preparación de la harina de nopal los nopales frescos se obtuvieron del mercado local; se seleccionaron, limpiaron y secaron en un deshidratador solar a temperatura ambiente de 23 °C por 24 h. Posteriormente la muestra se molió con un molido mecánico Sanbar marca Honda 1897 donde se trituró a 1956 μm , finalmente se almacenó en polipapel de 15 cm por 25 cm con un porcentaje de humedad menor a 12%.

Mermelada de higo

Los higos maduros (1000 g) se lavaron y desinfectaron con Cl, la cáscara se retiró, la pulpa se coció con 450 g de azúcar y 100 ml de agua durante 30 min a 70 °C. La mermelada se almacenó en frascos de vidrio previamente esterilizados.

Formulaciones

Para la elaboración del pan tipo coyota se plantearon tres formulaciones, las cuales se diferenciaron específicamente en la cantidad sustituida de harina de trigo por harina de frijol y de nopal. La harina de trigo varió entre 90, 80 y 70%; la harina de nopal entre 8%, 18% y 28%, respectivamente; la harina de nopal se mantuvo constante en 2% en todas las formulaciones (tabla 1).

Procedimiento para elaboración de un pan tipo coyota

Se mezclaron las harinas con la manteca vegetal hasta homogeneizar, la mezcla se dejó reposar por 30 min. Mientras, en un tazón con 100 ml de agua se disolvió la mitad del piloncillo y los piloncillos restantes se trituraron hasta lograr un polvo fino. Se agregó a la mezcla de harina y se amasó. Se elaboraron bolas de masa de 5 cm de diámetro, se extendió la masa con un rodillo hasta dejar una lámina cilíndrica de aproximadamente 3 mm de grosor y entre 10 y 15 cm de diámetro. A una lámina se agregaron 20 g de mermelada de higo que se cubrió con otra lámina de masa uniendo las orillas con un tenedor y haciendo pequeños orificios en la parte superior. Se colocaron en charolas previamente engrasadas con manteca vegetal, se precalentó el horno a 200 °C durante 10 min y se hornearon entre 12 y 15 min a la misma temperatura. Se enfriaron a temperatura ambiente y se embolsaron en polipapel, se dejaron en un lugar seco. De acuerdo con el color, sabor y textura se eligió la formulación F2 (coyota experimental) para la determinación de parámetros nutrimentales.

Determinaciones proximales

La determinación de proteína se realizó de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-F-68-S-1980 (SPFI, 4 de agosto de 1980), los carbohidratos con la NMX-F-312-1978 (SPFI, 15 de marzo de 1978) y las grasas con la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994 (SSA, 26 de junio de 1996).

Tabla 1

Formulaciones para la obtención del pan tipo coyota

Ingredientes	F1	F2	F3
	90:8:2	80:18:2	70:28:2
	(g)	(g)	(g)
Harina de trigo	180	160	140
Harina de frijol	16	36	56
Harina de nopal	4	4	4
Manteca vegetal	11.5	11.5	11.5
Mantequilla	11.5	11.5	11.5
Sal	5	5	5
Azúcar	15	15	15
Mermelada de higo	20	20	20

Nota: Elaboración propia.

Evaluación de fenoles totales y capacidad antioxidante

El contenido de fenoles totales se determinó de acuerdo con la metodología descrita por Loarca-Piña et al. (2019). Brevemente se empleó una microplaca de 96 pozos a la cual se agregaron 150 μ l de reactivo de Folin Ciocalteu (1:10), 30 μ l de extracto de coyota y 120 μ l de Na₂CO₃ (75% w/v). Después de 30 min se leyó la microplaca en un espectrofotómetro Spectra Max 190 a una longitud de onda de 765 nm. Se realizó una curva de calibración de ácido gálico. Los resultados se reportaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de producto.

Para determinar la capacidad antioxidante se utilizó el método del radical ABTS•+ (Loarca-Piña et al., 2019). Se mezclaron 5 ml de una solución acuosa de 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico (ABTS) 7mM y 88 μ l de una solución de persulfato de potasio K₂S₂O₈ 140 mM, conservándose en un lugar oscuro durante 12 h para la generación del radical. Posteriormente a 500 μ l de la solución se agregaron 20 ml de etanol. Se agregaron 20 μ L del extracto seguidos de 230 μ l de solución ABTS a una microplaca de 96 pozos. Se registró la absorbancia en un espectrofotómetro Spectra Max 190 a una longitud de onda de 734 nm. Se realizó una curva de calibración de Trolox y los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de Trolox/g de producto.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar para el análisis proximal y un diseño de bloques con arreglo factorial para fenoles totales y capacidad

antioxidante en el pan tipo coyota experimental (F2) de forma independiente a partir de sustituciones parciales de harina de trigo por harinas de frijol negro San Luis y nopal con la aplicación de dos niveles de temperaturas (170 y 180 °C) y dos niveles de tiempo (11 y 13 min) (tabla 2).

En el análisis de datos se utilizó un análisis de varianza para observar si existían diferencias significativas ($p < 0.05$). En el caso de existir diferencias significativas se utilizó la comparación de medias a través de la prueba de Tukey. Los gráficos y su interpretación fue con el programa estadístico InfoStat® versión 2015 de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

RESULTADOS

El pan tipo coyota formulación F2 se eligió por ser el que presentó mejores características visuales y se denominó de ahí en adelante *coyota experimental*, de la cual se determinó el contenido de proteína, carbohidratos y grasa (figura 1). La coyota experimental presentó un contenido con valores promedio para proteína, carbohidratos y lípidos de 14.0%, 49.58% y 16.18%, respectivamente. La coyota comercial (El Indio Yaquí®) reporta valores de 7.0%, 61% y 22% para proteína, carbohidratos y lípidos, respectivamente. Para los tres parámetros existe diferencia estadística significativa entre la coyota experimental y comercial ($p < 0.05$; figura 1). La coyota experimental presenta un mayor contenido de proteína y menores contenidos de carbohidratos y lípidos debido a la sustitución de harina de trigo por harinas de frijol y nopal.

Tabla 2

Diseño experimental

Tratamientos	Temperatura			
	170	170	180	180
	Tiempo			
	11	13	11	13
F1				
F2				
F3				

Nota: Elaboración propia.

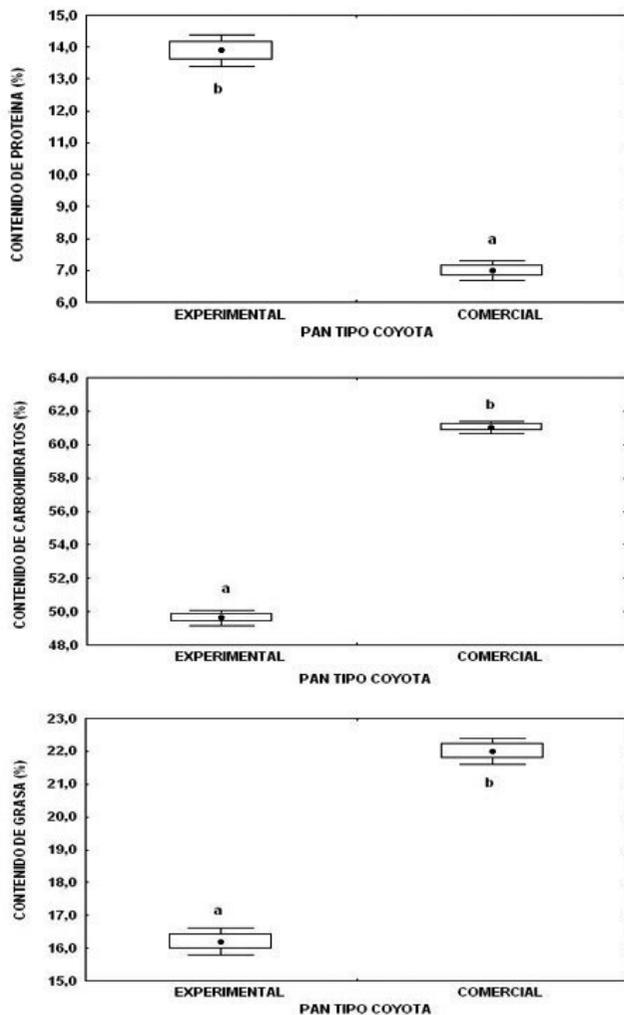


Figura 1. Contenido de proteína, carbohidratos y lípidos en el pan tipo coyota. Elaboración propia.

En los resultados para fenoles totales fueron evaluadas tres muestras con tres repeticiones cada una. Se observó un promedio de 0.65 mg/l, en los cuales la M2 tuvo el mayor contenido (figura 2). Estas variaciones pudieron deberse al proceso de preparación y extracto de las muestras, tiempo de preparación de la placa, entre otros. Para evaluar la capacidad antioxidante se utilizó el método de ABTS. La coyota presentó valores promedio de 0.05 mg ET/g, la M2 presentó el mayor valor de capacidad antioxidante (0.06 mg de ET/g), con diferencia de hasta 2 mg eq Trolox/g en comparación con M1 (figura 3).

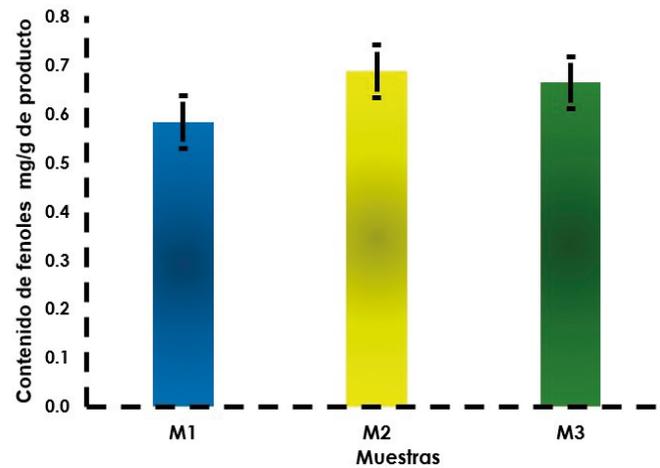


Figura 2. Contenido de fenoles totales. Elaboración propia.

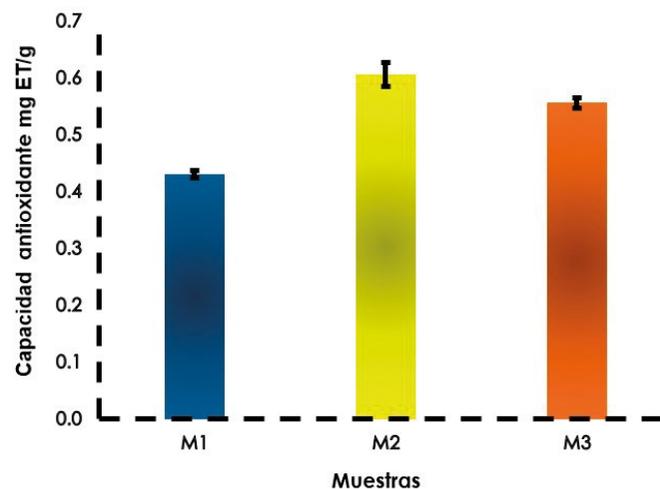


Figura 3. Valores de capacidad antioxidante ABTS. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Las etiquetas de información nutrimental de las coyotas comerciales indican entre 5 y 6% de proteína en el contenido; como ejemplo coyotas Lulú, coyotas de Sonora estilo Oquitoa y coyotas sonorenses Melly (myfitnesspal, s. f.). No existen estudios científicos que aporten su contenido para compararlas de forma nutricional. Al comparar el pan tipo coyota con otros estudios donde utilizan mezclas de harinas no convencionales se tienen reportes como el de Pérez-Hernández et al. (2018), donde se realiza una evaluación proximal y mineral en cajas de

harinas compuestas a base de trigo, leguminosas y oleaginosas con valores de 9.86 a 10.73% de proteína.

Zumarán-Alvarado et al. (2017) desarrollaron un pay de harina de frijol con relleno de mermelada de chilacayote donde se utilizaron cuatro tratamientos con diferentes proporciones de harinas de trigo y frijol, donde presentó 6.3% de proteína. Pascual-Chagman y Zapata-Huamán (2010) elaboraron un pan a partir de sustitución parcial de harina de trigo por harina de Kiwicha con cinco niveles de sustitución, donde obtuvieron desde 12.5 hasta 13.6% de proteína. Obregón, Contreras, Muñoz, Ayquipa y Fernández (2013) desarrollaron un pan a partir de sustitución parcial de harina de trigo por harinas de maíz y papa en 10%, mismo que evaluaron sensorial y nutricionalmente, con el cual se obtuvo desde 10.88 hasta 13.10% de proteína en las dos mejores formulaciones.

En cuanto a carbohidratos, las coyotas comerciales presentan valores desde 50 hasta 64%. Obregón et al. (2013), en el estudio mencionado anteriormente de un pan con sustitución de 10% de harina trigo por harinas de maíz y papa, obtuvieron un pan con 50.32% de dichos elementos; asimismo, Zumarán-Alvarado et al. (2017) obtuvieron en el pay de harina de frijol Negro San Luis 61.8% de los mismos.

Con relación al contenido de grasas, Figueroa-González et al. (2011) encontraron 17% al elaborar un panqué basado en harina de frijol negro Frijozac. A su vez, Zumarán-Alvarado et al. (2017) reportaron 25% de grasa en el desarrollo de un pay de harina



Figura 4. Pan tipo coyota.
Imagen tomada por los autores.

de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades funcionales. La coyota formulada (figura 4) en comparación con la coyota comercial ha aumentado en proteína 100% y disminuido carbohidratos y grasas en 16 y 17%, respectivamente; lo que representa una mejora en su calidad nutricional.

Los compuestos fenólicos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Son componentes importantes en la dieta humana y su consumo mejora el estado de salud. Es preferible consumir frutas frescas para mantener el consumo de agentes nutraceuticos; sin embargo, se busca que los alimentos procesados contengan alta cantidad de estos. En los panes, las harinas de leguminosas proporcionan fenoles debido a la testa de frijoles. El relleno de fruta también contribuye al contenido de fenoles.

Martínez-Dotor y López-Martínez (2013) evaluaron la retención de componentes bioactivos y capacidad antioxidante contra los radicales ABTS^{•+} y DPPH de cinco variedades de frijol consumido en México (bayo, flor de mayo, mayocoba, negro Jamaica y pinto) y reportaron valores desde 17.6 hasta 35 mg/g en el frijol crudo. Guajardo-Flores, Serna-Saldívar y Gutiérrez-Urbe (2013) cuantificaron compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en el frijol, donde se separaron grano y testa para determinar en ambas fracciones la capacidad antioxidante reportando para frijol negro San Luis valores desde 27 hasta 61 mg EAG/g, y desde 6.35 hasta 26.3 mg EAG/g para fenoles y flavonoides, respectivamente.

Li et al. (2015) señalan que se han hecho estudios con trigo donde el color está asociado con la cantidad de compuestos antioxidantes. Por el contrario, Mpofu, Sapirstein y Beta (2006) expresan que el color no parece ser un factor de expresión del contenido de dichos elementos. Por su parte, Rosas-Hernández, Maldonado-Garfía, Centeno-Rodríguez, Abraham-Juárez y Cerón-García (2017) desarrollaron un pan tipo bolillo parcialmente sustituido con harina de fibra de mango en 10 y 20%, con un incremento en 100% de fenoles comparado con un pan tipo bolillo convencional.

Los componentes fenólicos de la coyota, al igual que la proteína, son los responsables de la capacidad antioxidante observada. Dimov et al. (2018) desarrollaron un pan mezclando harina de trigo y plantas medicinales con el objetivo de tener un pan con capacidad antioxidante, el pan presentó valo-

res de 0.31 ± 0.05 mg ET/g. Comparando este resultado con los valores obtenidos en el presente trabajo, la coyota demuestra mayor capacidad antioxidante.

De acuerdo con otros estudios, Wu et al. (2004) reportan actividad antioxidante en granos de trigo con valores desde 1303 hasta 2479 μmol equivalentes a Trolox (ET), aproximadamente desde 14.7 hasta 28 mg por cada 100 g de producto. Asimismo, Li et al. (2015) evaluaron diferentes variedades de trigo donde mencionan que las harinas negras contienen una mayor capacidad antioxidante debido a la pigmentación del grano de trigo.

CONCLUSIONES

Se elaboró un pan tipo coyota con sustituciones de harinas de trigo, frijol y nopal con mermelada de higo. La coyota obtenida presenta mayor contenido de proteína y menor contenido de carbohidratos y grasa en comparación con coyotas comerciales. El pan presenta un contenido de fenoles totales que se asocia con su actividad antioxidante. La sustitución de harina de trigo por harinas de frijol y nopal no sólo mejora la calidad nutricional del producto artesanal, sino enriquece el contenido de agentes nutraceuticos con propiedades antioxidantes. El valor agregado de este pan artesanal tipo coyota promueve el uso de las materias primas de la región, como frijol y nopal. Además, se intenta generar fuentes de empleo con estos proyectos.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo técnico-económico otorgado al Laboratorio de Nutraceuticos de la Universidad Autónoma de Querétaro para los análisis de esta investigación; así como a la LC. Luz Margarita Chávez García, directora del ITSZN, por el apoyo y facilidades para este trabajo.

REFERENCIAS

- Calle, J., Benavent, G. Y., & Rosell, C. M. (2020). Development of gluten free breads from *Colocasia esculenta* flour blended with hydrocolloids and enzymes. *Food Hydrocolloid*, 98, 105243. doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105243
- Chaquilla-Quilca, G., Balandrán-Quintana, R. R., Mendoza-Wilson, A. M., & Mercado-Ruiz, J. N. (2018). Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. *Ciencia UAT*, 12(2), 137-147.
- Chávez-Mendoza, C., & Sánchez, E. (2017). Bioactive compounds from mexican varieties of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): Implications of health. *Molecules*, 22(8), 1360. doi: 10.3390/molecules22081360
- Defloor, I. (1995). Factors governing the breadmaking potential of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour. Bélgica: K. U. Leuven.
- Dimov, I., Petkova, N., Nakov, G., Taneva, I., Ivanov, I., & Stamatovska, V. (2018). Improvement of antioxidant potential of wheat flours and breads by addition of medicinal plants. *Ukrainian Food Journal*, 7(4), 671-681. doi: 10.24263/2304-974X-2018-7-4-11
- Figuroa-González, J. J., Juárez, I. C. A., Herrera, H. M. G., Guzmán, M. S. H., & Sánchez, T. B. I. (2011). *Manual elaboración de productos agroindustriales de frijol* (35 pp.). Publicación especial No. 21. México: CIRNOC INIFAP Campo Experimental Zacatecas.
- Franco-Miranda, H., Chel-Guerrero, L., Gallegos-Tintoré, S., Castellanos-Ruelas, A., & Betancur-Ancona, D. (2017). Physicochemical, rheological, bioactive and consumer acceptance analyses of concha-type Mexican sweet bread containing Lima bean or cowpea hydrolysates. *LWT Food Science and Technology*, 80, 250-256. doi: 10.1016/j.lwt.2017.02.034
- Giraldo-Gómez, J. A. (2013). *Desarrollo de un producto tipo "snack" por el método de deshidratación combinada a partir de la piña variedad "oro miel" (Golden)* (Tesis de grado). Universidad Tecnológica de Pereira.
- Gomes-Basso, F., Ferreira, A., Wojcicchowski, J. P., Nogueira, A., & Mottin, I. (2018). Bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Whole seeds with complex chemical composition. *Current Opinion in Food Science*, 19, 63-71. doi: 10.1016/j.cofs.2018.01.010
- Gonzales-Barron, U., Dijkshoorn, R., Maloncy, M., Finimundy, T., Carocho, M., Ferreira, Isabel C. F. R., ... Cadavez, V. (2020). Nutritional quality and staling of wheat bread partially replaced with peruvian mesquite (*Prosopis pallida*) flour.

Food Research International, 137, 109621. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109621

- Guajardo-Flores, D., Serna-Saldívar, S. O., & Gutiérrez-Urbe, J. A. (2013). Evaluation of the antioxidant and antiproliferative activities of extracted saponins and flavonols from germinated black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 141(2), 1497-1503. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.04.010
- Henao-Osorio, S., & Aristizábal-Galvis, J. (2009). Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. *Revista Ingeniería e Investigación*, 29(1), 39-46.
- La Jornada. (26 de agosto de 2018). Sector informal hunde a industria del pan: Canainpa. *VANGUARDIA HD* (periódico digital). Recuperado de <http://vanguardia.com.mx/articulo/sector-informal-hunde-industria-del-pan-canainpa>
- Li, Y., Ma, D., Sun, D., Wang, C., Zhang, J., Xie, Y., & Guo, T. (2015). Total phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of flour, noodles, and steamed bread made from different colored wheat grains by three milling methods. *The Crop Journal*, 3(4), 328-334. doi: 10.1016/j.cj.2015.04.004
- Loarca-Piña, G., Neri, M., Figueroa, J. D., Castaño-Tostado E., Ramos-Gómez, M., Reynoso, R., & Mendoza, S. (2019). Chemical characterization, antioxidant and antimutagenic evaluation of pigmented corn. *Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 3177-3184.
- Marchini, M., Carini, E., Cataldi, N., Boukid, F., Blandino, M., Ganino, T., ...Pellegrini, N. (2021). The use of red lentil flour in bakery products: How do particle size and substitution level affect rheological properties of wheat bread dough? *LWT*, 136, 110299. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110299>
- Martínez-Dotor, J., & López-Martínez, L. X. (2013). *Efecto del procesamiento en el contenido de compuestos fenólicos y las propiedades antioxidantes de diferentes variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) mexicano* (Tesis de licenciatura). Repositorio institucional UAEM. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/14379>
- Mpofo, A., Sapirstein, H. D., & Beta, T. (2006). Genotype and environmental variation in phenolic content, phenolic acid composition, and antioxidant activity of hard spring wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(4), 1265-1270. doi: 10.1021/jf052683d
- myfitnesspal. (s. f.). Coyotas sonorenses Melly [Entrada en blog]. Recuperada de <https://www.myfitnesspal.com/es/nutrition-facts-calories/coyotas-sonorense-melly>
- Obregón, A., Contreras, E., Muñoz, A. M., Ayquipa, R., & Fernández, W. (2013). Evaluación sensorial y físicoquímica de panes con sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harinas de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*). *Ciencia e Investigación*, 16(2), 73-76. doi: 10.15381/ci.v16i2.9960
- Olaiz-Fernández, G., Rivera-Dommarco, J., Shamah-Levy, T., Rojas, R., Villalpando-Hernández, S., Hernández-Ávila, M., & Sepúlveda-Amor, J. (2006). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006*. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.
- Olivera C., M., Ferreyra D., V., Giacomino M., S., Curia C., A., Pellegrino G., N., Fournier U., M., & Apro C., N. (2012). Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(3), 18-25.
- Pascual-Chagman, G., & Zapata-Huamán, J. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo *Triticum aestivum* L. por harina de Kiwicha *Amaranthus caudatus* L., usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(4), 377-388.
- Pérez-Hernández, W. T., De la Cruz-Magaña, Y., Miranda-Cruz, E., Ochoa-Flores, A. A., Corzo-Sosa, C. A., López-Hernández, E., ...Rodríguez-Blanco, L. (2018). Evaluación proximal y mineral en pan de caja de harinas compuestas a base de trigo, leguminosas y oleaginosas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(2018), 41-47.
- Rosas-Hernández, A., Maldonado-Garfía, C., Centeno-Rodríguez, M. A. C., Abraham-Juárez, Ma. R., & Cerón-García, A. (2017). Efecto en la capacidad antioxidante, fenoles y flavonoides totales del pan bolillo parcialmente sustituido con harina de fibra de mango. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(2017), 15-20.
- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. (15 de marzo de 1978). Aviso a los industriales, comerciantes y público en general, sobre normas para productos industriales, NOM-F-312-1978 (determinación de reductores directos y totales en alimentos, etcétera. *Diario Oficial de la Federación*, 7. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4691678&fecha=15/03/1978&cod_diario=202195
- ----- (4 de agosto de 1980). Alimentos Determinación de Proteínas, (esta Norma cancela la NOM-F-68-1977). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980
- Secretaría de Salud. (26 de junio de 1996). Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4890075&fecha=26/06/1996

- Surco-Almendras, J. C., & Alvarado-Kirigin, J. A. (2010). Harinas compuestas de sorgo-trigo para panificación. *Revista Boliviana de Química*, 27(1), 19-28.
- Torbica, A., Belović, M., & Tomić, J. (2019). Novel breads of non-wheat flours. *Food Chemistry*, 282(1), 134-140. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.12.113
- Ulloa, J. A., Rosas-Ulloa, P., Ramírez-Ramírez, J. C., & Ulloa-Rangel, B. E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): Su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 3(8), 5-9.
- Valente, L. M. M., da Paixão, D., do Nascimento, A. C., dos Santos, P. F. P., Scheinvar, L. A., Moura, M. R. L., ... da Silva, J. F. M. (2010). Antiradical activity, nutritional potential and flavonoids of the cladodes of *Opuntia monacantha* (Cactaceae). *Food Chemistry*, 123(4), 1127-1131. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.05.074
- Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., & Prior, R. L. (2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(12), 4026-4037. doi: 10.1021/jf049696w
- Zumarán-Alvarado, E., M., Juárez-García, M., Mancillas-Medina, J., Ávila-Ontiveros, M., & Leyva-Maldonado, A. (2017). Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(71), 27-33.

Identificación del polimorfismo en la MMP-7-181A>G en mujeres potosinas con neoplasia intraepitelial cervical

Identification of MMP-7-181A>G polymorphism in potosine women with cervical intraepithelial neoplasia

Omar Medina-De la Cruz*, Saúl E. Escoto-Chávez**, Darío Gaytán-Hernández*, Edgar Villegas-Hinojosa*, Yolanda Terán-Figueroa*, Verónica Gallegos-García*✉

Medina-De la Cruz, O., Escoto-Chávez, S. E., Gaytán-Hernández, D., Villegas-Hinojosa, E., Terán-Figueroa, Y., & Gallegos-García, V. (2021). Identificación del polimorfismo en la MMP-7-181A>G en mujeres potosinas con neoplasia intraepitelial cervical. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 33-41.

RESUMEN

Las metaloproteasas están implicadas en la regulación del crecimiento, diferenciación, apoptosis, invasión, migración, metástasis, angiogénesis y regulan el microambiente del tumor. El polimorfismo -181A>G del gen MMP-7 produce una sobreexpresión de la proteína y se ha asociado a diversos cánceres: hígado, pulmón, boca y cáncer cervicouterino (CaCu). En este estudio se recolectaron 103 muestras de células bucales descamadas de pacientes con diferentes grados de neoplasia intraepitelial cervical (NIC) y se aplicó el instrumento (30 preguntas) para la identificación de factor de riesgo y cofactores para el desarro-

Palabras clave: polimorfismo; MMP-7; neoplasia intraepitelial cervical; cáncer cervicouterino.

Keywords: polymorphism; MMP-7; cervical intraepithelial neoplasia; cervical cancer.

Recibido: 31 de enero de 2020, aceptado: 12 de febrero de 2021

* Facultad de Enfermería y Nutrición, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Niño Artillero No. 130, Zona Universitaria, C. P. 78240, San Luis Potosí, México. Correo electrónico: omar.medina@uaslp.mx; dgaytan@uaslp.mx; eedgaar21@gmail.com; yolanda@uaslp.mx; veronica.gallegos@uaslp.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0239-7721>; <http://orcid.org/0000-0002-0545-076X>; <http://orcid.org/0000-0002-3508-8597>; <http://orcid.org/0000-0002-6118-6393>; <http://orcid.org/0000-0002-6218-4760>

** Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Dr. Manuel Nava No. 8, Zona Universitaria Poniente, C. P. 78290, San Luis Potosí, México. Correo electrónico: saul.escoto@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2558-851X>

✉ Autor para correspondencia

llo de NIC y CaCu. Se amplificó por PCR un fragmento de 159pb del gen MMP-7 para la identificación del polimorfismo -181A>G a través de análisis de restricción. Se encontró que la población está en equilibrio de Hardy-Weinberg y el cálculo de Odds Ratio (OR) o razón de posibilidades del hábito tabáquico fue de OR= 2.93 (IC= 1.008-8.567 y $p= 0.043$) y para el polimorfismo fue de OR= 0.812 (IC= 0.141-4.686 y $p= 0.815$), esto indica que en mujeres potosinas el genotipo -181GG no está asociado al desarrollo de NIC.

ABSTRACT

Metalloproteases are involved in regulation growth, differentiation, apoptosis, invasion, migration, metastasis, angiogenesis and regulate the tumor microenvironment. The polymorphism -181A>G of the MMP-7 gene causes overexpression of the protein and has been associated with various cancers: liver, lung, mouth and Cervical Cancer (CC). In this study 103 samples of desquamated buccal cells were collected from patients with different degrees of Cervical Intraepithelial Neoplasia (CIN), and the instrument (30 items) for the identification of risk factor and co-factors for the development of CIN and CC was applied. A 159bp fragment of the MMP-7 gene was amplified by PCR for the identification of the -181A>G polymorphism through restriction analysis. It was found that the population is in Hardy-Weinberg equilibrium and the calculation of Odds Ratio (OR) or odds ratio for smoking was OR= 2.93 (CI= 1.008- 8.567 and $p= 0.043$) for the polymorphism it was OR= 0.812 (CI= 0.141- 4.686 and $p= 0.815$), this indicates that in Potosine women

the -181GG genotype is not associated with the development of CIN.

INTRODUCCIÓN

El cáncer cervicouterino (CaCu) es un problema de salud pública y en países de ingresos medios y bajos como México se asocia con altos índices de mortalidad y morbilidad. En el año 2018 la tasa de prevalencia fue de 8.30 y la tasa de mortalidad estimada de 5.8 por 100,000 mujeres a nivel nacional; en San Luis Potosí la incidencia por CaCu fue de 52.80 por 100,000 mujeres con 98 defunciones de acuerdo con el Programa de Cáncer de la Mujer de Servicios de Salud de San Luis Potosí (Alarco-Tosoni & Castillo-García, 2018; Campos-Romero et al., 2019; Gutiérrez Enríquez et al., 2017; Rangel-Martínez, 5 de agosto de 2019; Terán-Hernández et al., 2016; WHO, 2018).

Antes de progresar a CaCu la zona de transformación del cérvix pasa por cambios que van desde una infección por el virus del papiloma humano (VPH) hasta el desarrollo de una neoplasia intraepitelial cervical (NIC I, NIC II y NIC III) de acuerdo con la clasificación de Richart (Medina-Villaseñor et al., 2014).

El VPH es causa necesaria pero no suficiente para el desarrollo de la enfermedad (Bosch & Muñoz, 2002). Se requiere la presencia de cofactores intrínsecos y extrínsecos; genéticos, múltiples parejas sexuales, hábito tabáquico, inicio de vida sexual a edad temprana, por mencionar algunos. Estos influyen sobre el epitelio de la zona de transformación y alteran su estructura provocando daño al ácido desoxirribonucleico (ADN) celular (Alaniz Sánchez, Flores Grimaldo, & Salazar Alarcón, 2009).

El ADN puede sufrir cambios en la secuencia de los nucleótidos que se originan por errores en los mecanismos de replicación y reparación, pero también por diversos factores ambientales que producen mutaciones (Chatterjee & Walker, 2017). Estas pueden tener efectos deletéreos y originar polimorfismos, que es cuando la frecuencia en uno de sus alelos se presenta en >1% de la población; los más frecuentes son los SNP (*Single Nucleotide Polymorphisms*, por sus siglas en inglés) (Checa-Caratachea, 2007).

Los SNP pueden modificar la expresión génica entre una persona y otra, hasta alterar el fenotipo de enfermedades complejas. Estos pueden originar cambios en la región promotora de los genes para modificar, destruir o crear sitios de unión y reconocimiento para algunos factores de transcripción; de esta manera hay variaciones en los niveles de expresión génica, lo que conlleva una sobreexpresión de los mismos (Ramírez-Bello, Vargas-Alarcón, Tovilla-Zárate, & Fragoso, 2013). Un ejemplo de ellos es el polimorfismo en el promotor del gen de la metaloproteasa-7 de matriz MMP-7, el cambio en el sitio -181A>G. Este polimorfismo se ha encontrado sobrerrepresentado en diferentes tipos de cáncer como colon, esófago, estómago, pulmón, hígado, ovario y CaCu (Li et al., 2009; Malik, Sharma, Zargar, & Mittal, 2011; Moreno-Ortiz et al., 2014; Qiu et al., 2008; Singh, Jain, & Mittal, 2008; Zhang et al., 2006).

La MMP-7 pertenece a las enzimas proteolíticas matrilisinas que tienen la capacidad de degradar matriz extracelular del tejido conectivo (elastina, fibronectina, proteoglicanos y colágeno tipo IV). Se ha reportado que la sobreexpresión de éstas es importante para la invasión y metástasis en múltiples carcinomas de origen epitelial (Coronato, Laguens, & Di Girolamo, 2012; Wu, Guan, Zhang, Li, & Bai, 2013). La región promotora del gen que codifica para MMP-7 contiene un sitio de unión para el factor de transcripción AP-1 (Proteína Activadora 1) que juega un papel importante en la regulación de la expresión del gen en respuesta a diversos estímulos (Ye, 2000).

El polimorfismo A>G en el promotor del gen MMP-7 modula la actividad transcripcional al influir en la unión de proteínas reguladoras nucleares, en donde el alelo G es el de mayor actividad transcripcional basal (Subramanian et al., 2019; Tacheva et al., 2017). Las proteínas nucleares se unen con mayor afinidad al alelo G que al alelo A, lo que resulta en un aumento significativo de la actividad del promotor (Beeghly-Fadiel et al., 2009). Por ello la identificación de las variantes génicas del polimorfismo MMP-7-181A>G en mujeres potosinas con diagnóstico de NIC resultará útil para comprender el desarrollo y la progresión de esta enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio de casos (con NIC) y controles (sin NIC) de corte transversal se realizó en la clínica de colposcopia del Hospital del Niño y la Mujer Dr. Alberto López Hermosa de los servicios de salud de San Luis Potosí en el periodo comprendido desde mayo hasta julio de 2015. La muestra fue no probabilística y por cuota. Las pacientes firmaron un consentimiento informado, 73 con diagnóstico de diferentes grados de NIC por resultado histopatológico y 30 pacientes con citología vaginal negativa con residencia en la ciudad de San Luis Potosí. Se utilizó un instrumento con confiabilidad y validado (Alfa de Cronbach 0.71) que contiene 30 preguntas para la identificación de factor de riesgo y cofactores para el desarrollo de NIC y CaCu.

Análisis del polimorfismo

Las células se recolectaron con un cepillo estéril de cerdas suaves (Cytobrush) del interior de ambas mejillas y se almacenaron a -70 °C hasta su procesamiento. Para la extracción del ADN se colocaron en 400 µl de solución de lisis (Tris-HCl 100 mM pH 8.8, EDTA 5 mM, SDS 0.5%, NaCl 100 mM) y se añadieron 10 µl de SDS a 10% y 45 µl de proteinasa K a una concentración de 10 mg/ml (Invitrogen). Se incubaron por 3 h a 55 °C con agitación de 300 r. p. m. La extracción se realizó con la técnica de fenol-cloroformo-alcohol isoamílico 25:24:1 (Sigma) y el ADN fue precipitado con etanol absoluto (Sigma). Se resuspendió en 50 µl de agua destilada y se almacenó a -20 °C.

La reacción en cadena de polimerasa (PCR) para la amplificación de la región promotora del gen *MMP-7* se llevó a cabo en un volumen de 25 µl. La solución contuvo 150 ng de ADN genómico, 0.1 mM de cada oligonucleótido Fw- GGTACCATAATGTCCTGAATGATACCTATG y Rv- TCGTATTGGCAGGAAGCACACAATGAATT, 1x tampón de Taq polimerasa (1.4 mM MgCl₂), 0.2 mM de dNTP's y 0.25 U de ADN Taq polimerasa (Invitrogen). Los oligonucleótidos utilizados son los reportados por Singh, Jain y Mittal (2008) con base en la secuencia del promotor de *MMP-7* (Genbank) de Homo Sapiens (Singh et al., 2008).

El producto de la amplificación con los oligonucleótidos antes mencionados corresponde a un fragmento de 159 pb, en el cual se localiza el sitio de restricción para la enzima EcoRI en cada

uno de los fragmentos. La PCR punto final se realizó en un termociclador programable (Primer) y las condiciones para la amplificación del fragmento de 159 pb de *MMP-7* fueron las siguientes: Un ciclo a 94 °C durante 5 min; 35 ciclos a 94 °C durante 30 seg, 68 °C durante 30 seg y 72 °C durante 50 seg y ciclo de extensión final a 72 °C durante 6 min. El producto de PCR se resolvió por electroforesis en un gel de agarosa a 2% teñido con bromuro de etidio.

Posteriormente el producto de PCR se mezcló con 1 U EcoRI (Sigma) para la digestión enzimática, de acuerdo con las condiciones del fabricante. Los fragmentos esperados del producto de la digestión para cada genotipo son 159pb para el homocigoto (A/A); 159 pb, 129 pb y 30 pb para heterocigoto (A/G); 129 pb y 30 pb para el homocigoto (G/G). Los productos se resolvieron en un gel de agarosa a 3% teñido con bromuro de etidio. Algunas muestras fueron seleccionadas y se secuenciaron con el método de didesoxinucleótidos marcados en el secuenciador 3130 Genetic Analyzer (Applied Biosystems) (Datos no mostrados).

Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva e inferencial. Las asociaciones entre los factores de riesgo de la génesis de la enfermedad se estimaron por (OR) y los intervalos de confianza asociados de 95% (IC) mediante el programa estadístico SPSS V.21. Se realizaron los cálculos de las frecuencias genotípicas esperadas para determinar si la población en estudio se encontraba en equilibrio de Hardy-Weinberg (HW).

RESULTADOS

El promedio de edad de las pacientes fue de 34 años con un rango de 18 a 66 años y una desviación estándar de 11.12. Se observó que la educación básica ocupa el rango más alto de estudios con 66.9% (69); en cuanto a ocupación 40.8% (42) de las participantes se autoemplean y en relación con estado civil 49.5% (51) de la población son casadas (tabla 1).

Tabla 1

Características sociodemográficas de la población de estudio que acudió a la clínica de colposcopia del Hospital del Niño y la Mujer Dr. Alberto López Hermosa

Características	Frecuencia (n= 103)	Porcentaje (100%)
Escolaridad		
Primaria	26	25.2
Secundaria	43	41.7
Preparatoria	19	18.4
Licenciatura	10	9.7
Posgrado	5	4.9
Ocupación		
Labores del hogar	10	9.7
Labores del hogar/Estudiante	4	3.9
Estudiante	4	3.9
Empleada	38	36.9
Autoempleo	5	4.9
Profesionista	42	40.8
Estado civil		
Casada	51	49.5
Unión libre	31	30.1
Viuda	1	1
Divorciada	5	4.9
Soltera	15	14.6

Nota: Elaboración propia.

Tabla 2

Cofactores asociados a NIC en la población de estudio que acudió a la clínica de colposcopia del Hospital del Niño y la Mujer Dr. Alberto López Hermosa

Cofactor		NIC (73)		SIN NIC (30)		TOTAL (103) n	OR	INTERVALO 95%	P
		n	%	n	%				
Cocinar c/ leña	SI	18	69.24	8	30.76	26	0.90	(0.342-2.371)	0.830
	NO	55	71.43	22	28.57	77			
Hábito tabáquico	SI	27	84.37	5	15.63	32	2.93	(1.000-8.567)	0.043
	NO	46	64.78	25	35.21	71			
Fumadora pasiva	SI	41	77.35	12	22.65	53	1.92	(0.810-4.562)	0.136
	NO	32	64.00	18	36.00	50			
Familiares con NIC o CaCu	SI	20	80.00	5	20.00	25	1.887	(0.635-5.608)	0.248
	NO	53	67.94	25	32.06	78			
Inicio de vida sexual	<20 años	64	71.91	25	28.09	89	1.42	(0.434-4.661)	0.551
	>20 años	9	64.28	5	35.72	14			
Anticonceptivos hormonales orales	SI	15	71.42	6	28.58	21	1.034	(0.359-2.985)	0.590
	NO	58	70.73	24	29.27	82			
Enfermedades de transmisión sexual	SI	6	75.00	2	25.00	8	1.254	(0.238-6.594)	0.789
	NO	67	70.52	28	29.48	95			

Nota: Elaboración propia.

Cofactores asociados al desarrollo de NIC

De los factores de riesgo analizados en esta investigación, el que obtuvo una significancia estadística fue el hábito tabáquico con una OR de 2.93 (IC= 1.008-8.567 y $p= 0.043$), lo que indica que aquellas mujeres que fuman tienen 1.93 más probabilidades de desarrollar algún grado de NIC, respecto a las que no fuman (tabla 2).

Amplificación y digestión enzimática del fragmento de 159pb

Se realizó la PCR a 103 muestras de pacientes y el tamaño del producto de PCR que se obtuvo fue de 159 pb. El producto de PCR fue secuenciado y el tamaño corresponde con lo observado en el gel de agarosa (figura 1 inciso A). Para la identificación del polimorfismo MMP-7-181A>G se llevó a cabo el análisis de restricción, mismo que se observó en un gel de agarosa. Se encontraron los diferentes genotipos distribuidos en la población, tanto en las pacientes con NIC como en las pacientes sin neoplasia (figura 1 inciso B).

Resultados moleculares del polimorfismo MMP-7-181A>G

Se identificaron 2 alelos (A y G) y 3 genotipos: homocigoto -181AA (55.3%), heterocigoto -181AG (39.8%) y homocigoto -181GG (4.9%). La distribución del genotipo del polimorfismo MMP-7-181A>G en los controles se representan acorde al equilibrio HW. Las frecuencias genotípicas y alélicas del polimorfismo en los controles y en las pacientes con NIC se muestran

en la tabla 3. Los resultados indican que los individuos con el genotipo MMP-7-181GG no mostraron tener mayor riesgo para el desarrollo de NIC OR= 0.812 (IC= 0.141-4.686 y $P= 0.815$).

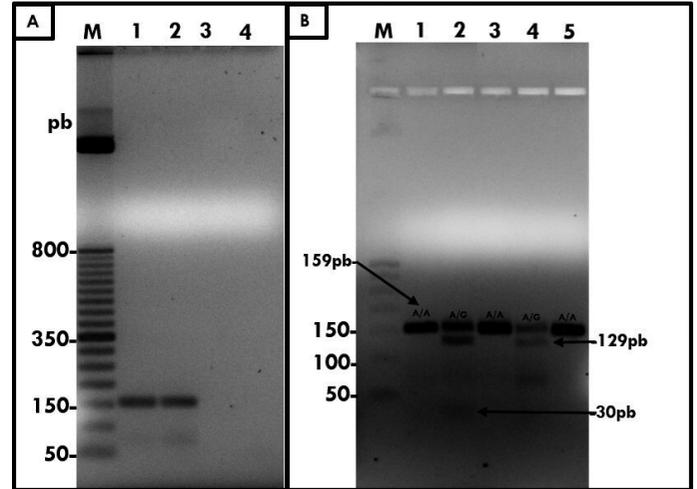


Figura 1. A) Amplificación de PCR punto final del fragmento de 159 pb del promotor del gen MMP-7. Marcador de peso molecular de 50 pb (carril M), fragmento de 159 pb (carriles 1 y 2), control negativo de la PCR (carril 3 y 4). Gel de agarosa a 2% teñido con bromuro de etidio. B) Análisis de fragmentos obtenidos después de fragmentación con la enzima de restricción EcoRI del producto de 159 pb. Marcador de peso molecular de 25 pb (carril M). Muestra representativa de algunos genotipos encontrados en la población de estudio AA (homocigoto) 159 pb (carril 1, 3 y 5), AG (heterocigoto) 159 pb, 129 pb y 30 pb (carril 2 y 4). Gel de agarosa a 3% teñido con bromuro de etidio. Elaboración propia.

Tabla 3

Asociación de los genotipos de MMP-7-181A>G y el riesgo de desarrollar NIC de la población total de estudio que acudió a la clínica de colposcopia del Hospital del Niño y la Mujer Dr. Alberto López Hermosa

Genotipo	NIC (n= 73)		SIN NIC (n= 30)		χ^2	Valor P	OR (IC 95%)
	n	%	n	%			
AA	37	50.7	20	66.7	-	-	1 (Reference)
AG	33	45.2	8	26.7	2.639	0.104	2.146 (0.845-5.451)-
GG	3	4.1	2	6.7	0.055	0.815	0.812(0.141-4.686)

Nota: Elaboración propia.

Asociación del polimorfismo MMP-7-181A>G con los distintos grados de NIC

La presencia de la mutación en el gen *MMP-7* y los parámetros histopatológicos se presentan en la tabla 4. No hubo una correlación estadísticamente significativa entre la incidencia de mutación en este gen y la progresión clínica de acuerdo con la clasificación de Richart.

homocigoto -181AA, heterocigoto -181AG y homocigoto -181GG. Estos se encuentran distribuidos homogéneamente entre las pacientes con y sin NIC, para lo cual no se ha detectado ninguna asociación entre el polimorfismo MMP-7-181A>G y el riesgo a desarrollar NIC, lo cual muestra que la población se encuentra en equilibrio de HW. Lo anterior difiere del estudio realizado por Singh et al. (2008), donde las pacientes que presentan el genotipo -181GG tienen más riesgo de desarrollar CaCu comparadas con

Tabla 4

Correlación entre los genotipos y grados de NIC en la población de estudio que acudió a la clínica de colposcopia del Hospital del Niño y la Mujer Dr. Alberto López Hermosa

Resultado histopatología	por n= 45	Genotipo identificado en la paciente			
		A/G+G/G 100%	χ^2	Valor P	OR (IC 95%)
Normal	10	22.2	1.845	0.174	0.543 (0.224-1.318)
NIC I	15	33.3	0.685	0.408	1.433 (0.610- 3.367)
NIC II	14	31.1	0.153	0.696	1.185 (0.505-2.786)
NIC III	6	13.3	0.0037	0.848	1.121 (0.349- 3.602)

Nota: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

La *MMP-7* se localiza en células epiteliales y se ha inmunolocalizado en el citoplasma de células del carcinoma cervical, monocitos y mucosas (Singh et al., 2008). Otras investigaciones mencionan que la *MMP-7* tiene actividad para eliminar el dominio extracelular del factor de crecimiento epidérmico, factor de necrosis tumoral y la E-caderina (Yu, Woessner, McNeish, & Stamenkovic, 2002). Al alelo *MMP-7-181G* se le ha atribuido una mayor actividad promotora (2-3 veces) en comparación con el alelo -181A. En la línea celular U938 la presencia de un supuesto sitio de unión (NGAAN) para el factor de transcripción de choque térmico en el alelo -181G se encuentra ausente en el alelo -181A (Yari, Rahimi, Payandeh, & Rahimi, 2015), lo anterior sugiere la diferencia en la actividad del promotor.

De acuerdo con el presente estudio se logró la identificación de tres genotipos diferentes:

Varios estudios han informado sobre estas variantes y su asociación con otros cánceres como el estudio de Kubben et al. (2006), en el que en pacientes con cáncer gástrico se encontró que los genotipos -181AG y GG estaban asociados con una mayor mortalidad (Kubben et al., 2006). En otras investigaciones se ha observado un aumento en los niveles de ARNm de *MMP-7* que se correlaciona con una mayor desdiferenciación y metástasis en cáncer de colon (Yoshimoto et al., 1993).

Estudios sobre la *MMP-7* han descrito variaciones sobre cómo influye en la aparición de distintas enfermedades de una población a otra. Por ejemplo, Mogulkoc et al. (2012) muestran que el genotipo homocigoto -181AA se asocia con enfermedad pulmonar obstructiva en pacientes de Turquía. También incrementa el riesgo para el síndrome de bronquiolitis obliterante en pacientes holandeses (Kastelijn et al., 2010; Mogulkoc et al., 2012). Por otro lado, el genotipo -181GG se ha

asociado con cáncer de esófago, estómago y pulmón en poblaciones de Asia (Zhang et al., 2005).

Jormsjö et al. (2001) encontraron que la variante alélica -181G resulta en un elevado nivel de expresión de la MMP-7 en individuos con enfermedad coronaria; mientras que Moreno et al. (2014) en un estudio de Jalisco encontraron que el genotipo homocigoto -181GG influye genéticamente al dar susceptibilidad para cáncer colorrectal; esto difiere con lo encontrado en esta investigación (Moreno-Ortiz et al., 2014).

Ghilardi, Biondi, Erario, Guagnellini y Scorza (2003) mencionan que este polimorfismo no se asocia con cáncer colorrectal en pacientes de Italia (Ghilardi et al., 2003). Sin embargo, en la presente investigación el genotipo MMP-7-181GG en mujeres potosinas no mostró asociación estadísticamente significativa con el desarrollo de NIC. Esta disparidad puede atribuirse a diferencias en el contexto genético de la población, el cual puede estar influido por diversos factores de tipo ambiental y así como al tamaño de la muestra.

Uno de los cofactores más estudiados en torno al desarrollo de NIC es el hábito tabáquico y para esta investigación se encontró un OR= 2.93 de posibilidades más de riesgo al desarrollo de NIC para las mujeres fumadoras respecto a las no fumadoras. El hábito tabáquico se consideró como el haber consumido más de 100 cigarrillos durante su vida según una investigación realizada en la ciudad de Colima por Baltazar-Rodríguez et al. (2008). Castellsagué et al. (2002) mencionan que las mujeres con hábito tabáquico tienen 2.2 más probabilidades de desarrollar NIC respecto a las que no, similar a lo encontrado en este estudio. Otros estudios sugieren que hay una acción sinérgica entre el VPH y el hábito tabáquico, lo que aumenta las probabilidades de que las mujeres desarrollen NIC (Gunnell et al., 2006).

Se han propuesto dos mecanismos biológicos en cuanto a la relación entre humo de cigarro y desarrollo de CaCu. El primero consiste en que 16 de los compuestos del cigarro clasificados como cancerígenos para los humanos por la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer se transportan al moco cervical e interactúan con los oncogenes supresores de tumores; lo anterior

se confirma con la observación de la presencia de aductos de ADN en el cuello uterino de las fumadoras ocasionados por carcinógenos como 4-(metilnitrosamina)-1-(3-piridil)-1-butanona (Sugawara et al., 2018).

El segundo mecanismo favorece la infección persistente por VPH a través del deterioro de la función inmunitaria, ya que se ha mostrado que la actividad de las células *natural killer* es más baja en las pacientes fumadoras; así como los niveles de IgG e IgA, lo que se asocia con una reducción de linfocitos CD4 (Sugawara et al., 2018). En el presente estudio se encontró que los demás factores de riesgo que se analizaron no tuvieron significancia estadística. Dicha falta de asociación quizá se puede relacionar con el tamaño de la muestra, por lo que se sugiere aumentarlo en futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

Nuestros hallazgos muestran que el polimorfismo MMP-7-181A>G puede no estar asociado con la susceptibilidad al desarrollo de neoplasia intraepitelial cervical en la población potosina. Sin embargo, el cofactor hábito tabáquico mostró asociación para el desarrollo de NIC en las pacientes de la población estudiada en el presente trabajo.

REFERENCIAS

- Alaniz Sánchez, A., Flores Grimaldo, J., & Salazar Alarcón, C. E. (2009). Factores de riesgo para el desarrollo de la displasia leve cervical. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 52(2), 69-72. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=19577>
- Alarco-Tosoni, G., & Castillo-García, C. (2018). América Latina en la trampa de los ingresos medios o del lento crecimiento. *Análisis Económico*, 33(82), 5-29. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/413/41355807002/html/index.html>
- Baltazar-Rodríguez, L. M., Anaya-Ventura, A., Andrade-Soto, M., Monroy-Guizar, E. A., Bautista-Lam, J. R., Jonguitud-Olguin, G., ... Delgado-Enciso, I. (2008). Polymorphism in the matrix metalloproteinase-2 gene promoter is associated with cervical neoplasm risk in Mexican women. *Biochemical Genetics*, 46(3-4), 137-144. doi: 10.1007/s10528-007-9136-4

- Beeghly-Fadiel, A., Shu, X. o., Long, J., Li, C., Cai, Q., Cai, H., ... Zheng, W. (2009). Genetic polymorphisms in the MMP-7 gene and breast cancer survival. *International Journal of Cancer*, 124(1), 208-214. doi: 10.1002/ijc.23859
- Bosch, F. X., & Muñoz, N. (2002). The viral etiology of cervical cancer. *Virus Research*, 89(2), 183-190. doi: 10.1016/s0168-1702(02)00187-9
- Campos-Romero, A., Anderson, K. S., Longatto-Filho, A., Luna-Ruiz Esparza, M. A., Morán-Portela, D. J., Castro-Menéndez, J. A.,... Alcántar-Fernández, J. (2019). The burden of 14 hr-HPV genotypes in women attending routine cervical cancer screening in 20 states of Mexico: a cross-sectional study. *Scientific Reports*, 9(1), 10094. doi: 10.1038/s41598-019-46543-8
- Castellsagué, X., Bosch, F. X., Muñoz, N., Meijer, C. J. L. M., Shah, K. V., De Sanjosé, S.,... Smith, J. S. (2002). Male circumcision, penile human papillomavirus infection, and cervical cancer in female partners. *New England Journal of Medicine*, 346(15), 1105-1112. doi: 10.1056/NEJMoa011688
- Chatterjee, N., & Walker, G. C. (2017). Mechanisms of DNA damage, repair, and mutagenesis. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 58(5), 235-263. doi: 10.1002/em.22087
- Checa-Caratachea, M. A. (2007). Polimorfismos genéticos: Importancia y aplicaciones. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, 20(3), 213-221. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/iner/in-2007/in073h.pdf>
- Coronato, S., Laguens, G., & Di Girolamo, V. (2012). Rol de las metaloproteinasas y sus inhibidores en patología tumoral. *Medicina (Buenos Aires)*, 72(6), 495-502. Recuperado de <http://www.medicinabuenosaires.com/revistas/vol72-12/6/495-502-MED5-15.pdf>
- Ghilardi, G., Biondi, M. L., Erario, M., Guagnellini, E., & Scorza, R. (2003). Colorectal carcinoma susceptibility and metastases are associated with matrix metalloproteinase-7 promoter polymorphisms. *Clinical Chemistry*, 49(11), 1940-1942. doi: 10.1373/clinchem.2003.018911
- Gunnell, A. S., Tran, T. N., Torráng, A., Dickman, P. W., Sparén, P., Palmgren, J., & Ylitalo, N. (2006). Synergy between cigarette smoking and human papillomavirus type 16 in cervical cancer in situ development. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*, 15(11), 2141-2147. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-06-0399
- Gutiérrez Enríquez, S. O., Méndez Donjuan, L. F., Terán Figueroa, Y., Gaytán Hernández, D., Oros Valle, C., & Díaz Oviedo, A. (2017). Impacto de la aplicación de una estrategia de aprendizaje para mejorar la calidad de la muestra en el tamizaje cervical en personal de enfermería en servicio social. *Investigación y Educación en Enfermería*, 35(3), 340-347. doi: 10.17533/udea.iee.v35n3a10
- Jormsjö, S., Whatling, C., Walter, D. H., Zeiher, A. M., Hamsten, A., & Eriksson, P. (2001). Allele-specific regulation of matrix metalloproteinase-7 promoter activity is associated with coronary artery luminal dimensions among hypercholesterolemic patients. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 21(11), 1834-1839. doi: 10.1161/hq1101.098229
- Kastelijin, E. A., van Moorsel, C. H., Ruven, H. J., Karthaus, V., Kwakkel-van Erp, J. M., van de Graaf, E. A.,... van den Bosch, J. M. (2010). Genetic polymorphisms in MMP7 and reduced serum levels associate with the development of bronchiolitis obliterans syndrome after lung transplantation. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, 29(6), 680-686. doi: 10.1016/j.healun.2010.01.008
- Kubben, F. J. G. M., Sier, C. F. M., Meijer, M. J. W., van den Berg, M., van der Reijden, J. J., Griffioen, G.,... Verspaget, H. W. (2006). Clinical impact of MMP and TIMP gene polymorphisms in gastric cancer. *British Journal of Cancer*, 95(6), 744-751. doi: 10.1038/sj.bjc.6603307
- Li, Y., Jia, J. H., Kang, S., Zhang, X. J., Zhao, J., Wang, N., ... Wang, D. J. (2009). The functional polymorphisms on promoter region of matrix metalloproteinase-12,-13 genes may alter the risk of epithelial ovarian carcinoma in Chinese. *International Journal of Gynecological Cancer*, 19(1), 129-133. doi: 10.1111/IGC.0b013e31819a1d8e
- Malik, M. A., Sharma, K. L., Zargar, S. A., & Mittal, B. (2011). Association of matrix metalloproteinase-7 (-181A> G) polymorphism with risk of esophageal squamous cell carcinoma in Kashmir Valley. *The Saudi Journal of Gastroenterology: Official Journal of the Saudi Gastroenterology Association*, 17(5), 301-306. doi: 10.4103/1319-3767.84480
- Medina-Villaseñor, E. A., Oliver-Parra, P. A., Neyra-Ortiz, E., Pérez-Castro, J. A., Sánchez-Orozco, J. R., & Contreras-González, N. (2014). Neoplasia intraepitelial cervical, análisis de las características clínico patológicas. *Gaceta Mexicana de Oncología*, 13(1), 12-25. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-gaceta-mexicana-oncologia-305-articulo-neoplasia-intraepitelial-cervical-analisis-caracteristicas-X166592011427863X>
- Mogulkoc, U., Coskunpinar, E., Aynaci, E., Çağlar, E., Ortakoylu, M. G., Ozkan, G.,... Eraltan, I. Y. (2012). Is MMP-7 gene polymorphism a possible risk factor for chronic obstructive pulmonary disease in Turkish patients. *Genetic Testing and Molecular Biomarkers*, 16(6), 519-523. doi: 10.1089/gtmb.2011.0271

- Moreno-Ortiz, J. M., Gutiérrez-Angulo, M., Partida-Pérez, M., Peregrina-Sandoval, J., Ramírez-Ramírez, R., Muniz-Mendoza, R.,...Ayala-Madrigal, M. L. (2014). Association of MMP7-181A/G and MMP13-77A/G polymorphisms with colorectal cancer in a Mexican population. *Genetics and Molecular Research*, 13(2), 3537-3544. doi: 10.4238/2014.February.14.1
- Qiu, W., Zhou, G., Zhai, Y., Zhang, X., Xie, W., Zhang, H., ... He, F. (2008). No association of MMP-7, MMP-8, and MMP-21 polymorphisms with the risk of hepatocellular carcinoma in a Chinese population. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*, 17(9), 2514-2518. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-08-0557
- Ramírez-Bello, J., Vargas-Alarcón, G., Tovilla-Zárate, C., & Fragoso, J. M. (2013). Polimorfismos de un solo nucleótido (SNP): Implicaciones funcionales de los SNP reguladores (rSNP) y de los SNP-ARN estructurales (srSNP) en enfermedades complejas. *Gaceta Médica de México*, 149(2), 220-228. Recuperado de https://www.anmm.org.mx/GMM/2013/n2/GMM_149_2013_2_220-228.pdf
- Rangel-Martínez, M. L. (5 de agosto de 2019). Segundo cáncer en mujeres es el Cervicouterino: SS. [Portal electrónico]. Recuperado de <https://slp.gob.mx/SSALUD/Paginas/Noticias/Segundo-c%C3%A1ncer-en-mujeres-es-el-Cervicouterino-SS.aspx>
- Singh, H., Jain, M., & Mittal, B. (2008). MMP-7 (-181A>G) promoter polymorphisms and risk for cervical cancer. *Gynecologic Oncology*, 110(1), 71-75. doi: 10.1016/j.gyno.2008.03.007
- Subramanian, L., Maghajoithi, S., Singh, M., Kesh, K., Kalyani, A., Sharma, S., ... Mahapatra, N. R. (2019). A common tag nucleotide variant in MMP7 promoter increases risk for hypertension via enhanced interactions with CREB (cyclic AMP response element-binding protein) transcription factor. *Hypertension*, 74(6), 1448-1459. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12960
- Sugawara, Y., Tsuji, I., Mizoue, T., Inoue, M., Sawada, N., Matsuo, K., . . . Research Group for the Development and Evaluation of Cancer Prevention Strategies in Japan. (2019). Cigarette smoking and cervical cancer risk: An evaluation based on a systematic review and meta-analysis among Japanese women. *Japanese Journal of Clinical Oncology*, 49(1), 77-86. doi: 10.1093/jjco/hyy158
- Tacheva, T., Dimov, D., Anastasov, A., Zhelyazkova, Y., Kurzawski, M., Gulubova, M.,...Vlaykova, T. (2017). Association of the MMP7-181A>G promoter polymorphism with early onset of chronic obstructive pulmonary disease. *Balkan Journal of Medical Genetics*, 20(2), 59-65. doi: 10.1515/bjmg-2017-0023
- Terán-Hernández, M., Ramis-Prieto, R., Calderón-Hernández, J., Garrocho-Rangel, C. F., Campos-Alanís, J., Ávalos-Lozano, J. A.,...Aguilar-Robledo, M. (2016). Geographic variations in cervical cancer risk in San Luis Potosi state, Mexico: A spatial statistical approach. *International Journal for Equity in Health*, 15(1). doi: 10.1186/s12939-016-0448-z
- World Health Organization. (2018). Global Health Observatory [Portal electrónico]. Recuperado de <https://www.who.int/data/gho/>
- Wu, J., Guan, X., Zhang, K., Li, Y. T., & Bai, P. (2013). A/G polymorphism of matrix metalloproteinase 7 gene promoter region and cancer risk: A meta-analysis. *Biomedical Reports*, 1(5), 792-796. doi: 10.3892/br.2013.131
- Yari, K., Rahimi, Z., Payandeh, M., & Rahimi, Z. (2015). MMP-7 A-181G polymorphism in breast cancer patients from western Iran. *Breast Care*, 10(6), 398-402. doi: 10.1159/000442231
- Ye, S. (2000). Polymorphism in matrix metalloproteinase gene promoters: Implication in regulation of gene expression and susceptibility of various diseases. *Matrix Biology*, 19(7), 623-629. doi: 10.1016/S0945-053X(00)00102-5
- Yoshimoto, M., Itoh, F., Yamamoto, H., Hinoda, Y., Imai, K., & Yachi, A. (1993). Expression of MMP-7 (pump-1) mRNA in human colorectal cancers. *International Journal of Cancer*, 54(4), 614-618. doi: 10.1002/ijc.2910540415
- Yu, W. H., Woessner, J. F., McNeish, J. D., & Stamenkovic, I. (2002). CD44 anchors the assembly of matrilysin/MMP-7 with heparin-binding epidermal growth factor precursor and ErbB4 and regulates female reproductive organ remodeling. *Genes & Development*, 16(3), 307-323. doi: 10.1101/gad.925702
- Zhang, X. J., Guo, W., Wang, N., Zhou, R. M., Dong, X. J., & Li, Y. (2006). The association of MMP-13 polymorphism with susceptibility to esophageal squamous cell carcinoma and gastric cardiac adenocarcinoma. *Yi chuan= Hereditas*, 28(12), 1500-1504. Recuperado de pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17138534/
- Zhang, J., Jin, X., Fang, S., Wang, R., Li, Y., Wang, N., . . . Kuang, G. (2005). The functional polymorphism in the matrix metalloproteinase-7 promoter increases susceptibility to esophageal squamous cell carcinoma, gastric cardiac adenocarcinoma and non-small cell lung carcinoma. *Carcinogenesis*, 26(10), 1748-1753. doi: 10.1093/carcin/bgi144

Medio ambiente e innovación en empresas de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, México

Environment and innovation in firms of Aguascalientes, Guanajuato, Queretaro and San Luis Potosí, Mexico

Roberto González-Acolt^{*,✉}, Rubén Macías-Acosta^{*}, Luis Lenin Herrera-Díaz de León^{**}

González-Acolt, R., Macías-Acosta, R., & Herrera-Díaz de León, L. L. (2021). Medio ambiente e innovación en empresas de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 42-49.

RESUMEN

El propósito de este trabajo consistió en analizar el efecto que tienen dos programas voluntarios ambientales (ISO 14001 e Industria Limpia) sobre la innovación en productos, procesos, organizacional y mercadotecnia de las empresas ubicadas en Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí. Se utilizó el método probabilístico biprobit y una muestra de 1,663 unidades económicas de las cuatro entidades y que fueron extraídas de la *Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico 2014* del INEGI. Los resultados revelan que existe un efecto positivo y significativo en la probabilidad de que las empresas de esta región innoven en producto, procesos, organización o mercadotecnia cuando adoptan la norma ISO 14001 o la certificación de Industria Limpia. El hallazgo fortalece la hipótesis de que los

Palabras clave: innovación; empresas; ISO 14001; Industria Limpia; auditoría ambiental; Aguascalientes.
Keywords: innovation; firms; ISO 14001; Clean Industry; environmental audit; Aguascalientes.

Recibido: 27 de abril de 2020, aceptado: 21 de diciembre de 2020

* Departamento de Economía, Centro de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940, Aguascalientes, Ags., México. Correo electrónico: rgonza@correo.uaa.mx; ruben.macias@edu.uaa.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5468-3028>; <http://orcid.org/0000-0003-4097-745X>

** Departamento de Administración, Centro de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Avenida Universidad 940, Aguascalientes, Ags., México. Correo electrónico: luis.herrera@edu.uaa.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9784-9275>

✉ Autor para correspondencia

instrumentos voluntarios ambientales, como la norma ISO 14001 y la certificación Industria Limpia, favorecen las actividades de innovación en las empresas.

ABSTRACT

In this paper we studied the effect of two voluntary environmental programs (ISO 14001 and Clean Industry) on product, process, organisational and marketing innovation of companies located in Aguascalientes, Guanajuato, Queretaro and San Luis Potosí. The biprobit probabilistic method was used, and a sample of 1,663 firms from the four entities and which were extracted from the *Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico 2014*. The results reveal that there is a positive and significant effect on the probability that companies in this region innovate in products, process, organisational or marketing when they adopt the ISO 14001 standard or the Clean Industry certification. The finding strengthens the hypothesis that voluntary environmental instruments, such as the ISO 14001 standard and the Clean Industry certification, favor innovation activities in companies.

INTRODUCCIÓN

La innovación es un factor central en la competitividad de las empresas y del crecimiento económico de largo plazo en las sociedades. La comprensión de este término está sujeto a diferentes planteamientos teóricos y metodológicos; una concepción importante es la desarrollada por la OECD (2005) que identifica la innovación de cuatro maneras: producto (cambios radicales en los rasgos de los bienes y servicios), proceso (modificaciones importantes en

los procedimientos de producción y distribución), organizativa (incorporación de novedosos procesos de organización) y mercadotecnia (inclusión de nuevos métodos de comercialización). Una interrogante en la literatura sobre la innovación se refiere a cuáles son los factores que influyen en las decisiones de innovación de las firmas.

Existe un conjunto de variables que se consideran determinantes del proceso innovador de las empresas, tales como el tamaño de la empresa, el sector productivo al que pertenecen, su carácter corporativo, etcétera. Uno de los determinantes en constante debate son los factores ligados a la protección del medio ambiente. Porter y van der Linde (1995) plantean que las regulaciones ambientales pueden ser un detonante de la innovación en las firmas. En los años que se propuso esta hipótesis los dos principales enfoques de la regulación ambiental descansaban en los instrumentos de comando y control (normas, leyes, reglamentos) y los instrumentos de mercado o económicos (impuestos, subsidios, permisos comerciables).

Otros instrumentos ambientales para el control de la contaminación que en años recientes ganaron espacio y aceptación son los esquemas voluntarios ambientales. La OECD (2000) clasifica este enfoque en cuatro tipos, donde los dos primeros son relevantes en el presente trabajo:

- a) Compromisos unilaterales de los contaminadores: programas de mejoramiento ambiental que adoptan las firmas y que son difundidos a los *stakeholders* (clientes, empleados, accionistas, etcétera). Un ejemplo de este programa es la norma ambiental ISO 14001.
- b) Programas ambientales diseñados por el regulador ambiental y donde las empresas voluntariamente se incorporan a estos; generalmente la autoridad ambiental define en el programa las condiciones de participación, las disposiciones a cumplir, los criterios de supervisión y la evaluación de los resultados. Las empresas participantes reciben asistencia técnica, subsidios o un reconocimiento. Un ejemplo de este esquema en México es el Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA), donde las

empresas manufactureras que participan y cubren todos los requisitos y exigencias del PNAA reciben un certificado ambiental denominado Industria Limpia (Profepa, s. f.).

- c) Acuerdos privados entre los agentes contaminadores y los afectados por la contaminación.
- d) Acuerdos ambientales entre las autoridades públicas (locales, regionales, federales o nacionales) y las industrias contaminadoras.

En el contexto de la hipótesis planteada por Porter y van der Linde (1995), ¿cuál ha sido la influencia de estos instrumentos voluntarios ambientales en el proceso innovador de las empresas? Chang y Sam (2015) mediante un análisis de datos de panel de 352 empresas manufactureras en EE. UU. entre los años 1991 y 2000 encontraron una asociación positiva en el número de patentes ambientales y la incorporación de las firmas a los programas gubernamentales de mejora del medio ambiente. Carrión-Flores, Innes y Sam (2013) hallaron evidencia de que la participación de las empresas en EE. UU. en un programa voluntario de reducción de contaminantes químicos se asoció en el corto plazo con la innovación -registro exitoso de solicitudes de patentes ambientales-. Otros estudios encontraron que los compromisos unilaterales de las empresas, como la integración del estándar ISO 14001, están relacionados con la innovación organizacional (Llach, De Castro, Bikfalvi, & Marimon, 2012).

Una teoría que explica las razones por las que los estándares ambientales contribuyen a la innovación ambiental es el *Enfoque de los recursos y capacidades de la empresa*. En términos generales establece que la cantidad y rasgos de los recursos con que cuenta la organización determinan su valor y competitividad en el mercado, dichos recursos se agrupan en insumos tangibles (maquinaria, instalaciones, equipo, materias primas, etcétera) y no tangibles (imagen, marca, cultura, propiedad intelectual, etcétera); mientras que las capacidades organizativas se refieren a las habilidades de la organización en la gestión de estos recursos (Rueda Manzanares, Aragón Correa, & Martín Tapia, 2006). Siguiendo esta línea, Wagner (2007) demuestra que los sistemas de gestión ambiental, como la norma ISO 14001, impulsan el desarrollo de recursos estratégicos que tienen un efecto positivo en las capacidades de innovación de las empresas.

En México dos programas voluntarios ambientales que han adoptado algunas empresas son la Norma ISO 14001 y el PNAA. El primer programa especifica los requisitos a seguir por la empresa que desea adoptar y emplear un sistema de gestión ambiental (Calso Morales & Pardo Álvarez, 2018). La empresa que cubra los requisitos de la norma puede solicitar la certificación de un organismo competente (Durán Romero, 2007). Por otro lado, el PNAA consiste en una evaluación metodológica de los procesos de una empresa con el objetivo de establecer y mejorar su desempeño ambiental. Si la empresa manufacturera y de transformación cubre satisfactoriamente los procesos de la auditoría ambiental se le otorga un Certificado de Industria Limpia (Profepa, s. f.).

A pesar de que estos dos sistemas ambientales aparecieron desde la década de 1990, en México es bajo el número de firmas con este tipo de esquemas. No obstante, dada la relevancia para la economía sustentable de que las industrias ejerzan acciones ambientales limpias que impacten su desempeño innovador, resulta valioso comprender si las empresas que aplican medidas ambientales voluntarias en comparación con las que no siguen tal práctica presentan mayores posibilidades de realizar actividades de innovación en procesos, productos, organización o mercadotecnia. El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el efecto de dos programas ambientales de carácter voluntario -ISO 14001 y la certificación Industria Limpia- en las decisiones de innovación de las empresas ubicadas en Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, México. La hipótesis propuesta consistió en



Figura 1. Se estudia el medio ambiente y la innovación en empresas de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, México. Fotografía tomada de GLOBE-Net (2021).

mostrar que las empresas con la norma ISO 14001 e Industria Limpia tienen más probabilidades de realizar actividades de innovación en productos, procesos, organización y mercadotecnia. La figura 1 muestra tecnología eólica e ilustra el tema tratado en el presente artículo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó un modelo bivariado probit o biprobit debido a la utilidad para modelar dos situaciones que involucran entornos comunes (Uribe, Ortiz, & García, 2008) o decisiones interdependientes y no aisladas (Lambardi & Mora, 2014). Una variante de este modelo es que permite analizar las decisiones de los individuos en un contexto binario. En el presente estudio las decisiones toman el valor de 1 cuando la empresa innovó en producto y/o proceso o innovó en organización y/o mercadotecnia y valor de 0 en los casos contrarios. Dentro de las variantes de este tipo de modelos se eligió la versión que se caracteriza por la relación de dos variables dependientes con las mismas variables explicativas y los términos de error se correlacionan (Henriques, Husted, & Montiel, 2013). De acuerdo con las variables del presente trabajo y siguiendo a Greene (1996), la especificación del modelo probit se planteó de la siguiente forma:

$$Y^*_1 = X_1\beta_1 + \varepsilon_1, \quad Y_1 = 1 \text{ si } Y^*_1 > 0, \text{ de otra manera } 0$$

$$Y^*_2 = X_2\beta_2 + \varepsilon_2, \quad Y_2 = 1 \text{ si } Y^*_2 > 0, \text{ de otra manera } 0$$

$$E(\varepsilon_1) = E(\varepsilon_2) = 0, \text{ var}(\varepsilon_1) = \text{var}(\varepsilon_2) = 1, \text{ cov}(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = \rho$$

donde Y^*_1 y Y^*_2 denotan las variables latentes, mientras Y_1 y Y_2 las dicotómicas explicadas. X_j , $j = 1, 2$ representa las entidades independientes como la adopción de la norma ISO 14001 y/o la certificación de Industria Limpia por la empresa. β_j , $j = 1, 2$ son los parámetros y, por último, los términos de error $(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ de las ecuaciones, que se supone están correlacionados (ρ). La descripción y medición de estas variables se presentan a continuación.

Variables dependientes

$-Y_{1j}$: toma el valor de 1 si la empresa innovó en producto y/o proceso; 0 si no realizó ninguna innovación con esas características.

$-Y_{2i}$: igual a 1 si la empresa innovó en organización o mercadotecnia; 0 si no concretó actividades de innovación de ese tipo.

Variables independientes

$-X_{1i}$: valor de 1 si la empresa cuenta con la norma ISO 14001 y/o Industria Limpia; 0 no tiene ninguna de las certificaciones

$-X_{2i}$: igual a 1 cuando la empresa forma parte de algún grupo corporativo; 0 en caso contrario

$-X_{3i}$: registro de 1 si el origen del capital social de la empresa es 100 % nacional; 0 en caso contrario

$-X_{4i}$: logaritmo de los ingresos derivados de la actividad económica (miles de pesos)

$-X_{5i}$: valor de 1 si la firma se ubica en el sector manufacturero; 0 en caso contrario

$-X_{6i}$: 1 si la empresa tiene un rango entre 1 y 100 empleados; 0 si tiene más de 100 empleados

$-X_{7i}$: 1 si la unidad económica se localiza en Guanajuato; 0 si se ubica en otra entidad de la región

$-X_{8i}$: 1 si la unidad productiva se encuentra en Querétaro; 0 si se halla en otro estado de la región

$-X_{9i}$: 1 si la firma está establecida en San Luis Potosí; 0 si se localiza en otra entidad de la región

Los datos para estimar el modelo biprobit se extrajeron del laboratorio de microdatos del INEGI, específicamente de la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico 2014-ESIDET (INEGI, 2019). La encuesta se levantó en todas las entidades federativas con una muestra aleatoria final para el sector productivo de 11,921 unidades económicas. De este total se eligieron las 1,663 empresas de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí.

La estimación econométrica del modelo probit descansa en la función de distribución normal, de ahí su carácter probabilístico y no lineal. Debido a estas características la interpretación de este modelo no es sencilla y la magnitud de los efectos de las X_i sobre la probabilidad de $Y_i = 1 | X_i$ depende de si las variables explicativas son continuas o discretas y del valor de los parámetros β_j (Hill, Griffiths, & Lim,

2018). Una manera sencilla y rápida de interpretar los resultados de este modelo es mediante los signos de los coeficientes; por ejemplo, si se obtiene un coeficiente positivo entonces el efecto de la variable X_i (ligada a ese coeficiente) sobre la probabilidad de respuesta de la variable dependiente también será positivo. Bajo esta consideración los resultados de la ecuación biprobit se analizan por medio de los signos de los parámetros estimados y la significancia estadística se evalúa con el valor del estadístico z .

La hipótesis de interés propuesta es la existencia de un efecto positivo y significativo de la norma ISO 14001 o la certificación Industria Limpia, tanto en la innovación en procesos y productos como en organización y mercadotecnia. Estadísticamente esta hipótesis se probó de una cola mediante la contrastación de la hipótesis nula $H_0: \beta_{X_1} = 0$ contra la alterna $H_1: \beta_{X_1} > 0$. Procedimiento similar se siguió para las variables X_2, X_3, X_4, X_5 y X_6 . Las variables X_7, X_8 y X_9 involucran estudiar la diferencia en la probabilidad de que las unidades económicas de Aguascalientes (grupo base) realicen actividades de innovación con respecto a las ubicadas en Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí; debido a que no se sabe si esta diferencia es positiva o negativa se decidió por una prueba de dos colas: $\beta_{X_k} = 0$ versus $H_1: \beta_{X_k} \neq 0, k = 7, 8, 9$.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados de la estimación del modelo biprobit. La variable de interés (X_1) en ambas ecuaciones tiene el signo positivo y la significancia estadística esperada, aunque es mayor la influencia en el caso de la innovación en productos y procesos (2.04) que en organización y mercadotecnia (1.81). Este resultado sugiere que las empresas de esta región con la norma ISO 14001 y/o la certificación Industria Limpia, comparadas con las empresas que no tienen estos estándares, tienen mayores probabilidades de implementar actividades de innovación, tanto en productos y procesos como de tipo organizacional y mercadotécnico.

Con relación al resto de las variables de control se encontró que las empresas con origen de capital social 100% nacional tienen más probabilidades de realizar alguno de los dos tipos de innovación; de modo similar, la significancia estadística es mayor para la actividad innovadora de productos y procesos

Tabla 1
Resultados del Modelo Econométrico

Notación	Variables	Realizó innovación en productos y procesos	Realizó innovación organizacional o mercadotecnia
X ₁	Existe certificación de la norma ISO 14001 y/o Industria Limpia	0.2879 (2.04)*	0.3253 (1.81)*
X ₂	Origen del capital social de la empresa es 100% nacional	0.4816 (3.19)*	0.3516 (1.84)*
X ₃	Logaritmo de los ingresos derivados de la actividad económica	0.1627 (4.43)*	0.0747 (2.06)*
X ₄	La firma es del sector manufacturero	0.8159 (5.94)*	0.2046 (1.62)
X ₅	Si la empresa tiene un rango entre 1 y 100 empleados	-0.1408 (-1.01)	-0.086 (-0.53)
X ₆	La empresa forma parte de un grupo corporativo	0.0529 (0.39)	0.0029 (0.02)
X ₇	La unidad económica se localiza en la entidad de Guanajuato	-0.0784 (-0.52)	0.1456 (0.87)
X ₈	La unidad económica se localiza en el estado de Querétaro	-0.3074 (-1.96)**	-0.2474 (-1.30)
X ₉	La unidad económica está localizada en el estado de San Luis Potosí	-0.3817 (-2.19)**	0.0767 (0.41)
	Constante	-4.1491 (-9.32)**	-3.0038 (-6.90)**

Nota: Valor estadístico z entre paréntesis * significativo a 5% prueba de una sola cola; ** significativo a 5% prueba de dos colas.

Elaboración propia con base en Microdatos de INEGI (2019).

(3.19) que de organización y mercadotecnia (1.84). Por otra parte y, como se esperaba, a medida que los ingresos derivados de la actividad económica aumentan, se asocia con probabilidades crecientes de que las empresas innoven, siendo la significancia más alta en la primera forma de innovación — productos y procesos— que en la segunda — organización y mercadotecnia—.

Producto del signo positivo y la significancia estadística (5.94), las unidades económicas manufactureras presentan más probabilidades que las de la minería y servicios de realizar proyectos de innovación en productos y procesos. Al igual que en los casos anteriores las probabilidades son más altas en este tipo de innovación que en la organizacional y mercadotecnia, esta última forma de innovación solo es significativo a 10%.

Según los resultados del presente trabajo, las empresas más pequeñas —por número de empleados— tienen menos probabilidad de innovar en comparación con las grandes firmas. Sin embargo, la diferencia negativa no es significativa estadísticamente en la innovación en productos y procesos (-1.01), así como en organización y mercadotecnia (-0.53). Un resultado sorprendente con el signo positivo esperado, aunque no significativo, está relacionado con la pertenencia a un grupo corporativo de la empresa y la significancia estadística sobre la innovación en los dos casos (0.39 y 0.02) es bastante bajo.

Por último, comparado con Aguascalientes, las unidades económicas Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí tienen menos probabilidades de desarrollar proyectos de innovación en productos y procesos; esta diferencia es solo significativa para los estados de Querétaro (-1.96) y San Luis Potosí (-2.19); no para Guanajuato (-0.52). Para la innovación organizacional y de mercadotecnia esta diferencia no fue significativa, como muestran los valores estadísticos z para Guanajuato (0.87), Querétaro (-1.30) y San Luis Potosí (0.41).

DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación comprobaron que la hipótesis de interés fue positiva y significativa, lo que implica que las empresas de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí con la normatividad ISO 14001 y/o la certificación Industria Limpia tienen mayores probabilidades de desarrollar proyectos de innovación, comparado con las empresas que no establecen estos sistemas de gestión ambiental. Este hallazgo es muy similar al derivado de otros estudios que encontraron un efecto positivo de los sistemas de gestión ambiental, como la norma ISO 14001 sobre las actividades de innovación que realizan las empresas (Ziegler, 2015; Leenders & Chandra, 2012; Demirel & Kesidou, 2011; Ziegler & Nogareda, 2009).

Los autores del presente trabajo suponen que la influencia de estos dos programas ambientales sobre los tipos de innovación se deriva de las medidas y acciones que realizan las empresas cuando se suman voluntariamente a estos esquemas de gestión ambiental; por ejemplo, las firmas interesadas en acatar la Norma ISO 14001 deben cumplir

ciertas condiciones que comprenden requisitos generales, una política ambiental, planificación, implementación y operación, verificación y revisión por la dirección (Durán Romero, 2007). Algunas de estas etapas conllevan que la empresa documente sus compromisos y objetivos de mejorar sus prácticas ambientales mediante acciones que signifiquen: a) cumplir con el marco legal sobre el medio ambiente; b) optimización y eficiencia en el uso de los recursos naturales y energéticos; c) empleo de tecnologías limpias; d) rediseño de los bienes con el fin de reducir su impacto ambiental; e) disminución de residuos y emisiones generadas; f) evaluación de riesgos ambientales; g) capacitación en aspectos ambientales de los empleados (Durán Romero, 2007).

Por su parte, la auditoría ambiental comprende medidas técnicas de carácter normativo y no normativo de índole ambiental que debe cubrir la empresa. Las primeras incluyen normas vinculadas a los aspectos administrativos y legales, emisiones de contaminantes, tratamiento de aguas residuales, separación y destino de residuos peligrosos, contaminación del aire, agua y suelo; mientras que las segundas se relacionan con riesgos y seguridad, optimización de recursos naturales y energéticos, normas y criterios internacionales, buenas prácticas y capacitación de los empleados en asuntos de cuidado del medio ambiente y los recursos naturales. Estos factores, indudablemente, detonan la innovación en las empresas.

Una implicación de nuestros resultados es la relevancia que tienen los programas voluntarios públicos ambientales, como el PNAA, además de como promotores en el mejor desempeño ambiental de las empresas, como mecanismo de transmisión indirecto en la detonación de la innovación empresarial. Por tanto, los reguladores ambientales deben establecer mecanismos de apoyo que permitan la incorporación de más unidades productivas en estos esquemas voluntarios, principalmente de las pequeñas empresas.

Con respecto a las variables de control, destaca que las empresas grandes —por número de empleados— y las de mayores ingresos presentan más probabilidades de impulsar proyectos de innovación. Resultado similar encontraron Kesidou y Demirel (2012) en el Reino Unido, ya que la inversión en investigación y desarrollo (I&D) de carácter

ambiental se relacionaba de modo directamente proporcional con el tamaño de la empresa.

Las entidades federativas estudiadas se caracterizan por una presencia económica considerable de actividad manufacturera, posible razón por la que las empresas de este sector muestran mayores probabilidades de realizar proyectos de innovación. Por otro lado, la existencia importante de inversión extranjera directa en la región podría asociarse con externalidades positivas para que las empresas con capital social 100% nacional desarrollen proyectos de innovación tal y como lo señalan los resultados del presente trabajo. También destaca que la pertenencia a un grupo corporativo no ejerce ningún efecto en los diferentes tipos de innovación, una posible explicación es que las firmas que son parte de un corporativo obtienen los productos de la innovación de otras empresas de la misma agrupación (Romo & Hill; 2010).

CONCLUSIONES

Las acciones voluntarias de mejora del medio ambiente cada vez tienen más relevancia en las decisiones de las empresas debido a que la implementación de estas medidas tiene repercusiones positivas en su desempeño innovador. En este trabajo se mostró que los programas voluntarios ambientales como la norma ISO 14001 y la certificación Industria Limpia se relacionan positiva y significativamente con las actividades de innovación en productos, procesos, aspectos organizacionales y mercadotécnicos de las empresas de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, México.

De los dos programas voluntarios ambientales que inciden en el proceso de innovación de las empresas en Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, en el que el gobierno puede incidir mediante incentivos y apoyos que involucren una participación mayor de las firmas en este esquema ambiental voluntario, principalmente las pequeñas empresas, es el PNAA, con la certificación de Industria Limpia. Un análisis a futuro consiste en investigar si las innovaciones inducidas por los programas voluntarios generan mayor productividad y competitividad de las empresas. El estudio de este círculo virtuoso

contribuirá a la comprensión de la importancia del desarrollo sustentable en las entidades de esta región.

Otros resultados relevantes que se desprenden del estudio es que existen mayores probabilidades de que las empresas en estos cuatro estados realicen actividades de innovación si cuentan con más de 100 empleados, tengan capital social 100% nacional, pertenezcan a la actividad manufacturera y sus ingresos provenientes de la actividad productiva sean relativamente mayores.

REFERENCIAS

- Calso Morales, N., & Pardo Álvarez, J. M. (2018). *Guía práctica para la integración de sistemas de gestión. ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001*. Madrid: AENOR Editores.
- Carrión-Flores, C. E., Innes, R., & Sam, A. G. (2013). Do voluntary reduction programs (VPRs) spur or deter environmental innovation? Evidence from 33/50. *Journal of Environmental Economics and Management*, 66(3), 444-459.
- Chang, C. H., & Sam, A. G. (2015). Corporate environmentalism and environmental innovation. *Journal of Environmental Management*, 153, 84-92.
- Demirel, P., & Kesidou, E. (2011). Stimulating different types of eco-innovation in the UK: Government policies and firm motivations. *Ecological Economics*, 70(8), 1546-1557.
- Durán Romero, G. (2007). *Empresa y medio ambiente. Políticas de gestión ambiental*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- GLOBE-Net. (2021). [Fotografía ilustrativa]. Recuperada de <https://globe-net.com/wp-content/uploads/2021/04/Picture2-400x230.jpg>
- Greene, W. H. (1996). *Marginal effects in the bivariate probit model*. NYU Working Paper No. EC-96-11. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/a0b8/f43bf53a61f3101a36c36cbc7ca59a3ea938.pdf>
- Henriques, I., Husted, B. W., & Montiel, I. (2013). Spillover effects of voluntary environmental programs on greenhouse gas emissions: Lessons from Mexico. *Journal of Policy Analysis and Management*, 32(2), 296-322.
- Hill, R. C., Griffiths, W. E., & Lim, G. C. (2018). *Principles of Econometrics*. (5a. ed.). US: John Wiley & Sons.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). *Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico 2014 - ESIDET*. México: Autor.

- Kesidou, E., & Demirel, P. (2012). On the drivers of eco-innovations: Empirical evidence from the UK. *Research Policy*, 41(5), 862-870.
- Lambardi, G. D., & Mora, J. J. (2014). Determinantes de la innovación en productos y procesos: El caso colombiano. *Revista de Economía Institucional*, 16(31), 251-262.
- Leenders, M. A. A. M., & Chandra, Y. (2012). Antecedents and consequences of green innovation in the wine industry: the role of channel structure. *Technology Analysis & Strategic Management*, 25(2), 203-218. doi: 10.2139/ssrh.2519941
- Llach, J., De Castro, R., Bikfalvi, A., & Marimon, F. (2012). The relationship between environmental management systems and organizational innovations. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 22(4), 307-316.
- Organisation for Economic Cooperation and Development. (2000). *Voluntary approaches for environmental policy: An assessment*. doi: 10.1787/9789264180260-en
- _____ (2005). *Oslo Manual* [pdf descargable]. doi: 10.1787/9789264065659-es
- Porter, M. E., & Van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environmental-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. (s.f.). *Programa Nacional de Auditoría Ambiental*. México: Autor. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/459960/BROCHURE_2019.pdf
- Romo, D., & Hill, P. (2010). Los determinantes de la innovación tecnológica en la industria manufacturera mexicana. En C. Bazdresch Parada, & L. Meza González (Eds.), *La tecnología y la innovación como motores del crecimiento de México* (pp. 73-135). México: Fondo de Cultura Económica.
- Rueda Manzanares, A., Aragón Correa, J. A., & Martín Tapia, I. (2006). La medición de las capacidades organizacionales de la empresa: Validación de un instrumento de medida de la gestión medioambiental proactiva. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 35(130), 563-582.
- Uribe, J. I., Ortiz, C. H., & García, G. A. (2008). Informalidad y subempleo en Colombia: dos caras de la misma moneda. *Cuadernos de Administración*, 21(37), 211-241.
- Wagner, M. (2007). On the relationship between environmental management, environmental innovation and patenting: Evidence from German manufacturing firms. *Research Policy*, 36(10), 1587-1602.
- Ziegler, A. (2015). Disentangling technological innovations: A microeconomic analysis of their determinants. *Journal of Environmental Planning and Management*, 58(2), 315-335.
- Ziegler, A., & Nogareda, J. S. (2009). Environmental management systems and technological environmental innovations: Exploring the causal relationship. *Research Policy*, 38(5), 855-893.

Modelos de negocio innovadores con maíz nativo en México

Innovative business models with native corn in Mexico

Bey Jamelyd López-Torres*✉, Roberto Rendón-Medel*, Tania Carolina Camacho-Villa**, Jonathan James Hellin***, Fernando Cervantes-Escoto*

López-Torres, B. J., Rendón-Medel, R., Camacho-Villa, T. C., Hellin, J. J., & Cervantes-Escoto, F. (2021). Modelos de negocio innovadores con maíz nativo en México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 50-60.

RESUMEN

México es el centro de origen, domesticación y diversificación del maíz. Sin embargo, los cambios en la vida social y productiva han disminuido su consumo y producción. El objetivo de esta investigación fue analizar los modelos de negocio innovadores en maíz nativo por medio de estudios de caso para identificar los factores que determinan su creación y permanencia. Se analizaron cuatro casos con el enfoque de RCOV. Se encontró que los factores que influyen en la creación y permanencia de estos modelos de negocio son los recursos, las competencias del líder, la participación de los complementadores,

una propuesta de valor innovadora, diferenciada, que muestre el valor cultural y las externalidades positivas. Se concluye que la creación de estos modelos de negocio responde a la necesidad de comercializar el maíz con nuevos productos, con un fuerte componente de arraigo y valoración cultural y con un marcado liderazgo.

Palabras clave: comercializar; valoración; liderazgo; complementadores; competencias; red de valor.

Keywords: commercialize; assessment; leadership; complementors; competencies; value network.

Recibido: 17 de febrero de 2020, aceptado: 10 de marzo de 2021

* Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Km. 38.5, Carretera México-Texcoco, Chapingo, C. P. 56230, Estado de México, México. Correo electrónico: bey.jamelyd@gmail.com; rendon.roberto@ciestaam.edu.mx; tartalian04@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8830-0467>; <http://orcid.org/0000-0001-8703-8041>; <http://orcid.org/0000-0003-3725-9684>

** University of Lincoln. Brayford Way, Brayford Pool, Lincoln, LN6 7TS, United Kingdom. Correo electrónico: CCamachoVilla@lincoln.ac.uk ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2908-5357>

*** International Rice Research Institute (IRRI). Pili Drive, University of the Philippines Los Baños, Los Baños, 4030 Laguna, Philippines. Correo electrónico: j.hellin@irri.org ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2686-8065>

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

Mexico is the center of origin, domestication, and diversification of corn. However, changes in social and productive life have decreased their consumption and production. The objective of this research was to analyze the innovative business models in native corn through case studies to identify the factors that determine their creation and permanence. We analyzed four cases with the RCOV approach. An important finding is that the factors that influence these business models design and permanence are resources, the leader's skills, the participation of the complementors, an innovative, differentiated value proposition, that highlights the cultural value and the positive externalities. The study concluded that these business models responds to the need to commercialize corn with new products, with a vital component of cultural roots and appreciation and with a strong leadership.

INTRODUCCIÓN

México es el centro de origen, domesticación y diversificación del maíz. Los maíces nativos tienen un arraigo ancestral en la vida de la población

mexicana. Sin embargo, el uso de estos ha cambiado con el paso de los años por factores como la globalización, los cambios en la vida social y productiva del sector rural, las preferencias de los consumidores y la migración, lo que ha disminuido su consumo y producción y ocasiona menores ingresos para los productores y pérdida de la diversidad genética (Álvarez-Buylla & Piñeyro Nelson, 2013).

En 2017 el maíz nativo en México representó 0.8% de la superficie sembrada en el país, alrededor de 60 mil ha; representa 0.3% del maíz grano que se consume en el país, en donde la mayor cantidad se destina al autoconsumo (Ayala Espinosa, Quirós Quirós, & Saravia Tasayco, 2019). En México existen 60 razas de maíces nativos (CONABIO, 2021), el término raza se utiliza para agrupar individuos o poblaciones que tienen características fenotípicas en común (Guadarrama, Aragón, & Willcox, 2014). Cuando estos son utilizados para elaborar algún producto en específico por sus características físicas y químicas son llamados también maíces para especialidades; estos maíces tienen mayor valor por su modo de producción tradicional, sus características culinarias, así como por su color, textura y sabor (Hellin & Keleman, 2013).

Los productores de maíz nativo han comenzado a innovar y a crear modelos de negocio para comercializar sus productos y obtener mayores ingresos. Existe una creciente necesidad de que los nuevos modelos de negocio sean innovadores, eficientes, que generen valor para los actores, que permitan superar círculos viciosos como la pobreza, y que desarrollen capacidades necesarias para competir en el siglo XXI (Mutis, & Ricart, 2008).

Debido a la creciente tendencia por generar modelos de negocio responsables y sostenibles con la comunidad, el medio ambiente y las necesidades de la población (Mutis, & Ricart, 2008), se deben utilizar las relaciones personales, la economía del conocimiento y las tecnologías de la información y comunicación (Casani, Rodríguez-Pomeda, & Sánchez, 2012). Si la empresa crea círculos virtuosos basados principalmente en las capacidades de cocreación y desarrollo de redes de experiencia, le permitirá acceder a otras inversiones (Mutis, & Ricart, 2008). Además los modelos de negocio deben ser inclusivos, considerar a sectores desprotegidos de la población, darles empleo y generar externalidades positivas para la comunidad (Heeks, Amalia, Kintu,

& Shah, 2013). Howkins (2001), por su parte, señala que la gestión de personas creativas e innovadoras son fundamentales para el éxito de los negocios.

Para esta investigación se define al *modelo de negocio innovador* como una actividad económica que genera valor; es decir, utilidades sobresalientes en función de la capacidad de gestión de la empresa, que ofrece productos o servicios preferentemente diferenciados (no estandarizados), que basados en la economía creativa e innovación busca construir círculos virtuosos sostenibles y procesos de producción y venta para la empresa.

La literatura señala una gran variedad de factores que influyen en la creación y permanencia de los modelos de negocio: factores del sistema (Freeman, 1995; North, 1993), factores internos de las empresas (Didier & Brunson, 2004; López Guzmán, 2010; Ricart, 2009; Sandulli & Chesbrough, 2009) y factores de la red externa de la empresa (Calia, Guerrini, & Moura, 2007; König, Battiston, Napoletano, & Schweitzer, 2011; López Guzmán, 2010; Osterwalder & Pigneur, 2011).

Está documentado que existe la opción de comercializar productos novedosos basados en maíz de especialidad (Hellin & Keleman, 2013), por ejemplo, en el estado de Oaxaca se producen tlayudas elaboradas con maíz raza Bolita y totopos del istmo elaborados con maíz raza Zapalote Chico (Aragón Cuevas et al., 2006). Sin embargo, no se encontró en la literatura un análisis de las empresas que ya comercialicen estos productos, que muestren su experiencia para identificar elementos que permitan su reproducción. El objetivo de esta investigación fue analizar modelos de negocio innovadores en maíz nativo en México por medio de estudios de caso para identificar aquellos factores que determinan la creación y permanencia de los mismos.

La hipótesis de trabajo es que los factores que influyen en la creación y permanencia de modelos de negocio innovadores en maíz nativo se encuentran dentro de las categorías de recursos y competencias de la empresa para generar valor, organización de la empresa dentro de una red de valor, y la propuesta de valor. Estos son: i) contar con recursos propios y apoyos gubernamentales para comenzar el negocio, ii) el dueño debe tener las competencias administrativas, gerenciales y

creativas para hacer resiliente su negocio, iii) la parte más importante de la red de valor de la empresa debe ser la relación con sus proveedores y la creación de mercados en red, iv) la propuesta de valor de la empresa debe ser innovadora y diferenciada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la técnica de investigación cualitativa conocida como estudio de caso explicativo, propuesta por Bonache Pérez (1999), la cual tiene como objetivo derivar conclusiones generales a partir de un número limitado de casos. Según Bonache Pérez (1999) el proceso de elaboración de un estudio de caso consta de las siguientes etapas: identificar fenómeno a explicar, modelo de análisis; qué información buscar y qué casos a estudiar, analizar los casos por medio de entrevistas y otras fuentes, realizar un informe de cada caso, extraer conclusiones, generar un modelo inducido, y finalmente explicar y predecir el fenómeno.

El fenómeno a estudiar en esta investigación fue la comercialización de maíces nativos en México. El modelo de análisis utilizado fue el propuesto por Demil y Lecocq (2009), quienes utilizan el modelo RCOV: (RC) Recursos y Competencias de la empresa para generar valor, (O) Organización de la empresa dentro de una red de valor y (V) la propuesta de Valor para los productos y servicios suministrados. Para el levantamiento de la información se utilizó una encuesta semi-estructurada dirigida a las empresas que permitió identificar si se trataba o no de un modelo de negocio innovador y valorar los factores que determinan su creación y permanencia.

La investigación en campo se realizó en 2017, comenzó con la búsqueda de casos de productores, organizaciones o empresas que utilizaban únicamente maíz nativo como principal insumo para la elaboración de productos para venta (en adelante todos serán referidos como empresas). Se indagó la ubicación de estos casos entre productores, organizaciones, instituciones del sector agropecuario, investigadores, congresos y en internet. Se obtuvo un primer listado de siete empresas que fueron entrevistadas: 1) Agroproductores Maizito (harinas y pinoles de maíz nativo, Tlaxcala), 2) Harinative (harinas de maíz nativo, Puebla), 3) Mi Querida Milpa (tlayudas empacadas, Oaxaca), 4) PizzMaix (pizza de maíz

nativo, CDMX), 5) Productos "Pozolt" (maíz precocido para pozole, Estado de México), 6) Madre Tierra Orgánica (MTO) (comercialización de grano de maíz nativo, Michoacán) y 7) Maizyotl (botanas de maíz nativo, Hidalgo). Cabe señalar que en el artículo se utilizan seudónimos para los nombres de personas, empresas y marcas para proteger la identidad de los casos de estudio.

RESULTADOS

En la primera parte de la investigación se valoró a las empresas con una escala del 0 al 5 en 29 características que deberían tener los modelos de negocio innovadores en maíz nativo; donde 0 indica que no poseen la característica y 5 que la poseen totalmente. Se indagó sobre cinco categorías (tabla 1). En la segunda parte de la investigación se seleccionaron como modelos de negocio innovadores a las empresas con valor de la mediana por encima de 4 para realizar los estudios de caso que se exponen.

El modelo de negocio de Harinative

Es una empresa familiar que lidera Bulmaro Martínez. Produce principalmente harinas para atole a partir de maíz nativo en el municipio de Rafael Lara Grajales en el estado de Puebla, desde 2012. La idea surgió como una inquietud y creatividad del líder de la empresa después de cursar la Ingeniería en Producción de Alimentos. El modelo de negocio consiste en la elaboración de harina para atole a partir de tipos de maíz nativo (azul chalqueño, rosa chicoatl o chicoatol, cacahuazintle blanco y cacahuazintle rojo), en el proceso se cuida la calidad del producto y se utiliza 100% de maíz nativo local. La harina es comercializada en una presentación de 500 g, se vende principalmente en ferias del maíz a lo largo de toda la república y a un intermediario que lo comercializa en Veracruz.

Esta empresa tiene una estructura simple en la que la mayoría de las actividades gerenciales, de administración, ventas y toma de decisiones las lleva a cabo el propietario. Las actividades de producción recaen en sus empleados. La red de valor tipo representada en la figura 1 fue elaborada a partir de la información de todos los casos. Muestra a las empresas en una posición central, a su alrededor se encuentran actores con los que tienen relación y los flujos que se intercambian entre actores.

Tabla 1

Valoración de los atributos para seleccionar los negocios innovadores

Categoría	Atributo o factor diferencial	Casos*						
		1	2	3	4	5	6	7
Originalidad del negocio	Empresa familiar	5	5	2	0	4	5	0
	Experiencia en la actividad	5	5	5	5	5	5	5
	Idea original	3	4	3	5	0	5	5
	Parte de la producción es propia	5	5	3	0	0	5	0
	Valoración de recurso intelectual y humano	5	5	3	5	2	5	3
	Desarrollo de proveedores	3	3	2	2	0	5	3
	Orientación social del negocio	4	3	3	5	0	3	3
Atributos del producto	Marca registrada o identificada	1	5	5	5	2	5	5
	Atributo de nutrición	4	5	3	5	1	5	5
	Atributo de calidad	2	5	4	5	4	5	5
	Atributo de valor cultural	5	5	4	5	0	5	4
	Atributo de producto innovador	3	4	3	5	0	4	5
	Línea definida de productos	3	5	0	5	0	5	5
	Etiqueta propia	3	5	5	5	3	5	5
	Producto diferenciado	2	4	3	5	1	4	4
Recursos	Instalaciones propias	0	5	5	0	5	5	2
	Maquinaria especializada	0	3	4	3	5	5	5
	Ingresos provienen del negocio	2	4	0	5	5	5	4
	Inversión de recursos propios	4	5	2	5	5	3	5
	Recursos institucionales o crédito	4	2	5	3	0	5	3
Competencias	Carácter innovador del líder	0	3	2	5	0	3	5
	Empresa administrada por el líder	2	4	2	5	4	4	4
	Conocimiento del proceso	4	5	3	5	4	4	5
Redes	Complementador académico	5	4	3	0	2	5	4
	Comercialización continua	2	4	0	5	5	3	5
	Red comercial propia	3	5	0	5	3	0	2
	Red comercial externa	2	5	0	3	2	5	5
	Presencia de complementadores	5	5	0	5	0	5	5
	Uso de redes sociales	0	5	0	5	0	5	5
Mediana		3	5	3	5	2	5	5

Nota: * 1/ Agroproductores Maízto; 2/ Harinative; 3/ Mi Querida Milpa; 4/ PizzMaíz; 5/ Productos Pozoit; 6/ MFO; 7/ Maízoti.
Elaboración propia.

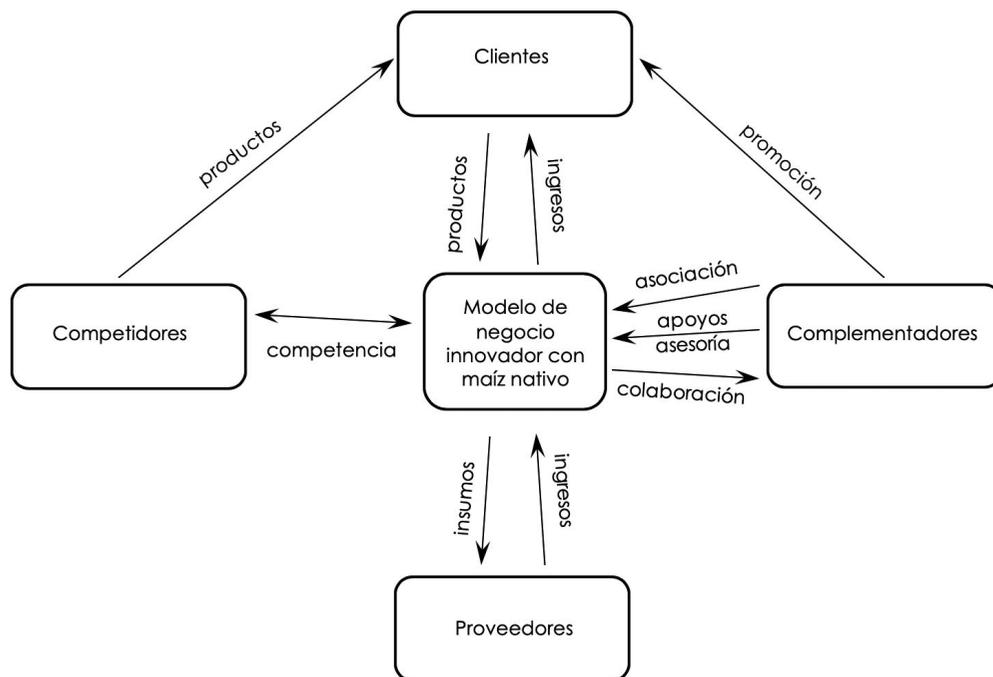


Figura 1. Red de valor tipo de los modelos de negocio innovadores con maíz nativo. Elaboración propia.

En la red de valor de Harinative los complementadores son quienes favorecen la promoción del consumo del maíz nativo: i) los organizadores y promotores de las ferias del maíz y culturales a nivel nacional, con quienes el propietario se comunica principalmente a través de redes sociales; ii) la organización Agroproductores Maizito, este grupo se enfoca en la producción, defensa y promoción del maíz nativo en el estado de Tlaxcala. Los principales puntos de venta de Harinative son las ferias de maíz a nivel nacional. Dentro de los proveedores se encuentran productores de la localidad que cultivan el mismo tipo de maíz. Cabe señalar que Agroproductores Maizito son complementadores pero también competidores de Harinative, ya que esta organización también elabora harinas para atole y pinole, aunque no cuentan con etiquetas y con un modelo de negocio definido. En ocasiones coinciden con Harinative en espacios como La Feria del maíz en la comunidad de Ixtenco, Tlaxcala.

Su propuesta de valor consiste en ofrecer un producto nutritivo, saludable y de calidad que las familias puedan consumir en cualquier momento, de fácil preparación y con la garantía de que es elaborado de manera artesanal, con valor cultural y que su principal insumo es el maíz nativo.

El modelo de negocio de PizzMaix

Surgió en 2015 como una idea para conjugar la oferta de un producto innovador con un servicio de apoyo a una problemática social. La empresa que le dio origen se llama Poder Social PizzMaix, S. A. de C. V. y es liderada por Antonio López, quien ha sido emprendedor en varios países, con proyectos que buscan impacto social. Esta empresa tiene como objetivo principal contribuir al empoderamiento de personas vulnerables a través de la venta de un producto atractivo y nutritivo. Está ubicada en el centro de la Ciudad de México y su modelo de negocio consiste en ofrecer rebanadas de pizza elaboradas con masa preparada 90% de maíz azul y con alimentos elaborados a partir de recetas familiares, con ingredientes de calidad y nutritivos.

La venta de estas pizzas beneficia a personas en situación de abandono social que se encuentran en albergues de la ciudad, a través del programa de inserción social llamado La Ruta del Cambio. A las personas que continúan en el programa

después de hacer voluntariado se les imparte un curso de habilidades de vida; se les regala un baño, una camiseta, un corte de pelo y una revisión médica para que al final del proceso se beneficien mediante un empleo formal en el restaurante o en alguna empresa colaboradora del programa.

En la Red de valor de PizzMaix, los proveedores le hacen llegar a la empresa los insumos para las pizzas de maíz azul. Los complementadores y clientes están conectados a través del programa de empoderamiento social La Ruta del Cambio, en el que la mayoría ha participado. Los clientes de PizzMaix son de dos tipos: i) el público en general que compra y degusta una pizza de maíz azul, y ii) personas en situación de abandono social que son beneficiarios del programa; quienes cada fin de semana tienen la posibilidad de recibir de manera gratuita una rebanada de pizza gracias a la venta de cinco pizzas al público. Esta forma de comercializar ha crecido en los últimos años.

La propuesta de valor es múltiple: i) ofrecer al público una opción de alimento diferente, innovadora, nutritiva y con sentido social; ii) brindar oportunidades de alimentación, formación y empleo para que jóvenes en situación de abandono social alcancen el objetivo de ser independientes.

El modelo de negocio de Madre Tierra Orgánica

Consiste en comercializar maíz nativo local de colores, orgánico y convencional a nivel nacional e internacional, producido por la organización de productores de maíz del estado de Michoacán Productores Indígenas Organicos (PIO) que están constituidos como una sociedad de producción rural. Los tipos de maíz utilizados son azul, rojo, blanco (común y picudo o viejo) y palomero. Se vende en presentaciones de 25, 40 y 50 kg. El grano es empacado en costal convencional con excepción de la primer presentación, para la que se utilizan bolsas herméticas de polietileno.

En la red de valor de la empresa el principal actor complementador de MTO es la organización PIO, conformada por 90 productores socios, que cuenta con certificado de producción orgánica. En México sus clientes se encuentran en los estados de Michoacán, Monterrey; así como en el sur del país; mientras que en el extranjero su producto se vende a la marca canadiense One Degree Organic Foods y

a la estadounidense Suntava Purple Corn. La primera produce cereal de maíz nativo, sus productos tienen el lema "Todos los ingredientes tienen una historia" y en su página de Internet muestra fotografías de los productores y de los ingredientes.

Otros complementadores que han participado son un investigador del INIFAP, quien colaboró en la investigación de control de plagas en poscosecha con feromonas; así como un investigador de la Universidad Autónoma Chapingo, con quien se apoya en aspectos técnicos para incrementar el rendimiento en la región. Este último tiene un doble papel en la red de valor, pues es complementador y proveedor de insumos para la producción de maíz.

La propuesta de valor de esta empresa es dar a conocer al mundo la riqueza y variedad de maíces orgánicos que se encuentran en la región de Uruapan, Michoacán con los atributos de nutrientes y antioxidantes de los maíces azules y rojos para que otras empresas se encarguen de transformarlo y ofrecer al público productos de calidad nutricional y valor cultural.

El modelo de negocio de Alimentos Maizyotl

Es una micro empresa ubicada en la Ciudad de Pachuca, Hidalgo, fundada en 2015. El modelo de negocio consiste en la elaboración de alimentos a partir del maíz nativo producido en los estados de Hidalgo, Tlaxcala y Estado de México con estándares de calidad y materias primas naturales. Los productos que vende son: i) tiritas de maíz enchiladas o con albahaca como botanas o complemento para sopas, ii) galletas de maíz azul, iii) una golosina ancestral llamada *burrito*, y iv) harina de maíz para la elaboración de atoles de maíz azul, negro o rosa. Los comercializan empacados en diversas presentaciones, a precios accesibles, en tiendas de especialidad: naturistas, orgánicas, para personas alérgicas, cafeterías, en ferias y eventos especiales.

Dentro de la red de valor la propietaria identifica varios actores clave para el éxito de su modelo de negocio en dos etapas. La primera fue la creación de la empresa, en la que los complementadores clave fueron el Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM), que a través de la incubadora INCUBASI le proporcionó capacitación y apoyo en la elaboración de su plan de negocio y diseño de etiqueta; así como un subsidio para la adquisición

de maquinaria y equipo. La segunda fue a partir del inicio de actividades, en la que los actores clave fueron sus proveedores y complementadores, como promotores de maíz y puntos de venta. Su propuesta de valor es ofrecer al público una variedad de alimentos elaborados con maíz nativo de colores del centro de México; así como con otros insumos con valor nutricional; además de que busca preservar el maíz nativo y las recetas ancestrales del territorio.

Elementos comparables entre los modelos de negocio

A continuación se muestran elementos comparables de los modelos de negocio; es decir, los recursos con los que cuentan y las competencias que poseen para generar valor.

Los propietarios de estas empresas consideran que los recursos más importantes en sus modelos de negocio son: (1) los recursos intelectuales y humanos; (2) los materiales; y (3) los financieros: ya que, al contar con los primeros, los demás se pueden obtener con trabajo (tabla 2).

Las competencias para generar valor se pueden dividir en las del líder de la empresa y las del personal. La tabla 3 resume las competencias que fueron encontradas en todos los casos de estudio.

El modelo inducido a partir de negocios innovadores con maíz nativo

De las 29 características evaluadas en la tabla 1 se identificaron las de mayor valoración en todos los modelos de negocio, se corroboró que las empresas seleccionadas las poseen ampliamente y que han influido en el éxito de su negocio. Los atributos que resultaron ser los más importantes para los modelos de negocio son: i) la experiencia en la actividad; ii) contar con etiqueta propia; iii) tener un producto de calidad, porque es su carta de presentación y garantía de satisfacción del cliente; iv) conocimiento del proceso, por parte de propietarios y trabajadores; v) inversión de recursos propios, ya que para poder acceder a otras fuentes de financiamiento es necesario contar con inversiones del propietario que respalden la confianza en el negocio; y vi) la presencia de complementadores en su red de valor, que les otorgan respaldo, la oportunidad de vincularse con actores clave y promueven sus productos. Después de haber analizado los casos con el modelo teórico

Tabla 2
Recursos de los modelos de negocio innovadores con maíz nativo

Recursos	Harinative	PizzMaix	MTO	Maizyotl
Intelectuales	Conocimiento del proceso y etiqueta con logotipo de diseño propio	Marca PizzMaix y conocimiento del proceso	Marca propia, conocimiento del proceso de producción orgánica, conocimiento de comercialización	Marca Maizyotl y conocimiento del proceso de producción
Humanos	Trabajo familiar (padres y hermanos)	Propietario, gerente y seis empleados	Dueño, empleados de campo	Propietaria, dos empleados de medio tiempo
Materiales	Instalaciones propias, parcelas para cultivo, insumos, vehículo, maquinaria y equipo	Local en renta, insumos, mobiliario y equipo	Bodega propia, maquinaria agrícola, parcelas para cultivo, insumos	Inmueble en renta, vehículo, maquinaria, equipo y herramientas
Financieros	Recursos propios y subsidio de programa gubernamental de apoyo a la mujer	Recursos propios	Líneas de crédito y recursos propios	Subsidio recibido por INADEM y recursos propios

Nota: Elaboración propia.

Tabla 3

Asociación de los genotipos de MMP-7-181A>G y el riesgo de desarrollar NIC de la población total de estudio que acudió a la clínica de colposcopia del Hospital del Niño y la Mujer Dr. Alberto López Hermosa

Genotipo	NIC (n= 73)		SIN NIC (n= 30)		X ²	Valor P	OR (IC 95%)
	n	%	n	%			
AA	37	50.7	20	66.7	-	-	1 (Reference)
AG	33	45.2	8	26.7	2.639	0.104	2.146 (0.845-5.451)-
GG	3	4.1	2	6.7	0.055	0.815	0.812(0.141-4.686)

Nota: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

preliminar RCOV, los resultados permiten llegar a un modelo inducido a partir de negocios innovadores con maíz nativo (figura 2).

En cuanto a la hipótesis planteada, los factores que influyen en la creación y permanencia de modelos de negocio innovadores en maíz nativo sí se encuentran dentro de las categorías de RCOV. Sin embargo, respecto a los recursos, el que estos sean propios no es determinante, pueden ser prestados o rentados. Los apoyos gubernamentales resultaron no ser un factor determinante. En lo concerniente a las competencias del dueño del negocio, es necesario fortalecer las competencias del líder para innovar y administrar la empresa, y los actores más importantes de la red de valor de la misma resultaron ser los complementadores. La propuesta de valor de la empresa sí debe ser innovadora y diferenciada, además de resaltar el valor cultural y las externalidades positivas hacia la sociedad.

Los modelos de negocio estudiados siguen tendencias recientes que se presentan en el sector productivo y en el mercado, como el rescate de los alimentos producidos de modo tradicional en los ámbitos local y regional con productores a los que se puede reconocer (Cesín Vargas, Cervantes Escoto, & Pérez Sánchez, 2011); valorizan los recursos intangibles (Bordonaba Juste, Lucía Palacios, & Polo Redondo, 2006); resaltan las características de los productos en cuanto a su calidad y contenido nutritivo (Bourgues, 2013); reputación debido a su origen geográfico (Cervantes Escoto, Cesín Vargas, Villegas de Gante, & Espinoza Ortega, 2012); comercializan productos emblemáticos regionales a favor del desarrollo endógeno (Cesín Vargas et al., 2011), y desarrollan procesos de asociación y confianza en favor de la integración de mercados locales, nacionales e internacionales (Torres-Salcido, Meiners-Mandujano,



Figura 2. Modelo inducido para negocios innovadores con productos agrícolas.
Elaboración propia.

Morales-Córdova, Marina-Carral, & Alonso-Torres, 2015). Estos son elementos con los que los modelos de negocio se fortalecen y los mismos que muestran a los clientes como su propuesta de valor.

Para estas compañías ha sido difícil incursionar con su modelo de negocio en un mercado en el que sus productos compiten con otros industrializados de menor costo; además de que el público al que se dirige tiene mitos sobre el consumo del maíz, como por ejemplo que es un alimento incompleto, desequilibrado, que engorda, que necesita ser enriquecido o complementado (Bourgues, 2013). Los recursos intelectuales más valorados son los conocimientos del proceso de producción y comercialización adquiridos tanto por trabajadores como por dueños, así como su marca. Bordonaba Juste et al. (2006) argumentan que este tipo de recursos deben considerarse como una fuente de ventaja competitiva sostenible; incluso Grant (1991) considera que el éxito de una empresa se explica exclusivamente por el conocimiento y *know how* de los empleados. Aunque Harinative aún no tiene marca registrada, su producto es identificado por su logotipo, nombre y etiqueta; estos recursos referentes a reputación son duraderos, difíciles de transferir, duplicar y son propiedad de la compañía (Grant, 1991).



Figura 3. Fotografía de maíz nativo de color del Estado de México colectado en el trabajo de campo de la presente investigación en el cual se observan tres mazorcas y sus granos. Imagen proporcionada por los autores.

El tema de los recursos financieros no es fácil de abordar, todos trabajan con recursos propios; Harinative y Maizyotl han tenido apoyo gubernamental de subsidios y MTO es el único que ha accedido a un financiamiento formal. Osterwalder y Pigneur (2011) señalan que cada comercio requiere recursos claves de acuerdo con el tipo de modelo de negocio; estos permiten crear y ofertar valor. Por ejemplo, una compañía que empaca y vende maíz en grano como MTO requiere instalaciones con mucho capital, grandes superficies para la siembra de maíz y maquinaria especializada; mientras que negocios como Harinative, PizzMaix y Maizyotl se enfocan más en los recursos humanos, por ello la importancia de que las empresas utilicen los recursos adecuados.

Las competencias del líder para innovar están relacionadas con el carácter creativo, conocimiento y actitud positiva; elementos indispensables para ir de una economía cultural a la industria de la creatividad según Casani et al. (2012). Mientras que para administrar la empresa el líder requiere competencias relacionadas con el trabajo arduo, en equipo, la responsabilidad y la visión de la empresa; las habilidades del personal están relacionadas con un carácter operativo, de responsabilidad y actitud en los casos donde los trabajadores deben tener contacto con los clientes.

El modelo inducido a partir de negocios innovadores con maíz nativo (figura 3) da pauta al modo de operar y crear valor tomando en cuenta los cuatro elementos del comercio. Si bien no se pueden generalizar los resultados a todos los modelos porque se trata de estudios de caso, su documentación y el modelo inducido propuesto pueden servir de guía para las empresas que deseen incursionar en un negocio innovador con productos agrícolas con características similares a las del maíz nativo.

Para fortalecer estos modelos de negocio Aragón Cuevas et al. (2006) han propuesto el uso de indicaciones geográficas (IG) en las que aún no se ha incursionado con el maíz nativo. En México existen dos IG: las marcas colectivas y las denominaciones de origen. Cervantes Escoto et al. (2012) señalan que las IG pueden ser una vía

para impulsar modelos de negocio e impulsar el desarrollo local de regiones pobres del país. Otra estrategia que pueden utilizar es la implementación de la innovación inclusiva (Heeks et al., 2013), como ya lo hace el caso de PizzMaix.

CONCLUSIONES

Las características que sobresalen en los modelos de negocio estudiados son la diferenciación de producto resultado de la creatividad, el desarrollo de una red de colaboradores que ha contribuido a su crecimiento; la implementación de innovaciones para generar valor; la generación de beneficios para personas externas y, finalmente, son sostenibles debido a que fomentan la siembra de maíz nativo, generan utilidades sobresalientes para el negocio y según sus dueños son productos con tendencia de crecimiento en su demanda.

Los factores que determinaron la creación de los modelos de negocio en este estudio son la necesidad de comercializar el maíz en formas más atractivas, el deseo de vender productos con valor agregado, así como dar a conocer el aporte alimenticio y cultural del maíz criollo. Estas microempresas han permanecido en el mercado porque han sido capaces de comercializar un producto de calidad haciendo uso principalmente de recursos intelectuales y humanos, porque tienen una sólida red de valor en la que colaboran con sus complementadores y proveedores y porque agregan valor a sus negocios a través de innovaciones de producto, de proceso, de organización y comerciales. Sin embargo, una debilidad común es que la mayor carga de responsabilidades recae en el propietario, lo que aumenta el riesgo para el negocio. No se observa una incidencia marcada de las instituciones en el desarrollo de modelos de negocio. Es necesario que el estado fortalezca el uso de recursos financieros y la innovación organizativa y comercial, además de que los dueños deben poner especial énfasis en fortalecer sus redes de colaboración y la agregación de valor a través de la innovación.

Será relevante la documentación de otros modelos de negocio innovadores que utilicen maíz

nativo en México para contribuir al incremento de los ingresos de los productores, a la conservación de los maíces criollos, a su conocimiento y valoración por parte de los consumidores. Una dimensión a considerar en futuras investigaciones será la cuantificación de los ingresos aportados por cada modelo.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al CIMMYT por el soporte para el acceso a información mediante el Convenio TTF-2016-054 firmado con la UACH, así como a la SAGARPA por el soporte obtenido mediante el Convenio con la UACH "Grupos de Innovación Territorial" (Conv/UACH/SAGARPA/2016).

REFERENCIAS

- Álvarez-Buylla, E. R., & Piñeyro Nelson, A. (Coords.) (2013). *El maíz en peligro ante los transgénicos: Un análisis integral sobre el caso de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Aragón Cuevas, F., Taba, S., Hernández, J. M., Figueroa, J. de D., Serrano, V., & Castro, F. H. (2006). *Catálogo de maíces criollos de Oaxaca*. México: INIFAP-SAGARPA.
- Ayala Espinosa, J. L., Quirós Quirós, E., & Saravia Tasayco, P. L. (2019). *Los maíces nativos en México: Alternativas para la generación de valor y desarrollo de oportunidades en el sector agroalimentario*. México: IICA. Recuperado de repositorio.iica.int/handle/11324/7938?locale-attribute=es
- Bonache Pérez, J. (1999). El estudio de casos como estrategia de construcción teórica: Características, críticas y defensas. *Cuadernos de Economía y Dirección de La Empresa*, 3, 123-140.
- Bordonaba Juste, M. V., Lucía Palacios, L., & Polo Redondo, Y. (2006). Valoración de los recursos intangibles: Un análisis empírico para el sector de la franquicia. *ICE, Revista de Economía*, 829, 177-188. Recuperado de <http://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/929>
- Bourgues, R. H. (2013). El maíz su importancia en la alimentación de la población mexicana. En E. Álvarez-Buylla y N. A. Piñeyro (Coords.), *El maíz en peligro ante los transgénicos: Un análisis integral sobre el caso de México* (pp. 231-247). México: Universidad Autónoma de México.
- Calia, R. C., Guerrini, F. M., & Moura, G. L. (2007). Innovation networks: From technological development to business model reconfiguration. *Technovation*, 27(8), 426-432.

- Casani, F., Rodríguez-Pomeda, J., & Sánchez, F. (2012). Los nuevos modelos de negocio en la economía creativa: Emociones y redes sociales. *UCJC Business and Society Review (formerly known as Universia Business Review)*, 33, 48-69. Recuperado de <https://journals.ucjc.edu/ubr/article/view/830>
- Cervantes Escoto, F., Cesín Vargas, A., Villegas de Gante, A., & Espinoza Ortega, A. (2012). Quesos mexicanos genuinos, Indicaciones Geográficas y rutas del queso. En G. Torres Salcido & R. M. Larroa Torres (Coords.), *Sistemas Agroalimentarios Localizados: Identidad territorial, construcción de capital social e instituciones*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cesín Vargas, A., Cervantes Escoto, F., & Pérez Sánchez, S. L. (2011). Los quesos genuinos de Chiauhtla, Puebla, México. En G. Torres Salcido, H. A. Ramos Chávez, & M. R. Pensado Leglise (Coords.), *Los sistemas agroalimentarios localizados en México. Desafíos para el desarrollo rural y la seguridad alimentaria* (Colección Alternativa, pp. 161-181). México: UNAM-Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencia y Humanidades.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2021). *Razas de maíz en México* [Página electrónica actualizada el 20 de abril de 2021]. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>
- Demil, B., & Lecocq, X. (2009). Evolución de modelos de negocio: Hacia una visión de la estrategia en términos de coherencia dinámica. *Universia Business Review*, 23, 86-107.
- Didier, E. A., & Brunson, M. W. (2004). Adoption of range management innovations by Utah ranchers. *Journal of Range Management*, 57(4), 330-336.
- Freeman, C. (1995). The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5-24.
- Grant, R. M. (1991). The resource-based Theory of Competitive Advantage: Implication for strategy formulation. *California Management Review*, 33(3), 114-135.
- Guadarrama, A., Aragón, F., & Willcox, M. (2014). Mejoramiento de maíces nativos. *Enlace*, 5(22), 11-15.
- Heeks, R., Amalia, M., Kintu, R., & Shah, N. (2013). Inclusive innovation: Definition, conceptualisation and future research priorities. Paper No. 53. *Working Paper Series*. UK: Centre for Development Informatics.
- Hellin, J., & Keleman, A. (2013). Las variedades criollas del maíz, los mercados especializados y las estrategias de vida de los productores. *LEISA revista de agroecología*, 29(2), 7-9. Recuperado de <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-29-numero-2/930-las-variedades-criollas-del-maiz-los-mercados-especializados-y-las-estrategias-de-vida-de-los-productores>
- Howkins, J. (2001). *The Creative Economy: How people make money from ideas*. England: Allen Lane.
- König, M. D., Battiston, S., Napoletano, M., & Schweitzer, F. (2011). Recombinant knowledge and the evolution of innovation networks. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 79(3), 145-164. doi: 10.1016/j.jebo.2011.01.007
- López Guzmán, M. A. (2010). *Potehtli-pinole, una comunidad indígena transmigrante buscando alternativas económicas en el mercado del siglo XXI*. México: Fundación Produce Puebla, A. C.
- Mutis, J., & Ricart, J. E. (2008). Innovación en modelos de negocio: La base de la Pirámide como campo de experimentación. *Universia Business Review*, 18, 10-27.
- North, D. C. (1993). *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2011). *Generación de modelos de negocios*. Suiza: Editorial Deusto.
- Ricart, J. E. (2009). Modelo de Negocio: El eslabón perdido en la dirección estratégica. *Universia Business Review*, 23, 12-25.
- Sandulli, F. D., & Chesbrough, H. W. (2009). Open business models: Las dos caras de los modelos de negocio abiertos. *Universia Business Review*, 22, 12-39.
- Torres-Salcido, G., Meiners-Mandujano, R., Morales-Córdova, D. A., Marina-Carral, V., & Alonso-Torres, G. (2015). Agricultura familiar y sistema agroalimentario localizado. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12(2), 199-218.

Rentabilidad de la producción de aguamiel en el sureste del estado de Coahuila, México: Un estudio de caso

Profitability of aguamiel production in the southeast of Coahuila state, Mexico: A case study

Diógenes Daniel Ávila-Lara*, Ángela Mariela González-Montemayor*, José de Jesús Espinoza-Arellano**, Adriana Carolina Flores-Gallegos*, Raúl Rodríguez-Herrera*✉

Ávila-Lara, D. D., González-Montemayor, A. M., Espinoza-Arellano, J. J., Flores-Gallegos, A. C., & Rodríguez-Herrera, R. (2021). Rentabilidad de la producción de aguamiel en el sureste del estado de Coahuila, México: Un estudio de caso. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 61-71.

RESUMEN

El aguamiel se extrae desde tiempos prehispánicos del género *Agave* (maguey) pero se conoce poco sobre su rentabilidad económica. Los objetivos del presente trabajo fueron estimar la rentabilidad de la producción de aguamiel y realizar un análisis FODA para conocer las fuerzas internas (fortalezas y debilidades) y externas (amenazas y oportunidades) que afectan la producción de aguamiel en el sureste del estado de Coahuila, México. El enfoque de la investigación fue el estudio de casos. Los datos de ingresos y egresos para el análisis de rentabilidad del aguamiel fresco fueron obtenidos de productores del ejido Las Mangas, ubicado a 63.67 km al sureste de

Satillo, Coahuila, México. Para el análisis FODA se usó la metodología *Focus Group* con pobladores de la comunidad. Los resultados del trabajo muestran que los indicadores económicos utilizados VAN, TIR y R B/C son aceptables, concluyendo que la producción de aguamiel es rentable. El análisis FODA indica que hay grandes extensiones de materia prima (maguey) en la comunidad de estudio, por tanto, áreas de oportunidad para producir y comercializar el aguamiel u otros productos y subproductos del maguey como el pulque, la miel, el bagazo y las hojas (pencas).

ABSTRACT

The aguamiel has been extracted since pre-hispanic times from the *Agave* genre (maguey) but little is known about its economic profitability. The objectives of this work were to estimate the profitability of aguamiel production and perform a SWOT analysis to know the internal forces (strengths and weaknesses) and external (threats and opportunities) that affect the production of aguamiel in the southeast of the State of Coahuila, Mexico. The focus of the research was the case study. The income and expenditure data for the profitability analysis of fresh aguamiel were obtained from producers in the Las Mangas ejido, located 63.67 km southeast of Saltillo, Coahuila, Mexico. For the SWOT analysis, the Focus Group methodology was used with community residents. The results of the work show that the economic indicators used NPV, IRR and R B/C fall in the acceptance range, concluding that the production of aguamiel is profitable. The SWOT analysis indicates that there are large tracts of raw material (maguey) in the study community and that there are areas of opportunity to produce and

Palabras clave: TIR; VAN; R B/C; Análisis FODA; *Agave salmiana*; *A. atrovirens*.

Keywords: TIR; VAN; R B/C; SWOT analysis; *Agave salmiana*; *A. atrovirens*.

Recibido: 29 de marzo de 2020, aceptado: 22 de enero de 2021

* Departamento de Investigación en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Boulevard Venustiano Carranza y José Cárdenas s/n, República Oriente, C. P. 25280, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: aviladiogenes@uadec.edu.com; angelagonzalez@uadec.edu.mx; carolinaflores@uadec.edu.mx; raul.rodriguez@uadec.edu.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6004-1010>; <http://orcid.org/0000-0002-1454-5568>; <http://orcid.org/0000-0001-5092-1404>; <http://orcid.org/0000-0002-6428-4925>

** Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Coahuila. Boulevard Venustiano Carranza y José Cárdenas s/n, República Oriente, C. P. 25280, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: jose.espinoza@uadec.edu.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0858-3987>

✉ Autor para correspondencia

commercialize the aguamiel and other products and by-products of the maguey such as pulque, honey, bagasse and leaves (stalks).

INTRODUCCIÓN

El maguey (*Agave spp.*) ha sido una planta de gran importancia económica y social desde tiempos prehispánicos. Se ha aprovechado como fuente de alimento, bebida, medicina, entre otros (Álvarez-Duarte, García, Luna-Cavazos, & Rodríguez-Acosta, 2018). Esta planta crece en regiones de clima templado y con altitudes entre 1,875 y 2,700 m s. n. m. (Castro-Díaz & Guerrero-Beltrán, 2013; García-Herrera, Méndez-Gallegos, & Talavera-Magaña, 2010). Actualmente, el maguey se usa principalmente en la elaboración de bebidas alcohólicas tales como tequila, bacanora, pulque y mezcal, aunque se han patentado procesos para el aislamiento y uso de compuestos como saponinas y fructanos (Mapes & Basurto, 2016; Nava-Cruz, Medina-Morales, Martínez, Rodríguez, & Aguilar, 2015).

La savia del maguey es conocida como aguamiel y se extrae principalmente de las especies *Agave atrovirens*, *A. salmiana*, *A. americana* y *A. potatorum*. Esta savia es de color blancuzco y olor herbáceo. Para la obtención del aguamiel se realiza un corte de las hojas tiernas centrales de la planta antes del desarrollo del tallo central (quiote); esta actividad es conocida como capado (eliminación del escapo o inflorescencia). Posteriormente se realiza una cavidad en la región central de la planta que tiene de 20 a 30 cm de profundidad y sirve para la recolección de aguamiel durante un periodo de 3 a 6 meses (figura 1). Dependiendo de la época del año el aguamiel puede ser recolectado hasta tres veces al día, de donde pueden obtenerse de 3 a 6 l diarios por planta (Valadez-Blanco, Bravo-Villa, Santos-Sánchez, Velasco-Almendarez, & Montville, 2012). Aunque la mayor parte de la producción de aguamiel se somete a fermentación para elaborar pulque, también es consumido en fresco o después de un proceso de esterilización. Estudios recientes han mostrado evidencia de que esta savia posee actividad inhibitoria contra ciertas bacterias entéricas Gram negativas (*Salmonella paratyphi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y *Shigella sonnei*), así como sobre bacterias Gram positivas (*Sarcina lutea* y *Staphylococcus aureus*) (Muñiz-Márquez, Rodríguez-Jasso, Rodríguez-Herrera, Contreras-

Esquivel, & Aguilar-González, 2013). Por lo anterior a este líquido se le han atribuido usos medicinales, entre ellos antiséptico, diurético y antiestreñimiento (Santos-Zea, Leal-Díaz, Cortés-Ceballos, & Gutiérrez-Urbe, 2012). En cuanto a su contenido nutricional, los componentes comunes del aguamiel son agua y azúcares entre 7 y 14%, entre los que se encuentran sacarosa, glucosa, fructosa y en menor proporción xilosa, galactosa y arabinosa; también se le han encontrado gomas, proteínas, minerales y vitaminas (Ortiz-Basurto et al., 2008).



Figura 1. Maguey (*A. salmiana*) con cortes de algunas pencas externas, capado de las pencas centrales y formación de cavidad central, listo para producción de aguamiel en el ejido Las Mangas, Saltillo, Coahuila. Fotografía del equipo de investigación.

En el sureste de Coahuila, México, el principal ingreso de los silvicultores dedicados a la explotación

comercial del maguey es la venta del aguamiel para su transformación en pulque, posteriormente utilizado en las panificadoras de la ciudad de Saltillo; las cuales ya tienen un mercado de pan de pulque establecido. Las comunidades productoras de aguamiel en dicha zona de Coahuila han hecho poco aprovechamiento de otros subproductos, como penca, bagazo y miel. Debido al uso de tecnologías tradicionales de producción y almacenamiento del aguamiel existe la interrogante sobre la rentabilidad de su producción para los silvicultores de la región.

Diversos autores (Almaguer Vargas, Ayala Garay, Schwentesius Rindermann, & Sangerman-Jarquín, 2012; Ayala Garay et al., 2014; Borja-Bravo, García-Salazar, Reyes-Muro, & Arellano-Arciniega, 2016; Retes López, Nasaimea Palafox, Moreno Medina, Denogean Ballesteros, & Martín Rivera, 2014; Terrones Cordero & Sánchez Torres, 2011; Ugalde-Acosta, Tosquy-Valle, López-Salinas, & Francisco-Nicolás, 2011; Vázquez Huerta, Barrios Díaz, B., Barrios Díaz, J. M., Cruz Romero, & Berdeja Arbeu, 2014) han estimado la rentabilidad de cultivos agrícolas (frijol, jitomate, hortalizas, maguey pulquero, nogal y jitomate silvestre) en México. Dentro de los pocos estudios económicos sobre la producción del maguey está el reportado por Villavicencio-Gutiérrez, Martínez-Castañeda y Martínez-Campos (2018), quienes investigaron la rentabilidad de seis productos obtenidos del maguey (aguamiel, pulque, penca, ixtle, papel y miel) en el Estado de México y encontraron que el pulque y el aguamiel fueron los más redituables debido a su penetración en el mercado.

Se han realizado estudios científicos utilizando el aguamiel producido en el sureste de Coahuila, principalmente sobre la temperatura óptima para la esterilización (Muñiz-Márquez et al., 2015), composición química y microbiana (Enríquez-Salazar et al., 2017), análisis de fructanos (Muñiz-Márquez et al., 2019), metagenómica (Villarreal-Morales et al., 2019), aplicaciones (González-Montemayor et al., 2020), etc. A pesar de existir estudios sobre su caracterización física, química, microbiológica o tecnológica, se desconoce si la actividad de producción de aguamiel en el sureste de Coahuila es redituable. Debido a que esta actividad ha perdurado por décadas en la región de estudio se plantea la hipótesis de que lo es, pero es factible mejorar su productividad.

Los objetivos del presente trabajo fueron estimar la rentabilidad de la producción de aguamiel y realizar un análisis FODA para conocer las fuerzas internas (fortalezas y debilidades) y externas (amenazas y oportunidades) que afectan a esta actividad. Los alcances y limitaciones de la investigación están determinados por la unidad de estudio, el ejido Las Mangas, municipio de Saltillo, Coahuila, México; y la metodología utilizada, el estudio de casos. El ejido bajo estudio se ha dedicado a esta actividad por décadas, por lo que los productores estudiados tienen amplio conocimiento del proceso de producción del producto. La metodología del estudio de casos ha hecho importantes contribuciones al conocimiento científico, sobre todo en las ciencias sociales; sin embargo, limita las conclusiones a la unidad de estudio y no a toda la región. Los resultados del estudio pueden servir como base para fines de política pública, en particular política agrícola, que deriven en mayores apoyos a las comunidades de la región para lograr mejoras en sus ingresos, empleos y arraigo de la población hacia sus comunidades de origen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Acerca del área de estudio, los datos relacionados a costos e ingresos de las actividades para la obtención del aguamiel fresco fueron obtenidos de productores del ejido Las Mangas, Municipio de Saltillo, Coahuila, México, el cual se localiza a una latitud de 25° 14' 14.9", longitud 101° 10' 16" y altitud de 1,560 m s. n. m. Se monitoreó durante más de cinco años el sistema de producción de aguamiel de la familia Cavazos Parra, dedicada a esta actividad desde hace varias décadas. Se monitorearon los costos de producción agrícola en la región y el precio del aguamiel en mercados rodantes, ferias y comercios del sureste de Coahuila, para tener costos y precios promedio. En el sureste de Coahuila existen al menos unos 40 productores organizados en una incipiente asociación.

El presente es un estudio de caso, tal como lo indica Castro Monge (2010), permite analizar el fenómeno objeto de estudio en su contexto real y puede aportar contribuciones valiosas si es empleado con rigor y seriedad. La generalización de los estudios cualitativos (incluido el estudio de casos) no radica en una muestra probabilística extraída

de una población a la que se pueda extender los resultados, sino en el desarrollo de una teoría que puede ser transferida a otros casos. De aquí que algunos autores prefieran hablar de *transferibilidad* en vez de generalización en la investigación de naturaleza cualitativa (Villarreal Larrinaga & Landeta Rodríguez, 2010).

Proceso de producción de aguamiel

Para la obtención de esta savia se necesitan magueyes de entre 8 y 10 años de edad de las especies *Agave salmiana* y *A. atrovirens*, a los cuales se les remueve la inflorescencia y se les hace una cavidad en la parte central de la planta, la cual es raspada para la obtención de la savia (figura 2). El aguamiel recolectado es pasado por una criba donde se eliminan insectos y material vegetal contaminante. Posteriormente, se somete a un proceso de pasteurización, denominado por el silvicultor como cocido y donde se utiliza generalmente una estufa de gas LP. El cocimiento del aguamiel se realiza en bandejas de 30 l, a una temperatura de 90 °C durante

25 min, requiriéndose 200 pesos de gas para esta actividad. El aguamiel es envasado en garrafas de 20 l y refrigerado o congelado para su posterior venta.

Una vez que el maguey termina su ciclo productivo se remueven las pencas verdes para forraje, el resto de la planta se seca y produce hijuelos; uno de estos hijuelos sustituye a la planta muerta, el resto pueden ser cortados para nuevas plantaciones; aunque se requiere establecer un proceso de plantación intercalada de hijuelos antes de que la planta muera para hacerlo más ambientalmente sustentable. Además, las plantaciones de maguey se utilizan como una forma de reducir la erosión.

Costos de producción de aguamiel fresco

Se tomó información de los principales costos de producción de aguamiel y su tiempo de erogación (tabla 1).

Tabla 1

Conceptos en los costos de producción y año de realización en la producción de aguamiel en la región sureste de Coahuila

Concepto de costo	Año de realización
Adquisición de hijuelos	Año 0
Desmonte (ha)	Año 0
Surcado (7 m entre surcos, curvas a nivel) (con arado tracción animal)	Año 0
Plantación (1 hijuelo cada 3 m) (jornales)	Año 0
Cultivos (construcción, mantenimiento de cajetes y bordos) (jornales)	Años 0, 1, 2 y 5
Poda	Años 2, 3 y 4
Deshierbe	Años 2 al 7
Capado del maguey y formación de la cavidad (jornales)	Año 8
Colecta del agua miel (flachiquero) (costo por l)	Año 8
Cocimiento-pasteurización (gas)	Año 8
Envasado (frascos de 20 l)	Año 8
Transporte (flete)	Año 8

Nota: Elaboración propia.

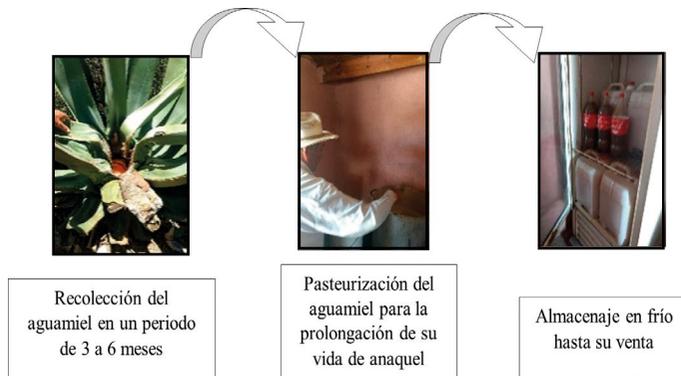


Figura 2. Proceso de recolección, pasteurización y almacenamiento de aguamiel en el ejido Las Mangas, municipio de Saltillo, Coahuila, México.

Fotografías del equipo de investigación.

Cabe mencionar que no se consideraron otros conceptos de costo como la fertilización y el control de plagas, que han sido considerados en otros estudios (Villavicencio-Gutiérrez, Martínez-Castañeda, & Martínez-Campos, 2018), dado que los productores bajo estudio están poco tecnificados y comentaron que no las realizaban.

Ingresos de la producción de aguamiel fresco

En este caso se consideraron tres conceptos: venta de aguamiel (el más importante) en el año 8, venta de pencas para forraje y venta de pencas para cocimiento de barbacoa en los años 2, 3 y 4; cuando se realiza la poda de la planta. El precio del aguamiel fue valorizado al precio que se vende en la ciudad de Saltillo, Coahuila para la elaboración de pulque.

Parámetros económicos

Para el análisis de la factibilidad de la producción de aguamiel se tomaron todos los costos e ingresos en que se incurre desde la preparación de la tierra hasta la recolección y comercialización del aguamiel. Se tomó en cuenta que el valor del dinero disminuye con el paso del tiempo a una tasa aproximadamente igual al nivel de inflación (Baca Urbina, 2016); en este caso se consideró el proceso de la producción de aguamiel en un periodo de ocho años. Los indicadores que se utilizaron en el análisis de la factibilidad fueron el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (R B/C).

Valor actual neto (VAN). Durante el lapso del proyecto se registraron costos e ingresos en diferentes tiempos. Por tanto, se requirió pasar esas cantidades al futuro, con una tasa de descuento, al presente, para que fueran comparables. Para ello se usó el indicador VAN, el cual suma los flujos descontados en el presente y resta la inversión inicial (Ec. 1) (Valencia, 2011).

$$VAN = -A + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (Ec.1)$$

donde: VAN= Valor Actual Neto, A= inversión inicial, FNE= Flujo Neto de Efectivo (Ingresos-costos) e i = tasa de descuento o tasa de actualización de los fondos.

Para la evaluación de la rentabilidad del aguamiel se utilizó una tasa de 10%. Esta tasa de descuento corresponde a un financiamiento de entre 2 y 3 puntos arriba de la que utiliza la banca de desarrollo. Por el bajo valor de sus activos los productores de la región no calificarían para ser sujetos de crédito de la banca comercial, por lo que se optó por usar una tasa de descuento apegada a sus condiciones económicas.

Los criterios de evaluación del VAN son: Si $VAN > 0$ se acepta la inversión; Si $VAN \leq 0$ se rechaza la inversión.

Tasa interna de retorno (TIR). Derivado de la Ec. 1, a medida que la tasa de descuento (i), el VAN disminuye. Si se aumenta progresivamente la tasa de descuento llegará un momento que el VAN será cero. La tasa de descuento que hace el VAN igual a cero, igualando costos e ingresos actualizados, es conocida como tasa interna de retorno (TIR). El criterio de aceptación que emplea es: Si la $TIR \geq i$ se acepta la inversión; Si $TIR < i$ se rechaza la inversión.

Relación beneficio/costo (R B/C). Este indicador es calculado como:

$$R B/C = \text{Beneficios actualizados} / \text{costos actualizados}$$

El criterio de aceptación que emplea el método B/C es: Si $B/C > 1$ se acepta la inversión; Si $B/C \leq 1$ se rechaza la inversión.

Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para la producción de aguamiel fresco)

Para este análisis se utilizó la metodología conocida como *Focus Group* o grupos de enfoque. Morgan (1998) llama a esta metodología *entrevistas grupales*. *Focus Group* es una entrevista grupal que utiliza la comunicación entre los participantes para generar información. Se realizó con los integrantes de la única familia del ejido Las Mangas que se dedica a esta actividad. Esta técnica es apropiada cuando se busca la interacción entre los participantes en lugar de hacer entrevistas individuales (Kitzinger, 1995). Con esta metodología se obtiene información de tipo cualitativa; no permite hacer análisis cuantitativos (Morgan, 1998).

RESULTADOS

Costos de producción de aguamiel fresco

En la tabla 2 se muestran los costos de producción. Las actividades en una plantación de maguey para fines de extracción de aguamiel inician (año cero) con el desmonte del terreno con una retroexcavadora cuyo costo es de 6,000 pesos por ha, pudiendo variar según lo *enmontado* del terreno. Luego se realiza la plantación, para lo cual se hace un trazado de surcos, preferentemente en curvas a nivel, con tracción animal, con un distanciamiento de 7 m entre sí; al momento de la plantación los hijuelos se colocan en el surco a 3 m de distancia; esto da una densidad de 462 plantas por ha. Los hijuelos o pequeñas plantas se adquieren a razón de 30 pesos por unidad. En el mismo año cero se realizan cajetes y bordes para retener el agua de lluvia. En los años 1, 2 y 5, de manera manual se da mantenimiento a esas obras con la finalidad de mantener su función de retener el agua de lluvia.

Tabla 2

Desglose de costos por ha en la producción de aguamiel fresco en el sureste de Coahuila

Concepto	Costo unitario (\$)	Unidades	Costo total (\$)
Desmonte (ha) (Año 0)	6,000	1	6,000
Adquisición de hijuelos (Año 0)	30	462	13,860
Surcado (7 m entre surcos, curvas a nivel) (con arado tracción animal) (Año 0)	100	5	500
Plantación (1 hijuelo cada 3 m) (jornales) (Año 0)	100	10	1,000
Cultivos (construcción, mantenimiento de cajetes y bordes) (jornales) (años 0, 1, 2 y 5)	100	20	2,000
Poda (Años 2, 3 y 4)	100	34	3,400
Deshierbe (Años 2 al 7)	100	60	6,000
Capado del maguey y formación de la cavidad (jornales) (Año 8)	100	46	4,600
Colecta del agua miel (tlachiquero) (costo por litro) (Año 8)	2	249,480	498,960
Cocimiento-pasteurización (gas): (Año 8)	6.67	249,480	1,663,183
Envasado (frascos de 20 litros) (Año 8)	60	1559.25	93,555
Transporte (flete) (Año 8)	2,500	125	312,500
Suma de costos			2605558

Nota: Elaboración propia.

En los años 2, 3 y 4 se realizan algunas podas manuales a razón de 20, 35 y 100 kg por planta, respectivamente; material vegetativo que se utiliza para la alimentación de su propio ganado o se vende como forraje y/o como pencas para el cocimiento de barbacoa. De los años 2 al 7 se realizan deshierbes manuales para eliminar la maleza que compite con las plantas de maguey por la escasa humedad.

En el año 8 se realiza la cosecha del aguamiel. El proceso inicia con el capado del maguey a razón de 10 magueyes por jornada-hombre para un total de 46 jornales por ha. Previo al capado se eliminan las hojas o pencas externas para tener acceso a la inflorescencia, donde una vez eliminada se hace la cavidad, la cual es raspada para poder recolectar el aguamiel. Dos o tres semanas después del capado se realiza la recolección del aguamiel con la participación del *tlachiquero* (nombre tradicional que se le denomina a la persona que recolecta el aguamiel) a razón de 2 pesos por litro de aguamiel colectado. Después de la colecta del aguamiel viene su cocimiento, lo cual se realiza en recipientes de 30 l, erogando alrededor de 200 pesos en la compra de gas LP, lo que equivale a un costo de 6.67 pesos por litro. Este proceso permite alargar la vida de anaquel del aguamiel. Después el envasado y transporte. El envasado se realiza en garrafones de 20 l con un costo de 60 pesos por unidad. La cosecha, y con ello el envasado, dura aproximadamente 16 semanas, los envases son reutilizables cada dos semanas después de que se vende el producto en

Saltillo. Para el cálculo del costo del transporte se consideró la utilización de camiones de 3 t, con una carga de 100 garrafones de 20 l por viaje. Se estimó la realización de 125 viajes con un costo de 2,500 pesos cada uno. Todo lo anterior da un costo total de producción de 2,605,558 pesos.

Ingresos por venta de aguamiel fresco y subproductos

Se estimó una producción promedio de 4.5 l diarios de aguamiel por planta, considerando 462 plantas por ha y 120 días de colecta se obtiene un volumen de 249,480 l en la temporada. Su venta se realiza en la ciudad de Saltillo a razón de 13 pesos por l con un ingreso por ha de 3,243,240 pesos. En Saltillo se vende en el mercado o a panaderías (para elaboración de pan de pulque). En cuanto a las pencas, se obtienen de las podas manuales a razón de 20, 35 y 100 kg por planta, respectivamente, vendiéndose para forraje a 10 centavos el kg. Las pencas para cocimiento de barbacoa se venden a 4 pesos cada una, vendiendo en promedio 30 el año 2, 45 pencas el año 3 y 150 el año 4, lo que genera ingresos de 120, 180 y 600 pesos anuales, respectivamente.

Indicadores económicos

En las tablas 3 y 4 se presentan los resultados económicos de la producción de aguamiel. La importancia de la actualización radica en que los costos e ingresos que se registraron en diferentes tiempos son llevados a valores equivalentes a valor actual. La tasa de actualización de los fondos

Tabla 3

Costos, ingresos y flujo de fondos actualizados de la producción de aguamiel en el sureste de Coahuila (\$/ha)

Años del proyecto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Costos (\$)	21,860	500	2,000	1,900	3,000	1,500	1,000	1,000	2,572,798	2,605,558
Ingresos (\$)	0	0	1,044	1,797	5,220	0	0	0	3,243,240	3,251,301
Flujo corriente de fondos (\$)	-21,860	-500	-956	-103	2,220	-1,500	-1,000	-1,000	670,442	645,743
Factor de actualización (10%)	1	0.91	0.83	0.75	0.68	0.62	0.56	0.51	0.47	
Costos actualizados (\$)	21,860	455	1,653	1,427	2,049	931	564	513	1,200,229	1,229,682
Ingresos actualizados (\$)	0	0	863	1,350	3,565	0	0	0	1,512,995	1,518,774
Flujo neto de fondos actualizado (\$)	-21,860	-455	-790	-77	1,516	-931	-564	-513	312,766	289,091

Nota: Elaboración propia.

Tabla 4

Indicadores financieros de la producción de aguamiel en el sureste de Coahuila

Indicador financiero	Valor del indicador	Decisión sobre el proyecto
VAN	289,091	Se acepta
TIR	53%	Se acepta
B/C	1.24	Se acepta

Nota: Elaboración propia.

elegida fue de 10%, la cual es una tasa estándar en la evaluación de proyectos. Las tasas de interés en los créditos empresariales, en la banca comercial, están en alrededor de 15%, mientras que los créditos subsidiados con la banca de desarrollo oscilan entre 6% y 8%, por lo que 10% se ubica en un nivel intermedio.

De acuerdo con los criterios de aceptación o rechazo de proyectos los tres indicadores VAN, TIR y B/C caen en rango de aceptación de la inversión. El VAN muestra un valor de 289,091 pesos, lo que indica que los ingresos actualizados superan con mucho a los costos actualizados. En cuanto a la TIR, su valor, 53%, supera no solamente a la tasa de actualización (10%), sino también a la tasa de interés de los créditos empresariales de la banca comercial (15%), por lo

que se concluye que la producción de aguamiel es rentable. En cuanto al indicador B/C resultó ser 1.24; es decir, ≥ 1 , por lo que también se acepta. La relación B/C obtenida aquí es equivalente a aproximadamente 24% de rentabilidad.

Análisis FODA

En el análisis FODA (tabla 5) se obtuvo el diagnóstico del ambiente externo (Amenazas y Oportunidades) y del interno (Fortalezas y Debilidades). De acuerdo con lo mencionado, en cuanto a la gran adaptación del maguey a las condiciones agroecológicas de la región, los productores mencionaron como Fortalezas las "grandes reservas de materia prima". En cuanto a las Debilidades destaca el alto costo del transporte de los productos al mercado (Saltillo).

Tabla 5

Análisis FODA en la comunidad las Mangas, municipio de Saltillo, Coahuila, México

Fortalezas:	Debilidades:
Autonomía por parte del artesano y/o trabajador a cargo	Escasez de personal para el manejo del maguey
Comunidad con grandes reservas de la materia prima	Alto costo para el transporte de los productos
Respeto y valores dentro de la comunidad	
Oportunidades:	Amenazas:
Apertura para el desarrollo profesional en la práctica de extracción y en la búsqueda para mejorar el rendimiento del aguamiel y otros productos.	Clima extremo y cambiante de la región
Subproductos de gran relevancia económica como lo es el pulque, el bagazo, y las hojas (pencas)	Baja producción semanal
	Bajo nivel de ventas

Nota: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

La rentabilidad obtenida en este trabajo es menor a 77%, obtenida en la producción de aguamiel por Villavicencio-Gutiérrez et al. (2018) en el municipio de Jiquipilco, Edo. de México, lo cual quizá se deba al mayor nivel de precipitación pluvial en aquel estado que favorece la producción de esta savia. En general su rentabilidad es menor a la que se reporta en diferentes cultivos. Por ejemplo, en frijol, en Durango se obtuvo una rentabilidad de 39.54% (Espinoza, Pajarito, Triana, & Ruiz-Torres, 2014) y 40% en Veracruz (Ugalde-Acosta et al., 2011). En el amaranto se tuvo una rentabilidad de 12% en Tlaxcala y de 47% en Morelos (Ayala Garay et al., 2014).

En hortalizas cultivadas con baja tecnología en la Ciudad de México se registró una rentabilidad en brócoli de 45% y en apio de 35% (Almaguer Vargas et al., 2012). Es menor también al nogal cosechado en la costa de Hermosillo, 34% (Retes López et al., 2014). Hay otros cultivos todavía más rentables como la vid en Aguascalientes (70% en variedad Salvador y 200% en variedad Red Globe) (Borja-Bravo et al., 2016); el jitomate silvestre orgánico en Puebla, 79% (Vázquez Huerta et al., 2014) y el jitomate de invernadero en Hidalgo, 130% (Terrones Cordero & Sánchez Torres, 2011).

El maguey es menos rentable que otras plantas cultivadas a nivel nacional (Almaguer Vargas et al., 2012; Borja-Bravo et al., 2016; Retes López et al., 2014; Terrones Cordero & Sánchez Torres, 2011; Ugalde-Acosta et al., 2011; Vázquez Huerta et al., 2014). Sin embargo, para las condiciones agroecológicas de la región del ejido Las Mangas, con una gran aridez, el maguey es un cultivo rentable, de bajas exigencias de inversión, no requiere de agua de riego, es de gran rusticidad y está adaptado a las condiciones de clima extremo que se registran en el sureste de Coahuila.

En el análisis del ambiente externo destacan las oportunidades que hay para subproductos como el pulque, el bagazo y las pencas. Entre las fortalezas se mencionaron las "grandes reservas de materia prima". Esto indica que la explotación del maguey para la producción de aguamiel en la región de estudio no ha afectado la sustentabilidad de la especie. Además, la actividad ha contribuido a la sostenibilidad económica y social al generar ingresos, empleos y, por tanto, arraigo de los productores a

la región. Como se mencionó anteriormente, en Saltillo hay una industria muy importante de pan de pulque, por lo que existe un mercado importante para el aguamiel. En cuanto a amenazas, se reporta baja producción de subproductos, por lo que existe oportunidad para intensificar y tecnificar la producción de aguamiel y derivados para poder abastecer el mercado local y nacional.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio muestran que la producción de aguamiel de maguey es rentable en la comunidad bajo estudio. Los indicadores financieros utilizados para la evaluación VAN, TIR y R B/C caen en el rango de aceptación. La adaptación del maguey a las condiciones agroecológicas del sureste de Coahuila y la cercanía de las zonas de producción al mercado de la ciudad de Saltillo le dan a la producción de aguamiel una oportunidad de desarrollo importante. Dado que el cultivo tarda alrededor de ocho años en producir, existe la oportunidad de hacer plantaciones anuales para que en el futuro se pueda tener producción cada año, que le permita a la población rural contar con ingresos estables y contribuir al arraigo de la población en sus comunidades de origen. De acuerdo con el registro de costos de producción, donde se aprecia la no realización de algunas prácticas de producción importantes como el control de plagas y la fertilización, se percibe un área de oportunidad importante para mejorar la tecnificación del cultivo y productividad en la producción de aguamiel. El presente estudio se enfocó en la producción de aguamiel; sin embargo, es necesario hacer estudios de las comunidades de la región que resulten en propuestas integrales para el desarrollo regional que tomen en consideración la explotación sustentable de sus recursos naturales. La producción de aguamiel es una buena base para una propuesta de tal naturaleza al mostrar que es rentable, sustentable y contribuye al arraigo de la población del campo.

Agradecimientos

El investigador Diógenes Daniel Ávila-Lara desea agradecer el apoyo económico del Sistema Nacional de Investigadores SNI-Conacyt para realizar este estudio a través de la beca como ayudante de Investigador Nacional Nivel 3 (SNI-6958).

REFERENCIAS

- Aguirre Rivera, J. R., Charcas Salazar, H., & Flores Flores, J. L. (2001). *El maguey mezcalero potosino* (87 pp.). San Luis Potosí, S. L. P., México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí-Instituto de Investigación y de Zonas Desérticas.
- Almaguer Vargas, G., Ayala Garay, A. V., Schwentesius Rindermann, R., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2012). Rentabilidad de hortalizas en el Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 643-654.
- Álvarez-Duarte, M. C., García-Moya, E., Suárez-Espinoza, J., Luna-Cavazos, M., & Rodríguez-Acosta, M. (2018). Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala. *Polibotánica*, 45, 205-222. doi: 10.18387/polibotanica.45.15
- Andía Valencia, W. (2011). Indicador de rentabilidad de proyectos: El valor actual neto (VAN) o el valor económico agregado (EVA). *Revista de La Facultad de Ingeniería Industrial*, 14(1), 15-18. doi: 10.15381/indata.v14i1.6204
- Ayala Garay, A. V., Rivas-Valencia, P., Cortes-Espinoza, L., de la O Olán, M., Escobedo-López, D., & Espitia-Rangel, E. (2014). La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la región centro de México. *CIENCIA Ergo-Sum*, 21(1), 47-54.
- Baca Urbina, G. (2016). *Evaluación de proyectos* (8ª. ed., 387 pp.). México: McGraw-Hill.
- Borja-Bravo, M., García-Salazar, J. A., Reyes-Muro, L., & Arellano-Arciniega, S. (2016). Rentabilidad de los sistemas de producción de uva (*Vitis vinifera*) para mesa e industria en Aguascalientes, México. *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(1), 151-168. doi: 10.22231.asyd.v13i1.285
- Castro-Díaz, A. S., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2013). El agave y sus productos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 53-61.
- Castro Monge, E. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración*, 1(2), 31-54.
- Enríquez-Salazar, M. I., Veana, F., Aguilar, C. N., De la Garza-Rodríguez, I. M., López, M. G., Rutiaga-Quiñones, O. M.,...Rodríguez-Herrera, R. (2017). Microbial diversity and biochemical profile of aguamiel collected from *Agave salmiana* and *A. atrovirens* during different year seasons. *Food Science and Biotechnology*, 26(4), 1003-1011. doi: 10.1007/s10068-017-0141-z
- Espinoza, A. J. J., Pajarito, A., Triana, M., & Ruiz-Torres, J. (2014). Evaluación económica de la utilización de biofertilizantes en parcelas de productores de frijol de temporal en el estado de Durango, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 18(35), 934-945.
- García-Herrera, E. J., Méndez-Gallegos, S. J., & Talavera-Magaña, D. (2010). El género *Agave* spp. en México: Principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *Revista Salud Pública y Nutrición, Edición Especial*, 5(73), 109-129.
- García Mendoza, A. J. (2007). Los agaves de México. *Ciencias*, 87, 14-23.
- González-Montemayor, A. M., Flores-Gallegos, A. C., Serrato-Villegas, L. E., Ruelas-Chacón, X., López-Pérez, M. G., & Rodríguez-Herrera, R. (2020). Processing temperature effect on the chemical content of concentrated aguamiel syrups obtained from two different *Agave* species. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(3), 1733-1743. doi: 10.1007/s11694-020-00421-4
- Kitzinger, J. (1995). Qualitative research. Introducing focus groups. *BMJ*, 311(7000), 299-302.
- Mapes, C., & Basurto, F. (2016). Biodiversity and edible plants of Mexico. En R. Lira, a. Casas, & J. J. Blancas (Eds.), *Ethnobotany of Mexico. Interactions of people and plants in Mesoamerica* (pp. 83-131). NY: Springer.
- Márquez Díaz, C. L., & Castro M., J. F. (2015). Uso del valor actual neto, tasa interna de retorno y relación beneficio-coste en la evaluación financiera de un programa de vacunación de fiebre aftosa en el Estado de Yaracuy, Venezuela. *Revista de La Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela*, 56(1), 58-61.
- Morgan, D. L. (1998). *The Focus Group Guidebook*. London: SAGE Publications.
- Muñiz-Márquez, D. B., Contreras-Esquivel, J. C., Rodríguez-Herrera, R., Mussatto S. I., Wong-Paz, J. E., Teixeira, J. A., & Aguilar, C. N. (2015). Influence of thermal effect on sugars composition of Mexican *Agave* syrup. *CyTA-Journal of Food*, 13(4). doi: 10.1080/19476337.2015.1028452
- Muñiz-Márquez, D. B., Rodríguez-Jasso, R. M., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J. C., & Aguilar-González, C. N. (2013). Artisanal production of aguamiel: A traditional Mexican beverage. *Acta Química Mexicana*, 5(10), 12-19.
- Muñiz-Márquez, D. B., Teixeira, J. A., Mussatto, S. I., Contreras-Esquivel, J. C., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar, C. N. (2019). Fructo-oligosaccharides (FOS) production by fungal submerged culture using aguamiel as a low-cost by-product. *LWT*, 102, 75-79.
- Nava-Cruz, N. Y., Medina-Morales, M. A., Martínez, J. L., Rodríguez, R., & Aguilar, C. N. (2015). *Agave* biotechnology:

- An overview. *Critical Reviews in Biotechnology*, 35(4), 546-559.
- Ortiz-Basurto, R. I., Pourcelly, G., Doco, T., Williams, P., Dormer, M., & Belleville, M. P. (2008). Analysis of the main components of the aguamiel produced by the maguey-pulquero (*Agave mapisaga*) throughout the harvest period. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(10), 3682-3687. doi: 10.1021/jf072767h
 - Rao, P. V., Krishnan, K. T., Salleh, N., & Gan, S. H. (2016). Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: A comparative review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(5), 657-664. doi: 10.1016/j.bjp.2016.01.012
 - Retes López, R., Nasaimea Palafox, A. R., Moreno Medina, S., Denogean Ballesteros, F. G., & Martín Rivera, M. (2014). Análisis de rentabilidad del cultivo de nogal pecanero en la costa de Hermosillo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 34, 872-882.
 - Santos-Zea, L., Leal-Díaz, A. M., Cortés-Ceballos, E., & Gutiérrez-Urbe, J. (2012). Agave (*Agave spp.*) and its traditional products as a source of bioactive compounds. *Current Bioactive Compounds*, 8(3), 218-231. doi: 10.2174/157340712802762410
 - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2012-2018. (2018). *Atlas Agroalimentario* [Libro digital]. México: Autor. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
 - Terrones Cordero, A., & Sánchez Torres, Y. (2011). Análisis de la rentabilidad económica de la producción de jitomate bajo invernadero en Acaxochitlán, Hidalgo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29(2), 752-761.
 - Ugalde-Acosta, F. J., Tosquy-Valle, O. H., López-Salinas, E., & Francisco-Nicolás, N. (2011). Productividad y rentabilidad del cultivo del frijol con fertirriego en Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 29-36.
 - Valadez-Blanco, R., Bravo-Villa, G., Santos-Sánchez, N. F., Velasco-Almendarez, S. I., & Montville, T. J. (2012). The artisanal production of pulque, a traditional beverage of the Mexican highlands. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 4(2), 140-144. doi: 10.1007/s12602-012-9096-9
 - Valencia, W. A. (2011). Indicador de rentabilidad de proyectos: El valor actual neto (VAN) o el valor económico agregado (EVA). *Industrial Data*, 14(1), 15-18.
 - Vázquez Huerta, G., Barrios Díaz, B., Barrios Díaz, J. M., Cruz Romero, W., & Berdeja Arbeu, R. (2014). Rentabilidad de la producción de jitomate silvestre orgánico (*Solanum lycopersicum* L.) en cubiertas plásticas de bajo costo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 34, 773-783.
 - Villarreal Larrinaga, O., & Landeta Rodríguez, J. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación científica en dirección y economía de la empresa. Una aplicación a la internacionalización. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 16(3), 31-52.
 - Villarreal-Morales, S. L., Enríquez-Salazar, M. I., Michel-Michel, M. R., Flores-Gallegos, A. C., Montañez-Sáenz, J., Aguilar, C. N., & Rodríguez-Herrera, R. (2019). Metagenomic microbial diversity in aguamiel from two *Agave* species during 4-year seasons. *Food Biotechnology*, 33(1), 1-16. doi: 10.1080/08905436.2018.1547200
 - Villavicencio-Gutiérrez, M. R., Martínez-Castañeda, F. E., & Martínez-Campos, A. R. (2018). Evaluation of the maguey products portfolio for rural cooperatives in Mexico. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 112(2), 361-380. doi: 10.12895/JAEID.20182.826

Ciudades turísticas, el agua y su demanda: Escenario al año 2030, Puerto Vallarta, México

Tourist cities, water and its demand: Scenario to 2030, Puerto Vallarta, Mexico



Héctor Javier Rendón-Contreras*✉, Jorge Ignacio Chavoya-Gama*, Julio César Morales-Hernández*, Horacio Ramírez-Rodríguez*

Rendón-Contreras, H. J., Chavoya-Gama, J. I., Morales-Hernández, J. C., & Ramírez-Rodríguez, H. (2021). Ciudades turísticas, el agua y su demanda: Escenario al año 2030, Puerto Vallarta, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 72-85.

RESUMEN

La vocación turística en una zona geográfica demanda los servicios básicos, entre ellos el abastecimiento de agua potable, por lo que es importante satisfacer su demanda y prever su consumo entre la población local y su principal actividad económica, el turismo. Determinar las necesidades de consumo de agua, tanto de la industria turística como de uso residencial es de suma importancia para poder satisfacer su suministro y prever las demandas futuras por parte del organismo operador del agua. Por ello, de mantener el consumo de agua actual se sufrirá escasez de este vital líquido en el mediano plazo. El presente trabajo analiza el consumo de agua potable para uso urbano y turístico y la capacidad de producción en la oferta del organismo operador de agua potable en Puerto Vallarta (SEAPAL) y su proyección de oferta-demanda en el mediano plazo (2030).

Palabras clave: agua potable; suministro; demanda; turismo.

Keywords: drinking water; supply; demand; tourism.

Recibido: 4 de mayo de 2020, aceptado: 21 de diciembre de 2020

* Departamento de Ciencias Exactas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad de Guadalajara 203, Ixtapa, Los Tamarindos, C. P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México. Correo electrónico: hector.rendon@academicos.udg.mx; jorge.chavoya@academicos.udg.mx; cesarbemarena@gmail.com; horacio.ramirez@academicos.udg.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5205-1788>; <http://orcid.org/0000-0002-6745-1485>; <http://orcid.org/0000-0002-9932-6945>; <http://orcid.org/0000-0003-3878-3138>

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

The tourist vocation in a geographical area, demands of the main basic services, including the supply of drinking water, therefore it is important to satisfy its demand and anticipate its consumption among the local population and its main economic activity, tourism. Determining the water consumption needs of both the tourism industry and its residential use is of utmost importance in order to satisfy its supply and anticipate future demands by the water operator. Therefore, maintain current water consumption, there will be a shortage of this vital liquid in the medium term. The present work analyzes the consumption of drinking water for urban and tourist use, and the production capacity in the supply of the potable water operator in Puerto Vallarta (SEAPAL) and its projection of supply-demand in the medium term (2030).

INTRODUCCIÓN

La vocación turística en una zona geográfica implica demanda de los principales servicios básicos, entre ellos el abastecimiento de agua potable, tanto para la población residente como para la visitante.

El acceso al agua potable, además de ser uno de los principales indicadores de desarrollo humano, se considera como una parte fundamental dentro de las actividades turísticas, ya que puede influir en la elección de los destinos turísticos (Rico Amorós, 2007). Es de vital importancia satisfacer su demanda y prever el consumo futuro por parte

de los organismos operadores de agua potable, para que les permita optimizar su gestión y a su vez permita satisfacer las exigencias de cualificación y sostenibilidad del sector (Vera Rebollo, 2006).

Determinar las necesidades de consumo de agua, tanto de la industria turística como de uso residencial, es de vital importancia para poder prever su suministro, que permita establecer estrategias para mantener una capacidad de producción (oferta) adecuada a la demanda.

Puerto Vallarta es la segunda ciudad más poblada del estado de Jalisco con 275,640 habitantes para 2015 (CIJ, 2018; INEGI, s. f.). Presenta una tasa de crecimiento media anual de 3.24%, por lo que para 2020 la población podría alcanzar los 299,434 habitantes según el Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (IIEG, s. f.). Es considerado como el principal destino turístico de sol y playa del litoral del Pacífico mexicano y el segundo a nivel nacional después de Cancún, en virtud de que a esta zona arriban cerca de cuatro millones de visitantes al año (Chavoya Gama, Rendón Contreras, & Rodríguez Ávalos, 2019).

El brindar alojamiento al visitante en la infraestructura turística sumado al incremento demográfico de la población local puede afectar la disponibilidad natural media de agua per cápita. Por ello se llega a la hipótesis que dice que de mantener un consumo de agua potable actual con la actual producción se sufrirá escasez de este vital líquido en el mediano plazo si no se prevén futuras fuentes de abastecimiento.

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar el consumo de agua potable de una ciudad turística de Puerto Vallarta, determinar las necesidades de consumo tanto de la industria turística como de uso residencial, con la producción de este vital líquido en la próxima década, ya que permitirá generar conocimiento y estrategias que coadyuven de manera pertinente a la toma de decisiones para proveer este recurso de primera necesidad en la población y en su principal actividad económica, el turismo.

Para el desarrollo del presente trabajo se usó el método deductivo con enfoque cuantitativo y alcance exploratorio, ya que el objetivo es examinar un problema poco estudiado mediante un trabajo

de campo donde se realizaron entrevistas en el organismo operador de agua potable de la localidad y a través de información documental de datos estadísticos de ocupación hotelera, a través de los anuarios estadísticos la Secretaría de Turismo del estado de Jalisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Vera Rebollo (2006) analiza las relaciones entre el modelo de desarrollo turístico y sus implicaciones en el gasto de agua y sus repercusiones en la gestión del agua en España, señala las limitaciones en su investigación desde el punto de vista estadístico y conceptual para poder abordar este tipo de análisis.

Por otra parte, Rico Amorós (2007) en su artículo "Tipologías de consumo de agua en abastecimientos urbano-turísticos de la Comunidad Valenciana" realizó un análisis de las unidades de consumo de agua asociadas a las actividades turísticas, para de esta manera valorar la eficiencia ambiental y socioeconómica del modelo de desarrollo turístico en la ciudad de Valencia, España. Para ello empleó el método empírico, mismo que desarrolló a través de entrevistas y análisis estadístico.

Como herramienta cuantitativa para la elaboración del pronóstico proyectado al año 2030 se utilizó el modelo de análisis de regresión lineal, ya que es una herramienta estadística utilizada para estudiar la relación entre variables; en este caso se emplearon dos variables predictoras: la de producción (oferta) y la de consumo (demanda) con respecto al tiempo. Para encontrar una ecuación de regresión estimada y poder establecer el pronóstico se empleó el método de mínimos cuadrados, ya que los valores de la serie de tiempo utilizadas exhiben una tendencia lineal a lo largo del tiempo (Anderson, & Sweeney, & Williams, 2008). Los elementos de la metodología se sintetizan en la figura 1.

Población y territorio

En 1970 Puerto Vallarta contaba con una población de 35,911 habitantes. La construcción de la terminal portuaria y el aeropuerto internacional Gustavo Díaz Ordaz hizo posible la llegada de más cruceros. El nuevo aeropuerto incrementó los vuelos de las compañías ya existentes y la entrada de aerolíneas

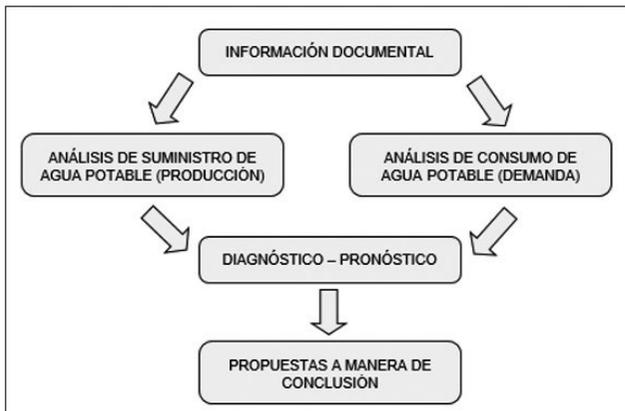


Figura 1. Método de estudio.
Elaboración propia.

extranjeras, lo cual permitió una comunicación con las principales ciudades del país y del mundo entero (FIDERCO, 2009).

Se incrementó la afluencia de turistas y como consecuencia se abrieron nuevas fuentes de trabajo para personal con experiencia en las diferentes ramas de la industria turística y el aumento de la población con la llegada de inmigrantes de diferentes partes del país, con mayor demanda de infraestructura urbana (FIDERCO, 2009).

Para el año 2010 el municipio contaba con una población estimada de 255,681 habitantes, así como 5 millones de turistas anuales. Con el municipio de Bahía de Banderas del estado de Nayarit conforma la Zona Metropolitana de Puerto Vallarta, que cuenta con 304,107 habitantes, siendo así la segunda más poblada de ambos estados. Asimismo, el municipio es uno de los que registran mayor crecimiento poblacional en el estado, inclusive mayor que los municipios centrales.

Área de estudio

El municipio de Puerto Vallarta está situado al poniente del estado, en las coordenadas 20°40'N -105°16' O / 20.667, -105.267, a una altura de 2 m s. n. m. Limita al norte con el estado de Nayarit, al sur con el municipio de Cabo Corriente y Talpa de Allende, al este con San Sebastián y Mascota y al oeste con el Océano Pacífico. Su extensión territorial es de 1,367 km² (H. Ayuntamiento de Puerto Vallarta, 2019), esto puede consultarse en la figura 2.

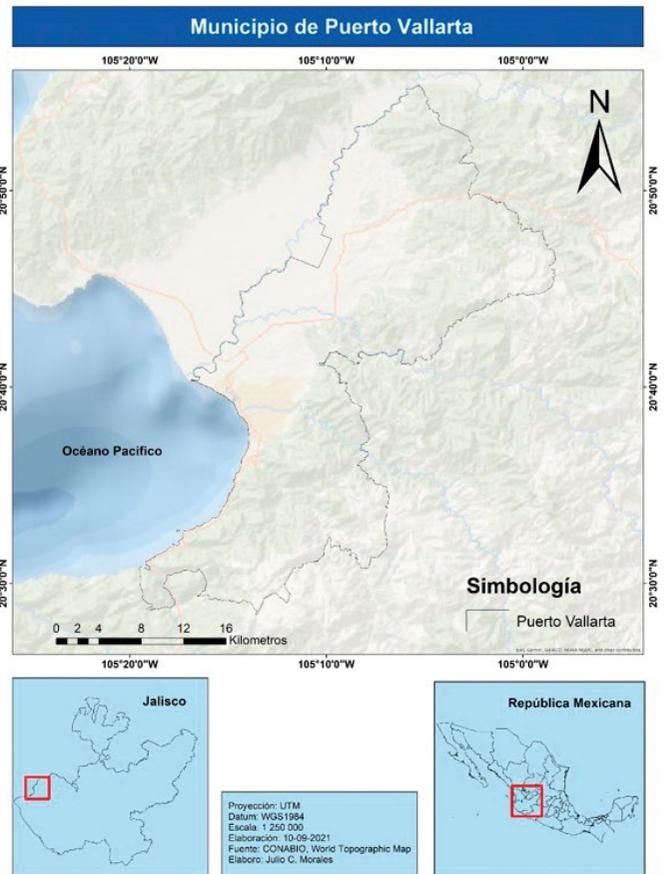


Figura 2. Área de estudio del municipio de Puerto Vallarta, Jalisco, México.
Elaboración propia con datos de CONAGUA (1998).

El municipio cuenta con muy pocas zonas planas, mismas que se localizan principalmente en la margen derecha del río Ameca y por la costa desde su desembocadura hasta la del río Cuale hacia el sur (H. Ayuntamiento de Puerto Vallarta, 2019). El clima es semitropical y húmedo, la temperatura máxima es de 31 °C en verano y la mínima de 19 °C en el invierno; la media anual es de 25 °C. La temporada de lluvias abarca desde mediados del mes de junio hasta finales del mes de agosto, con lluvias aisladas hasta mediados de octubre; tiene una precipitación media anual de 1,417 mm. Los vientos dominantes son en dirección suroeste y no presentan heladas.

El municipio está regado al norte por los ríos Ameca; que sirve de límite entre los estados de Jalisco y Nayarit, el río Mascota; que descarga sus aguas en el anterior cerca del poblado de Las Juntas, El Pitillal, La Vena de Santa María y El Cuale;

que cruza la ciudad. Al sur se encuentran los arroyos de Las Amapas, Las Estacas, El Carrizo, Palo María, Mismaloya, Los Horcones y el de Quimixto; así como el Tomatlán, que sirve de límite con el vecino municipio de Cabo Corrientes (H. Ayuntamiento de Puerto Vallarta, 2019).

Puerto Vallarta se encuentra dentro de las regiones hidrológicas número 13 y 14, río Huicicila y río Ameca, respectivamente; dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur que inicia desde San Blas Nayarit y termina en las inmediaciones del estado de Guerrero y Oaxaca. En esta región se ubican las cuencas río Cuale Pitillal, misma que se divide en tres subcuencas de los ríos Tecomala, Cuale y Pitillal; la cuenca Ameca-Ixtapa, misma que se divide en tres subcuencas de los ríos Talpa, Mascota y Ameca-Ixtapa. Las más importantes para este municipio son las subcuencas río Pitillal, río Mascota y río Ameca Ixtapa; esta información puede consultarse en la figura 3.

La precipitación pluvial media anual fluctúa entre 1,100 y 1,500 mm, con registro de 27 años; los meses con mayor precipitación son de mayo a septiembre. La permeabilidad en la región fisiográfica de la Sierra Madre del Sur es baja debido al material que la constituye, pero en las márgenes de los ríos como el Ameca, así como en las planicies costeras es favorable la infiltración y la recarga de acuíferos por los sedimentos aluviales y conglomerados que las constituyen.

Capacidad de producción (oferta)

El municipio de Puerto Vallarta se abastece principalmente por la explotación de aguas subterráneas en 80%, a través de pozos ubicados principalmente en los valles del Pitillal y la margen izquierda del río Ameca-Mascota (figura 4). El 20% restante proviene de aguas superficiales de los ríos Cuale y Mismaloya.

A 2019 la infraestructura hidráulica para la gestión de agua potable con la que cuenta el organismo operador Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Puerto Vallarta, Jalisco (SEPAL) se encuentra compuesta por:

- 30 pozos profundos
- 2 galerías filtrantes

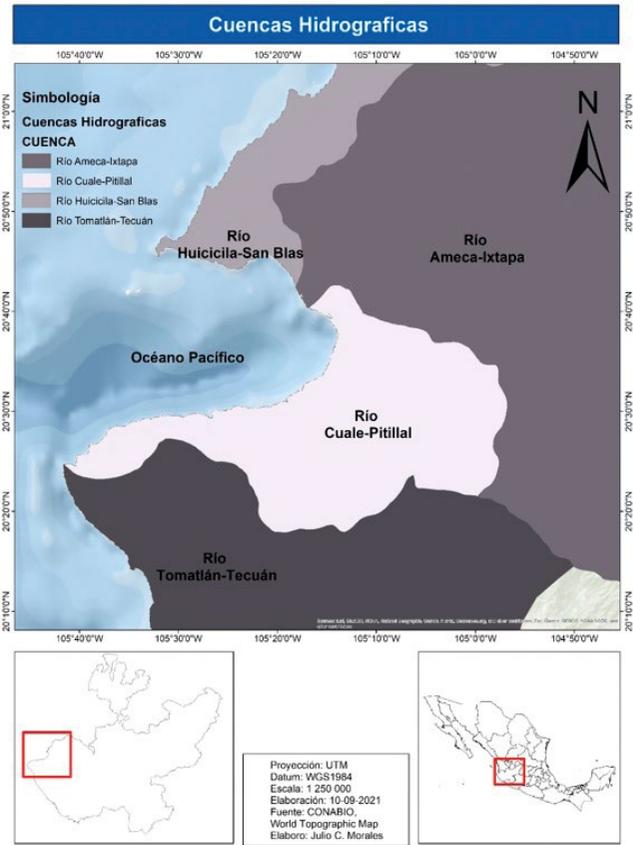


Figura 3. Cuencas hidrográficas de la región de Puerto Vallarta, México. Elaboración propia con datos de CONAGUA (1998).

- 36 tanques de almacenamiento
- 3 plantas potabilizadoras
- 1 planta de remoción de hierro y manganeso
- 1 pozo radial en la confluencia de los ríos Mascota y Ameca

con una capacidad de producción de 1,148.82 litros por segundo (lps/año), lo cual se puede ver en las tablas 1 y 2.

La infraestructura hidráulica de SEPAL (s. f.) se puede consultar en la tabla 2.



Figura 4. Periodo de estiaje en el río Mascota y río Ameca, en el pozo radial de Puerto Vallarta, Jalisco, México. Fotografía proporcionada por los autores.

Tabla 1

Capacidad de producción de agua potable en Puerto Vallarta en 2019

Infraestructura	Producción		Capacidad de producción	
	lps/año	m ³ /año	lps/año	m ³ /año
Pozos profundos	940.39	29,656,052.82	1,059.45	33,410,663.83
Plantas potabilizadoras	144.12	4,544,967.00	165.94	5,232,995.54
Galerías filtrantes	43.72	1,378,631.77	51.06	1,610,152.47
Total	1,128.22	35,579,651.59	1,276.44	40,253,811.84

Nota: Elaboración propia con datos de SEAPAL (s. f.).

Tabla 2

Infraestructura hidráulica de Puerto Vallarta 2000-2019

Año	Pozos	Galerías	Potabilizadoras	Pozos Radiales	Total	Capacidad de producción m ³ /año
2000	27	2	3	–	32	36,347,053.81
2005	23	2	3	1	29	38,000,880.00
2010	25	2	3	1	31	36,011,003.23
2012	25	2	3	1	31	37,321,326.28
2013	26	2	3	1	32	38,002,133.86
2014	28	2	3	1	34	36,673,955.86
2015	28	2	3	1	34	35,445,418.68
2016	28	2	3	1	34	35,836,061.80
2017	28	2	3	1	34	39,493,794.24
2018	30	2	3	1	36	39,625,299.36
2019	30	2	3	1	36	40,253,811.84

Nota: Elaboración propia con datos de SEAPAL (s. f.).

Capacidad urbana

Para la Encuesta Intercensal 2015 (CIJ, 2018; INEGI, s. f.) se registraron 79,622 viviendas particulares; de las cuales SEAPAL otorga servicio a 78,667, lo que representa el 98.8% de las viviendas con servicio de agua potable. Con el incremento poblacional en

Puerto Vallarta también ha aumentado la oferta de vivienda y con ello el servicio de abastecimiento (Gobierno del estado de Jalisco, s. f.), como se puede ver en la tabla 3.

Tabla 3

Total de viviendas particulares habitadas y población en Puerto Vallarta, 2000 – 2015

Año	Viviendas habitadas	Población
2000	44,313	184,728
2005	55,636	220,368
2010	68,677	255,681
2015	79,622	275,640

Nota: Elaboración propia con datos de CIJ (2018), Gobierno del estado de Jalisco (s. f.) e INEGI (s. f.).

Capacidad turística

Para poder determinar el consumo para el ámbito turístico se tomaron datos estadísticos respecto a la afluencia de los visitantes. En este contexto y según datos de la Secretaría de Turismo del Estado de Jalisco en el año 2019 (SECTURJAL, 2019) se recibieron más de 6.4 millones de turistas contra 4.5 millones con respecto a 2018, lo que se puede consultar en la tabla 4. Esto deja una importante derrama económica para el destino por 19.2 mil millones de pesos, según la Dirección de Inteligencia de Mercados, Información Estadística y Evaluación de la SECTURJAL (2019).

La estancia promedio en Puerto Vallarta es de 3.8 días, con una ocupación hotelera para 2019 de 72.38%. Destacan las categorías de cinco estrellas

que tuvieron una ocupación promedio de 70.76%; cuatro estrellas con 76.34% de ocupación y 77.19% para categoría de tres estrellas, como se puede observar en la tabla 5 (SECTURJAL, 2019).

En la tabla 6 se observa la capacidad de hospedaje y los porcentajes de ocupación desde 2000 hasta 2019 en Puerto Vallarta, mismos que se han incrementado 37.32%.

Actualmente, las zonas de playa disponibles para la construcción de desarrollos turísticos en Puerto Vallarta están agotadas y las pocas disponibles en la zona sur del municipio tienen una precaria condición medioambiental, debido a las condiciones orográficas del terreno.

Tabla 4

Afluencia de visitantes a Puerto Vallarta, 2019

M E S	TURISMO HOSPEDADO			CASA PARTICULAR			EN TRANSITO			AFLUENCIA TOTAL		
	NALES.	EXTR.	TOTAL	NALES.	EXTR.	TOTAL	NALES.	EXTR.	TOTAL	NALES.	EXTR.	TOTAL
ENE	130,464	145,370	275,834	84,930	23,482	108,412	80,474	1,768	82,242	295,867	170,620	466,487
FEB	100,772	140,127	240,899	74,173	20,508	94,681	70,281	1,544	71,826	245,226	162,179	407,406
MAR	149,766	147,101	296,867	91,406	25,272	116,678	86,610	1,903	88,513	327,781	174,276	502,057
ABR	207,803	107,696	315,499	97,143	26,859	124,001	92,046	2,022	94,068	396,991	136,577	533,568
MAY	247,972	93,545	341,517	105,153	29,074	134,227	99,636	2,189	101,825	452,762	124,807	577,569
JUN	246,830	91,917	338,747	104,301	28,838	133,138	98,828	2,171	101,000	449,959	122,926	572,885
JUL	308,320	95,006	403,326	124,185	34,335	158,520	117,669	2,585	120,254	550,174	131,927	682,101
AGO	253,941	81,723	335,665	103,352	28,575	131,927	97,929	2,152	100,081	455,222	112,450	567,672
SEP	192,428	59,306	251,734	89,046	9,894	98,940	67,551	7,506	75,056	349,024	76,706	425,731
OCT	192,020	93,061	285,081	100,841	11,205	112,046	76,499	8,500	84,999	369,360	112,765	482,125
NOV	193,278	154,125	347,404	122,887	13,654	136,541	93,223	10,358	103,581	409,388	178,138	587,525
DIC	192,714	175,763	368,477	130,341	14,482	144,823	98,877	10,986	109,864	421,933	201,232	623,164
TOTAL	2,416,309	1,384,740	3,801,049	1,227,757	266,178	1,493,935	1,079,622	53,686	1,133,308	4,723,687	1,704,605	6,428,292

Nota: Elaboración propia con datos de Dirección de Inteligencia de Mercados, Información Estadística y Evaluación de la SECTURJAL (2019).

Tabla 5

Infraestructura hospedaje Puerto Vallarta 2019

Hospedaje	5 estrellas	4 estrellas	3 estrellas	2 estrellas	1 estrella	Sin categoría	Total
Establecimiento	33	45	41	29	16	261	425
Habitaciones	7534	4546	1873	642	412	10488	25,495
Porcentaje de ocupación	70.76	76.34	77.19	68.45	48.67	--	72.38

Nota: Elaboración propia con datos de la SECTURJAL (2019).

Tabla 6

Infraestructura hospedaje Puerto 2000-2019

Hospedaje	2000	2005	2010	2015	2019
Cuartos de hotel	9,516	18,053	21,206	22,962	25,495
Porcentaje de ocupación	SD	62.63	51.81	66.09	72.38

Nota: Elaboración propia con datos de la SECTURJAL (2019).

Consumo de agua (demanda)

El consumo de agua urbana en Puerto Vallarta se determinó de acuerdo con el tipo de usuarios: doméstico y no doméstico. El consumo doméstico se subdivide según la clase socioeconómica de la población en residencial, medio y popular. Si se toma en consideración que el consumo no es constante durante todo el año y varía según el mes, el día y la hora. Durante los meses calurosos el consumo de agua es mayor que durante los meses fríos. La temperatura promedio en Puerto Vallarta es 25.7 °C, considerada

cálida; el consumo no doméstico incluye el industrial, mismo que se clasificó en el de servicio (hoteles) por ser una zona con giro netamente turístico. Esto puede consultarse en las tablas 7 y 8.

Con los datos anteriores y como señala Vera Rebollo (2002), una vez conociendo la oferta del destino turístico consolidado habrá que plantear la resolución del problema de suministro de agua.

Tabla 7

Consumo doméstico promedio per cápita

Clima	Consumo por clase socioeconómica (l/hab/día)			
	Residencial	Media	Popular	Promedio
Cálido	400	230	185	270

Nota: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional del Agua (s. f.).

Tabla 8

Consumo promedio en hoteles de Puerto Vallarta

Clasificación	Consumos de hoteles (l/cuarto/día)	
	Zona turística	Zona urbana
Gran turismo	2000	1000
4 y 5 estrellas	1500	750
1 a 3 estrellas	1000	400

Nota: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional del Agua (s. f.).

RESULTADOS

De acuerdo con los datos demográficos quinquenales del INEGI (s. f.) y del Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (IIEG, s. f.), la población del municipio en 2015 según la Encuesta Intercensal fue de 275,640 habitantes; donde la tasa poblacional de los últimos cinco años es de 7.8%. Se estima que para 2020 esta población aumentaría a 299,434 habitantes (IIEG, s. f.). Mediante análisis de regresión lineal simple se determina la población aproximada para el año 2019 con el fin de obtener las variables de oferta y demanda hasta el año en cuestión. Con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.98 entre las variables, un error típico de 412.07 habitantes y

un coeficiente significativo de 0.0008, se tiene una ecuación de proyección $y=5,693.68x + 1.1197 \times 10^7$, que da como resultado una población estimada para 2019 de 298,413 habitantes.

Con la información estadística referente al número de cuartos ofertados (unidades rentables), así como los porcentajes de ocupación hotelera en Puerto Vallarta, se determinó la demanda para el lapso de 2010 a 2019. En la tabla 10 se muestra el cálculo aproximado de la demanda de agua entre los principales consumidores: habitantes y turistas para el año 2019. En los visitantes se determinó en porcentaje de ocupación por consumo, en función de su clasificación.

Tabla 9

Población de Puerto Vallarta de los años 2000 a 2020

2000*	2005*	2010*	2015*	2019	2020**
184,728	220,368	255,681	275,640	298,413	299,434

Nota: Elaboración propia con datos quinquenales INEGI* (s. f.) e IIEG** (s. f.).

Tabla 10

Cálculo para determinar la demanda de agua potable en Puerto Vallarta a 2019

Consumo urbano	Año 2019				
Población (hab.)	298,413				
Consumo promedio (l/hab./día)	270				
Demanda anual aprox. (lps)	932.54				
Consumo Industria hotelera	4 a 5 estrellas			1 a 3 estrellas	
	5 estrellas	4 estrellas	3 estrellas	2 estrellas	una estrella
Capacidad cuartos	7534	4546	1873	642	412
Porcentaje de ocupación	70.76	76.34	77.19	68.45	48.67
Cuartos ocupados	5331	3470	1446	439	201
Consumo (l/cuarto/día)	1,500		1,000		
Demanda anual aprox. (lps)	152.80		24.14		
Consumo Total aprox. (lps/año)	1,109.48				

Nota: Elaboración propia con datos de la SECTURJAL (2019) y datos de la tabla 9.

Posteriormente se calcularon los consumos aproximados para los otros periodos. En la tabla 11 se presenta la demanda de agua entre los principales consumidores: población local y turistas.

Con los valores del consumo de agua potable en los últimos años y los datos estadísticos de producción de agua proporcionados por el organismo operador SEAPAL (s. f.) se presentan en la tabla 12 los valores de las variables de oferta y demanda en una serie de tiempo del lapso 2000 a 2019.

Con el objetivo de encontrar dos ecuaciones de regresión estimada y poder establecer el pronóstico, con el método de mínimos cuadrados del modelo de análisis de regresión lineal se emplearon las variables de producción (oferta) y consumo (demanda) con respecto al tiempo. Para la demanda de agua potable, la ecuación de proyección de tendencias, se obtuvo con un coeficiente de determinación R^2 de 0.90 entre las variables, error típico de 3.25 lps/año y coeficiente significativo de 0.01, se tiene $y=16.939x - 33,102.65$.

Tabla 11

Consumo aproximado de agua en Puerto Vallarta

Consumidores	2000	2005	2010	2015	2019
Población (hab.)	184,728	220,368	255,681	275,640	298,413
Demanda (lps)	534.51	637.64	739.82	861	932.67
Cuartos ocupados	9,516	11,307	10,987	6,706	10,887
Demanda (lps)	137.67	163.59	158.96	111.68	176.94
Demanda aprox. (lps)	744.62	887.50	992.71	973.05	1,109.61

Nota: Elaboración propia con datos de la SECTURJAL (2019).

Tabla 12

Demanda vs. producción

Año	Capacidad de producción lps/año	Capacidad de producción m ³ /año	Consumo aprox. lps/año	Consumo aprox. m ³ /año
2000	1,152.56	36,347,053.81	744.62	23,482,336.32
2005	1,205.00	38,000,880.00	887.50	27,988,200.00
2010	1,141.90	36,011,003.23	992.71	31,306,102.56
2015	1,123.97	35,445,418.68	973.05	30,686,104.80
2019	1,276.44	40,253,811.84	1,109.61	34,992,660.96

Nota: Elaboración propia con datos de SEAPAL (s. f.).

DISCUSIÓN

Para la oferta y de acuerdo con los datos históricos obtenidos se presenta una mayor variación, pero con tendencia lineal; lo que da como resultado una ecuación de proyección de $y=3.194x - 5,239.40$, aunque la recta de tendencias mantiene una pendiente positiva, es menos pronunciada que la pendiente de la oferta. En la figura 5 se presentan las dos proyecciones de capacidad de producción vs. consumo aproximado.

Como se aprecia en la figura 5, las proyecciones lineales de capacidad de producción vs. consumo aproximado mantienen una tendencia

Aun cuando existe una importante producción de agua potable en Puerto Vallarta, de acuerdo con Reyes Martínez y Quintero Soto (10 de agosto de 2009), los recursos hídricos en México, igual que en el resto del mundo se encuentran bajo una creciente presión, donde sigue siendo el Estado quien debe de garantizar el acceso del agua potable a toda la población.

En Puerto Vallarta, uno de los principales destinos turísticos del Pacífico mexicano con

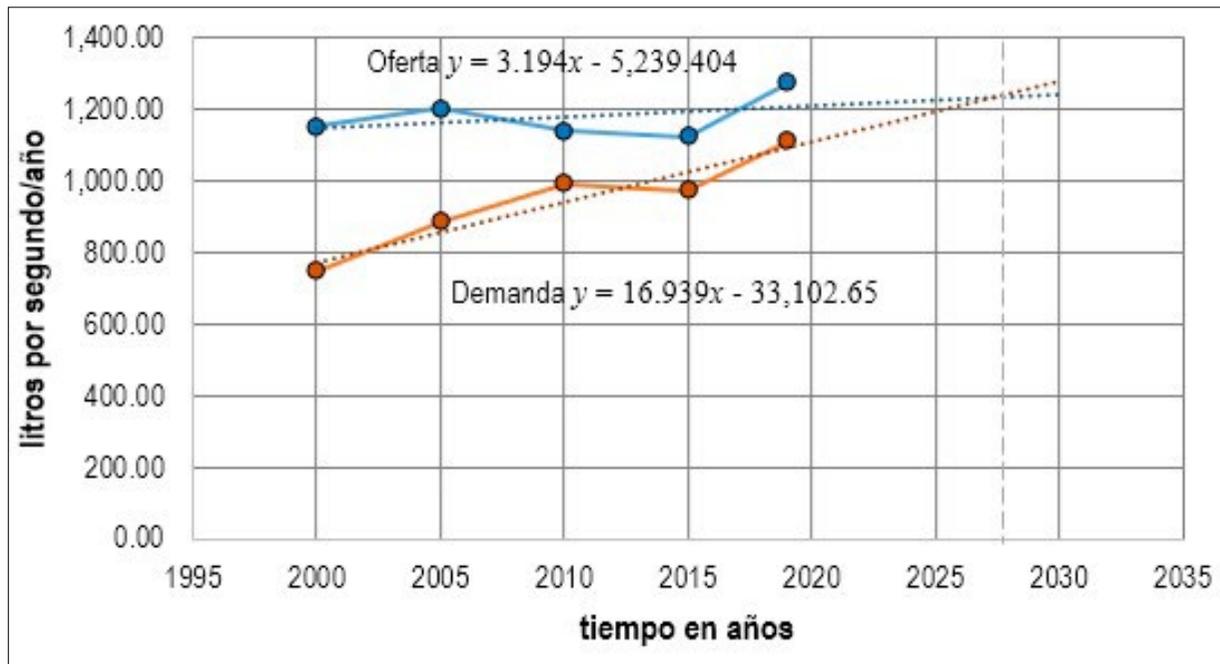


Figura 5. Proyección lineal producción vs. consumo. Elaboración propia.

a la intersección. Para determinar el punto de intersección de ambas rectas se hace una igualación de funciones para encontrar el valor de x (tiempo en años).

$$3.194x - 5239.40 = 16.939x - 33102.65$$

$$-5239.40 + 33102.65 = 16.939x - 3.194x$$

$$27863.25 = 13.745x$$

$$x = 2027.15$$

dinámico incremento poblacional el crecimiento de la infraestructura urbana y turística demanda los servicios básicos, entre ellos el agua potable. Ante este incremento en la demanda, SEAPAL al momento de este trabajo cuenta con infraestructura de capacidad suficiente para proveer los servicios urbano, comercial e industrial (turismo); 80% de la producción es a través de la extracción del agua subterránea contra 20% del agua superficial.

Una de las principales fortalezas es la variación en la precipitación anual en la región;

la permeabilidad del suelo y subsuelo de la zona influyen directamente en la disponibilidad de agua subterránea. El organismo operador de agua potable señala que no existe estrés hídrico en los pozos de distribución, ya que los niveles dinámicos (ND) mantienen siempre un balance (recarga) positivo, como puede observarse en la tabla 13.

El promedio de los tres años anteriores, la variación de los niveles dinámicos de extracción durante el periodo de estiaje, que es la época del año en la cual se presentan los niveles más bajos de los mantos freáticos y caudales mínimos de agua superficial, contra el periodo posterior al temporal

CONCLUSIONES

El hecho de que Puerto Vallarta sea un destino de playa y esté en una de las bahías más bellas del mundo, con clima favorable para el turismo de sol y playa, le brinda un gran potencial en desarrollo turístico, por lo que seguirá incrementando su afluencia en el mediano y largo plazo. Con más turismo se requiere de más infraestructura hotelera, genera más empleo y por consiguiente más migración, que, aunado con las tasas de crecimiento poblacional, será necesaria más infraestructura urbana. Como consecuencia, será imprescindible la ampliación de los servicios básicos.

Tabla 13

Niveles dinámicos ND promedios en las principales fuentes de abastecimiento de agua potable de Puerto Vallarta

Año	Estiaje (mayo)		Lluvias (noviembre)		Recuperación (variación %)
	Q promedio (lps)	ND promedio (m)	Q promedio (lps)	ND promedio (m)	
2017	30.32	18.17	28.86	15.12	3.04
2018	27.64	17.92	26.93	17.21	0.71
2019	27.26	16.66	28.18	15.01	1.65

Nota: Elaboración propia con datos de SEAPAL (s. f.).

de lluvias, mantiene una recuperación positiva de 1.80 m y conserva el mismo caudal de extracción.

En el presente estudio no se consideró el consumo comercial (que es muy bajo en relación con las otras variables) pero, aun así, con el análisis realizado de la producción de agua (oferta) con el consumo urbano y turístico (demanda), es suficiente para inferir que la demanda se incrementa en relación con la producción con respecto al tiempo.

El consumo de agua potable pronosticado para el año 2030 en Puerto Vallarta contará con un déficit de 39.1 lps/año (1,233,057.60 m³/año), por lo que se satisface la hipótesis de que a este ritmo creciente la capacidad instalada y de producción actual no serán suficientes para satisfacer tal demanda.

De mantenerse el incremento en la demanda de agua potable y seguir utilizando la misma capacidad para la gestión del vital líquido podrían alterarse los niveles dinámicos a recargas negativas de las fuentes de abastecimiento de agua subterránea, lo que generaría estrés hídrico. Actualmente, las acciones que realiza el organismo operador de agua potable de Puerto Vallarta para garantizar la recarga de los mantos freáticos es importante conservarlas y en el mejor de los casos perfeccionarlas para garantizar una filtración óptima; es de suma importancia que continúen las mediciones de niveles estáticos y dinámicos para verificar el uso ideal del agua subterránea y no llegar a la sobreexplotación, pues al tener colindancia con el mar se puede tener intrusión salina y perder las fuentes de abastecimiento, lo que complica el escenario futuro.

Con las rectas de tendencias obtenidas del análisis de regresión lineal de oferta y demanda se establecen los pronósticos en las proyecciones de producción y consumo de agua potable; su abastecimiento al ritmo actual estará garantizado para el año 2027 con 1,234 lps/año (38,915,424 m³/año), tanto para la producción como para la demanda. Para el 2030 la demanda calculada se tiene proyectada en 1,283.52 lps/año (40,477,086.72 m³/año) respecto a una producción de 1,244.42 lps/año (39,244,029.12 m³/año), con un déficit de 39.1 lps/año (1,233,057.60 m³/año); con ello se corre el riesgo de generar un desabasto en el consumidor si no se prevé una solución en el corto plazo.

Una propuesta para dar solución integral al abastecimiento de agua potable en Puerto Vallarta consiste en ampliar y mejorar la infraestructura primaria existente; incluyendo red de distribución, tanques de almacenamiento y plantas potabilizadoras; gestionar nuevas fuentes de abastecimiento, ya que las actuales no son suficientes para cubrir la demanda futura; pero lo más importante es concientizar a la población y generar una cultura en cuanto al consumo responsable de agua.

Agradecimientos

Los autores desean expresar un especial agradecimiento a SEAPAL por la información estadística proporcionada referente a la producción de agua potable para el municipio de Puerto Vallarta para el desarrollo del presente trabajo; a la Universidad de Guadalajara por las facilidades técnicas y de infraestructura otorgadas; al Cuerpo Académico UDG 303: Estudios de la Ciudad, Arquitectura y Desarrollo, por su vinculación y gestiones en el sector turismo y diferentes organismos públicos.

REFERENCIAS

- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2008). *Estadística para administración y economía* (10a. ed., pp. 626-628). Thomson/Southwestern.
- Centros de Integración Juvenil, A. C. (2018). EBCO. Estudio Básico de Comunidad Objetivo 2018 [Documento electrónico]. Recuperado de <http://www.cij.gob.mx/ebco2018-2024/9811/9811CSD.html>
- Chavoya Gama, J. I., Rendón Contreras, H. J., & Rodríguez Ávalos, M. L. (2019). Obsolescencia y vitalidad urbana en ciudades turísticas de litoral. Puerto Vallarta, Jalisco, México. En *XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: Challenges and paradigms of the contemporary city*: UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona: CPSV, 2019, p. 8461. doi: 10.5821/ctv.8461
- Comisión Nacional del Agua. (s. f.). Determinación de la demanda. En *Estudio de alternativas de solución para suministrar agua potable a las ciudades de Minatitlán y Coatzacoalcos, en el estado de Veracruz* [Documento digital subido por Carlos Mosso Santiago en StuDocu]. Recuperado de <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-de-guerrero/anatomia-y-disecciones-i/determinacion-de-la-demanda/11146882>
- Comisión Nacional del Agua (1998). *Cuencas Hidrológicas*. Escala 1:250000. México (Ruta: Hidrología - Regiones hidrológicas y cuencas - Subcuencas hidrológicas) [Portal electrónico de información geográfica]. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Comisión Nacional del Agua. (2020). Regiones hidrológicas (nacional) [Base de datos electrónica]. México: Autor. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=regionesHidrológicas&ver=reporte&o=0&n=nacional>
- Fideicomiso para el Desarrollo de la Región Centro Occidente. (2009). *Programa de ordenamiento de la zona metropolitana interestatal de Puerto Vallarta-Bahía de Banderas. Etapa de diagnóstico* [Documento en formato pdf]. Guadalajara: Autor. Recuperado de <https://docplayer.es/6294892-Programa-de-ordenamiento-de-la-zona-metropolitana-interestatal-de-puerto-vallarta-bahia-de-banderas-etapa-de-diagnostico.html>
- Gobierno del estado de Jalisco. (s. f.). Puerto Vallarta [Portal electrónico]. Recuperado de <https://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/puerto-vallarta>
- H. Ayuntamiento de Puerto Vallarta. (2019). Medio físico [Portal electrónico]. Recuperado de <https://www.puertovallarta.gob.mx/2018-2021/Ciudad/localizacion.php>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. (s. f.). [Portal electrónico]. Recuperado de <https://iieg.gob.mx/ns/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s. f.). Encuesta Intercensal 2015. Principales resultados [Documento en formato pdf]. México: Autor. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/#>
- Reyes Martínez, A., & Quintero Soto, M. L. (10 de agosto de 2009). Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora. *Revista Digital Universitaria*, 10(8). Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art51/int51-4.htm>

- Rico Amorós, A. M. (2007). Tipologías de consumo de agua en abastecimientos urbano-turísticos de la Comunidad Valenciana. *Investigaciones Geográficas*, 42, 5-34. doi: 10.14198/INGEO2007.42.01
- Secretaría de Turismo del Estado de Jalisco. (2019). Anuario 2019 [Portal electrónico]. México: Autor. Recuperado de <https://secturjal.jalisco.gob.mx/invierte-en-jalisco/estadisticas>
- Sistema de los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Puerto Vallarta, Jalisco. (s. f.). Informe anual de actividades [Portal electrónico de dependencia pública local]. Recuperado de <https://www.seapal.gob.mx/transparencia/informe-anual-de-actividades/>
- Twenergy. (5 de mayo de 2019). La demanda de agua potable, un desafío para México en el siglo XXI [Portal electrónico]. Recuperado de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/como-ahorrar-agua/>
- Vera Rebollo, J. F. (2002). Transferencia de recursos y demandas turísticas. En A. Gil Olcina, & A. Morales Gil (Coords.), *Insuficiencias hídricas y plan hidrológico nacional* (pp. 179-200). Alicante: Caja de Ahorros del Mediterráneo-Instituto Universitario de Geografía-Universidad de Alicante. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5535623>
- Vera Rebollo, J. F. (2006). Agua y modelo de desarrollo turístico: La necesidad de nuevos criterios para la gestión de los recursos. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 42, 155-178. Recuperado de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/15502>

Aditivos y nutraceuticos en nutrición y sanidad de rumiantes

Additives and nutraceuticals in nutrition and sanitation of ruminants

María Esther Ortega-Cerrilla*, Ricardo Martínez-Martínez**✉, Ricardo Vicente-Pérez**, Enrique Octavio García-Flores**, Armando Gómez-Vázquez***, Perpetuo Álvarez-Vázquez****

Ortega-Cerrilla, M. E., Martínez-Martínez, R., Vicente-Pérez, R., García-Flores, E. O., Gómez-Vázquez, A., & Álvarez-Vázquez, P. (2021). Aditivos y nutraceuticos en nutrición y sanidad de rumiantes. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 86 -95.

RESUMEN

El objetivo de esta revisión es conocer qué son y cómo se han usado los denominados nutraceuticos y aditivos en las dietas de los rumiantes (bovinos, ovinos y caprinos) para mejorar la alimentación, prevenir o reducir y tratar algunas enfermedades de estos animales. En este documento se describen diferentes compuestos considerados como nutraceuticos

(taninos condensados, saponinas, alcaloides, etc.), antioxidantes, probióticos, prebióticos, algunos minerales y aceites esenciales. También se describen resultados importantes de investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional sobre beneficios que se tiene al hacer uso de nutraceuticos y aditivos alimenticios en las dietas de los rumiantes y como estos ayudan a prevenir o reducir la incidencia de algunas enfermedades, como las causadas por endoparásitos y ectoparásitos; además de cómo se pueden incluir en las dietas para sustituir otros productos utilizados como aditivos en la producción animal.

Palabras clave: salud animal; nutraceuticos; nutrición; reproducción; aditivo alimenticio.

Keywords: animal health; nutraceuticals; nutrition; reproduction; food additive.

ABSTRACT

The objective of this review is to know what are the so-called nutraceuticals and additives in the diets of ruminants (cattle, sheep, and goats) to improve feeding, prevent or reduce and treat some diseases of these animals. In this document different compounds considered as nutraceuticals are described (such as condensed tannins, saponins, alkaloids), antioxidants, probiotics, prebiotics, some essential minerals, and oils. National and international research on some benefits of the use of nutraceuticals and food additives in ruminant diets are reviewed, and how they help to prevent or reduce the incidence of some diseases, like those caused by endoparasites and ectoparasites; in addition to how they can be included in diets to replace other products used as additives in animal production.

Recibido: 19 de junio de 2019, aceptado: 21 de diciembre de 2020

* Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km. 36.5, Montecillo, C. P. 56230, Estado de México, México. Correo electrónico: meoc@colpos.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9971-5169>

** Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Ave. Independencia Nacional No. 151, C. P. 48900, Autlán, Jalisco, México. Correo electrónico: marmaric@hotmail.com; vicente_ver@hotmail.com; enriqueg@cucsudg.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6648-0607>; <http://orcid.org/0000-0002-4559-3116>; <http://orcid.org/0000-0002-3273-7678>

*** División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km 25, Carretera Villahermosa-Teapa, Teapa, C. P. 86280, Tabasco, México. Correo electrónico: dragv2@hotmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2459-585X>

**** Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C. P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: alvarez.perpetuo@colpos.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2666-3999>

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

Durante años el uso irracional de productos químicos, aditivos y productos veterinarios (antibióticos, anestésicos, antiinflamatorios, antiparasitarios, etc.) en los diferentes sistemas de producción animal ha causado problemas ambientales y de salud para los seres humanos; ya que no todos estos compuestos químicos se degradan fácilmente e incluso pueden acumularse en la carne, huevo y otros productos de origen animal. Actualmente la demanda del consumidor es adquirir productos de origen animal inocuos y sanos que estén libres de nitratos, grasas, sal y, en general, de productos químicos (Brambilla & De Filippis, 2005); por ello es necesario buscar productos naturales que sustituyan a los antes mencionados para producción animal, como pueden ser los nutraceuticos; que tienen el mismo principio activo de los productos químicos sin efectos secundarios.

Para algunos autores *nutracéuticos* son productos que tienen su origen en ingredientes de la naturaleza propia (animales, plantas o minerales); los cuales contienen algunos compuestos secundarios y nutrientes (taninos condensados, alcaloides, saponinas, flavonoides, vitaminas, etc.). Los nutraceuticos, por ser naturales, se encuentran en formas biodisponibles y se pueden administrar por largos periodos de tiempo, sin riesgo de efectos colaterales (Shui & Leong, 2006). Andlauer y Fürst (2002) consideran que la prevención y el tratamiento con nutraceuticos es una oportunidad para mantener la salud de los animales, promoviendo una mejor salud y calidad de vida de los mismos.

El objetivo de este trabajo de revisión fue presentar los productos nutraceuticos que hasta ahora se han utilizado en la producción animal y los resultados obtenidos al emplearlos en bovinos, ovinos y caprinos.

DESARROLLO DEL TEMA

Definición de nutraceutico

Un nutraceutico es cualquier elemento o ingrediente de los alimentos, principalmente de origen vegetal, no tóxico, que tiene un efecto benéfico y preventivo. Sirven para tratar y prevenir enfermedades en seres humanos y animales. Para DeFelice (2002) nutraceutico es la combinación de nutrición y farmacéutica; es decir, es un alimento o parte de este

que tiene propiedades medicinales o preventivas para la salud. Una definición más de nutraceutico es que son productos alimenticios compuestos en parte por fitoquímicos, extractos vegetales, vitaminas y minerales, que mejoran o conservan la salud (Pszczola, 1999; Zeisel, 1999). Shahidi (2009) también los define como productos alimenticios de la industria que se elaboran con nutrimentos naturales de origen natural y/o de sustancias diversas que no son alimenticias, que son benéficos para la salud y se distribuyen y adquieren en forma de píldoras, cápsulas, goma de mascar, bebidas, entre otros. Un nutraceutico es una sustancia fisiológicamente activa que es extraída de fuentes naturales (plantas, animales, microorganismos) mediante procesos biotecnológicos que conservan las propiedades originales de la sustancia (Biruetta Guzmán, Juárez Hernández, Sieiro Ortega, Romero Viruegas, & Silencio Barrita, 2009).

Beneficios de los nutraceuticos

Tienen varios beneficios para la salud o prevención de algunas enfermedades de animales; sin embargo, se debe tener cuidado al usarlos (probióticos, prebióticos, fitoquímicos o metabolitos secundarios; polifenoles, carotenoides, flavonoides, inhibidores de tripsina, taninos, antocianinas, lectinas, etc.), los cuales deben ser consumidos o suministrados en pequeñas cantidades a los animales, ya que en dosis altas pueden causar intoxicación e, incluso, la muerte (Dillar & German, 2000).

A continuación se describen algunos productos nutraceuticos usados en la producción animal.

Antioxidantes

Por su estructura química los antioxidantes son compuestos que reducen la formación de radicales libres; previenen y tratan enfermedades que son causadas por el estrés oxidativo. Los carotenos pertenecen a un grupo de antioxidantes precursores de las vitaminas A, E y C (Royer, Diouf, & Stevanovic, 2011; William, 1997). Con el envejecimiento y el estrés se incrementa la producción de radicales libres y los niveles de producción de superóxido dismutasa se reducen; por ello es necesario el consumo de antioxidantes para reducir la oxidación. Enseguida se mencionan algunos antioxidantes de importancia en producción animal. Dabrowska y Mir (2009) clasificaron los antioxidantes en exógenos y endógenos. Entre los primeros están las vitaminas E y C, flavonoides y carotenoides como β caroteno, licopeno y zeoxantina, siendo también estos dos

últimos carotenoides; en los endógenos tenemos al glutatión, coenzima Q (ubiquinona), ácido lipoico y enzimas (superóxidodismutasa, catalasas y glutatión peroxidasa).

Compuestos fitoquímicos: isoflavonas, fitoesteroles, flavonoides, antocianinas, carotenos, taninos, saponinas

Isoflavonas. A las isoflavonas se les considera también estrógenos vegetales y se clasifican como moduladores selectivos de receptores de estrógenos (SERM), estos son selectivos de algunos tejidos; de esta forma se tienen efectos similares al estrógeno en algunos y ningún efecto en otros, también actúan como antiestrogénicos. Se encuentran en soya y algunas legumbres como habas, lentejas y afines (Lee, Y. B., Lee, H. J., & Sohn, 2005).

Las isoflavonas tienen estructura química similar a los estrógenos, con un anillo fenolito clave de la estructura, que le permite unirse a los receptores estrogénicos. Además son compuestos que contienen uno o varios grupos hidroxilos unidos a un anillo aromático.

Fitoesteroles. Esteroles de origen vegetal localizados principalmente en plantas oleaginosas como maíz, soya, girasol y canola, nueces y algunos cereales; que tienen una estructura química similar al colesterol. Estos compuestos tienen propiedades benéficas que sirven como antiinflamatorios, antitumorales, bactericidas fungicidas, efecto hipocolesterolémico (Muñoz Jáuregui, Alvarado-Ortiz Ureta, & Encina Zelada, 2011).

Flavonoides. Los componen dos anillos fenilos (A y B) que se unen mediante un anillo pirano (C). La síntesis de estos tiene lugar en las plantas a partir de unidades de acetato y aminoácidos aromáticos como la fenilalanina y la tirosina (Escamilla Jiménez, Cuevas Martínez, & Guevara Fonseca, 2009). Se puede decir que son pigmentos heterocíclicos que contienen oxígeno, se encuentran en las plantas y algunos frutos; los principales colores que se observan en las plantas o frutos son amarillo, rojo y azul (Garg, A., Garg, S., Zaneveld, & Singla, 2001).

Antocianinas. Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, que pertenecen a la familia de los flavonoides; están compuestos por dos anillos

aromáticos A y B unidos por una cadena de tres carbonos. Cuando las antocianinas carecen de azúcar se denominan antocianidinas (Kong, Chia, L., Goh, Chia, T., & Brouillard, 2003). Se dice que los flavonoides son pigmentados y responsables de la mayoría de los colores de las flores y los frutos; su importancia radica en la polinización y dispersión de semillas (Wang, Cao, & Prior, 1997).

Carotenos. Los carotenos están compuestos solo por carbono e hidrógeno, el que más abunda es el β -caroteno, y constituye de 25 a 30% del contenido total de carotenoides en las plantas. La luteína es la xantofila más abundante (40 a 45%), pero se encuentra en menor proporción que el β -caroteno (Lee, Koo, & Min, 2004). Los carotenos pertenecen al grupo de isoprenoides o terpenoides, que se originan de una molécula de cinco carbonos llamada isopreno (Delgado-Vargas, Jiménez, & Paredes López, 2000).

Taninos. Los taninos son compuestos fenólicos con un peso molecular alto y un grupo hidroxilo con la capacidad de formar enlaces con proteínas y otras macromoléculas como celulosa, almidón, y otros (Van Soest, 1994). Los taninos se dividen en dos grupos: a) taninos hidrolizables, los cuales se hidrolizan químicamente o por enzimas y están formados por un núcleo compuesto por un glúcido, cuyos grupos hidroxilo se encuentran esterificados con ácido fenólico (ácido gálico y hexahidroxidifénico) y b) taninos condensados que son polímeros no ramificados de hidroxiflavonoles como la catequina, ligados mediante enlaces de carbonos y carecen de núcleo glucídico. Los taninos condensados tienen un peso molecular mayor (1000 a 2000) que los taninos hidrolizables (500 a 3000) (Mueller-Harvey, 2006).

Saponinas. Las saponinas son glucósidos formados por una aglicona de origen terpénico, esteroideal o esteroideal alcaloide; se une por el hidroxilo del carbono-3 a una cadena ramificada de azúcares, la cual puede ser de hasta cinco moléculas; puede ser glucosa, arabinosa, ácido glucurónico, xilosa y ramnosa; las saponinas pueden encontrarse en la mayoría de las plantas (Hostettmann & Marston, 2005; Waller & Yamasaki, 1996).

Probióticos. Son compuestos que contienen microorganismos vivos que benefician la salud de los animales, ya que les proveen un equilibrio en la flora intestinal de estos. Tienen efectos positivos como

ya se mencionó, algunos son en la prevención de cáncer del tubo digestivo, nivelación del colesterol elevado, mejora de la circulación sanguínea; lo que reduce los infartos al corazón y embolias cerebrales. Estos microorganismos son antagonistas de la mayoría de las bacterias patógenas que causan problemas intestinales, como diarrea y vómito (Collins, Thornton, & Sullivan, 1998; Fuller, 1989; Morelli, 2000).

Prebióticos. Son sustancias alimenticias que consisten en polisacáridos que no son almidón y oligosacáridos que nutren a un grupo específico de microorganismos que colonizan el intestino; además, estas sustancias ayudan a la multiplicación de las bacterias benéficas (Gaggia, Mattarelli, & Biavati, 2010). También se les consideran sustancias no digeribles que tienen un efecto fisiológico benéfico para el huésped, estimulando selectivamente el crecimiento favorable de bacterias. Los prebióticos se pueden proporcionar a los animales en forma de alimentos (granos de soya, maíz, etc.), bebidas fortificadas y suplementos dietarios (oligofructosa, inulina, galactooligosacáridos, lactulosa) (Gaggia et al., 2010).

Simbióticos. Estas sustancias son combinaciones de prebióticos y probióticos, que ejerce un efecto tanto prebiótico como probiótico. La adición de un prebiótico adecuado puede mejorar la supervivencia y el establecimiento de un organismo probiótico, al proporcionar una fuente nutricional que no puede ser utilizada por organismos competidores (Gaggia et al., 2010).

Nutrientes (hierro, calcio, cobre). Algunas propiedades de estos nutrientes como el hierro y el cobre actúan como antioxidantes, fuente de producción de radicales libres; ya que en su forma reducida (Fe_2^+ y Cu^+) son muy reactivos (a diferencia de la forma oxidada Fe_3^+ y Cu_2^+), descomponiendo el peróxido de hidrógeno en radical hidroxilo (Latham, 2002; Mišurcová, Machu, & Orsavova, 2011; NRC, 1989).

Grasas y aceites. Los ácidos grasos que componen los aceites en general se dividen en saturados e insaturados. Algunas grasas o aceites pueden encontrarse en el aceite de pescado o de algunas algas; entre las grasas denominadas benéficas se encuentran los ácidos grasos Omega-3. Han demostrado ser más efectivos en mejorar la salud; incluso en reducir los triglicéridos, por lo que se han incluido en diferentes alimentos. El consumo de aceites ricos en ácidos grasos Omega-3 y poliinsaturados de

cadena larga previenen la hipercolesterolemia y las enfermedades cardiovasculares (Shahidi, 2009).

Algunos ácidos grasos de cadena larga, como el ácido docasahexaenoico y el ácido eicosapentaenoico forman parte de las membranas celulares y, por tanto, afectan el desarrollo cerebral en bebés y niños y la función cerebral en adultos; en tanto que el consumo de fosfolípidos como la lecitina ayuda a mantener la integridad de las membranas celulares y previene el hipercolesterolemia (Shahidi, 2009).

Nutraceuticos en producción animal

El conocimiento sobre los nutraceuticos puede contribuir a prevenir y controlar algunas enfermedades de los animales y a evitar el uso de productos químicos (vacunas, desparasitantes, antibióticos, etc.), cada vez más restringidos para los sistemas de producción.

Bovinos. Para incrementar el número de bacterias ruminales en los prerrumiantes se han usado probióticos como las levaduras, para ello se requieren células de levadura metabólicamente activas para la estimulación del rumen y el aprovechamiento eficaz de los nutrientes de los alimentos; también se ha hecho uso de los probióticos para reducir la incidencia o gravedad de diarreas en estos animales (Newbold, 2003). La administración de bacterias viables de la cepa Nissle 1917 de *Escherichia coli* tiene un efecto benéfico sobre la profilaxis y el tratamiento de diarrea en prerrumiantes (Von-Buenau et al., 2005).

Actualmente, la tendencia es disminuir el uso de antibióticos profilácticos, sustituyéndolos por nutraceuticos que den los mismos resultados para el control microbiano. En la producción de becerros neonatos y en crecimiento, el uso de probióticos derivados del *Saccharomyces cerevisiae* (SC) en lugar de antibióticos profilácticos tiene un efecto similar, por lo cual es una alternativa viable en la producción de prerrumiantes (Vázquez Flores, 2008). El calostro de bovinos ha sido utilizado como un producto nutraceutico debido a que es la secreción láctea producida después del parto, desempeña un papel importante en la salud posnatal como estimulante inmunológico. Además de los nutrientes como proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales; el calostro bovino contiene varias moléculas biológicamente activas que son esenciales para funciones específicas. El calostro contiene componentes bioactivos como factores de

crecimiento que estimulan el desarrollo del recién nacido; mientras que los factores antimicrobianos proporcionan inmunidad pasiva y protección contra infecciones en las primeras semanas de vida (Pandey, Dar, Mondal, & Nagaraja, 2011).

De acuerdo con Agrawal, Conner, Johnson y Wallsgrave (2002), la reducción en la incidencia de diarreas en terneros se obtuvo cuando se alimentaron con leche fermentada y bacterias en una mezcla de ácido láctico, o *Lactobacillus acidophilus* 15 o *S. cerevisiae* NCDC49. En terneros jóvenes la incorporación de levaduras vivas en el grano reduce el número de días con diarrea (Galvao et al., 2005). Dos preparaciones probióticas diferentes, que contenían seis *Lactobacillus* spp. de origen bovino y humano disminuyeron la tasa de mortalidad, redujeron la incidencia de diarrea y resultó en un menor recuento de coliformes fecales en terneros (Timmerman et al., 2005). Mildrey Soca, Ojeda, Canchila y Maylin Soca (2011) confirman que hay efectos benéficos al usar una combinación de probióticos (*L. rhamnosus* y *L. acidophilus*) en el comportamiento productivo y salud de terneros en pastoreo; con esto se incrementa el peso vivo y la ganancia diaria de los animales.

Galvao et al. (2005) encontraron que al usar probióticos se estimula el crecimiento de microorganismos benéficos en el rumen (bacterias anaeróbicas, celulolíticas, utilizadoras de ácido láctico) de los novillos. Los probióticos tienen influencia sobre el metabolismo del ácido láctico; de esta manera las bacterias que digieren la fibra producen ácido acético, las bacterias que consumen el lactato remueven el ácido láctico como consecuencia de esto, el pH se estabiliza y mejora la digestión en los novillos (Adams et al., 2008).

Las que se han usado como probióticos en la alimentación de las vacas lecheras son las levaduras de *Saccharomyces* spp. Algunos de los resultados obtenidos son reducción de la celulolisis ruminal y aumento en el flujo de proteína microbiana al intestino (Van Vuuren & Rochet, 2003). También se ha observado que al adicionar levadura *S. cerevisiae* como aditivo de la alimentación al inicio de la lactancia de vacas lecheras de la zona alta en Mérida, Venezuela, la calidad de la dieta ofrecida a las vacas es buena en la respuesta, ya que se mantiene en niveles apropiados de leche. En dietas con alto contenido de alimento concentrado la levadura tiene un efecto positivo en la producción

de leche y grasa, lo que quiere decir que el uso de la levadura en las dietas de las vacas lecheras mejora las condiciones del rumen. Por tanto, el uso de la levadura como estrategia de alimentación durante el periodo de transición en vacas lecheras mejora las variables productivas de las mismas (Rivas, Díaz, Hahn, & Bastidas, 2008).

Al hacer uso de un subproducto de la manzana, la denominada *manzarina* como nutraceutico, se demostró que el alto contenido de antioxidantes que contiene disminuyó el alto número de células somáticas de la leche durante el estrés que se produce por la mastitis en vacas en producción (Gallegos, 2007; Rodríguez Muela et al., 2010).

Davies y Méndez (2006) encontraron que algunos antioxidantes como los taninos condensados mejoraron las propiedades en carne de bovino en cuanto a la grasa y minerales; de esta manera se alargó la vida de anaquel de la carne. Según Galina, Ortiz-Rubio, Mondragón, Delgado-Pertiñez y Elías (2009) ofrecer ensilaje de maíz enriquecido con probióticos (*L. plantarum*, *L. helveticus*, *L. delbrueckii*, *Lactococcus lactis*, *L. cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Bifidus essensis* y *S. cerevisiae*) con o sin suplemento nitrogenado de lento consumo propició un aumento en la ganancia de peso en bovinos de engorda; mejoró el proceso de fermentación ruminal y la producción de proteína microbiana. El tratamiento contra nemátodos se realiza utilizando diferentes antihelmínticos comerciales, pero el uso de plantas o bacterias como *Bacillus thuringiensis* han demostrado que reducen o controlan los nemátodos gastrointestinales que afectan a los rumiantes (bovinos, ovinos), ya que *B. thuringiensis* produce cristales proteicos con actividad citotóxica que ataca a insectos y nemátodos, lo que reduce su número (Vázquez Pineda et al., 2012).

Ovinos. Estudios epidemiológicos han demostrado un beneficio para la salud de los ovinos cuando estos consumen en proporciones pequeñas derivados de plantas ricas en compuestos secundarios o los denominados antinutricionales. Estos beneficios se han asociado, al menos parcialmente, a algunos de los constituyentes fitoquímicos; en particular a los polifenoles. García, Noda, Medina, Martín y Soca (2006) en un estudio en ovinos usando hojas de malva encontraron propiedades antioxidantes, incluyendo actividad en radicales libres. Se demostró que las

hojas de malva son ricas en productos nutraceuticos como potentes antioxidantes (fenoles, flavonoides, carotenoides y tocoferoles), ácidos grasos insaturados (ácido alfa-linolénico) y minerales. Una forma de dar estabilidad al color y la grasa en la canal de los animales es incluir antioxidantes en la dieta; ya que son incorporados en las membranas celulares, lo que incrementa la estabilidad de la carne.

Ripoll, Joy y Muñoz (2011) demostraron que se mantienen el color y la oxidación de lípidos de la carne de cordero fresca en un nivel adecuado al hacer uso de dos antioxidantes como la vitamina E y el selenio, lo que incrementa la vida útil de envasado en atmósfera modificada. La vitamina E mantuvo la carne de cordero constante en vida de anaquel, mientras que el selenio incrementó sus valores de hasta 11 días. Vasta, Nudda, Cannas, Lanza y Priolo (2008) utilizaron semillas, hojas y vainas de leguminosas (*Atriplex spp.*, *Galium verum*, *Cichorium intybus* y *Chrysanthemum coronarium*) como fuente alimenticia alternativa a dietas basadas en concentrados en ovejas y cabras, esto mejoró la calidad de la carne (color claro y brillante) y aumentó la producción y proteína de la leche, debido a que los taninos condensados protegen a las proteínas de la degradación ruminal. La estabilidad del color de la carne en corderos se conserva por el alto nivel de vitamina E que presentan estos arbustos, ya que protege a la mioglobina de la oxidación.

Un estudio realizado por López, Arece, Ojeda y Molina (2015), en la que utilizaron probióticos Sorbifauna en las dietas de ovinos, observaron que la ganancia media diaria se incrementó en los animales que consumieron probiótico de 130 a 135.4 g/animal/día. Entre los tratamientos alternativos para la prevención o reducción de nemátodos gastrointestinales en ovinos en condiciones de pastoreo están los nutraceuticos; es decir, productos de forrajes o plantas que contienen compuestos bioactivos. Entre las plantas que contienen metabolitos secundarios (taninos condensados, flavonoides, lactonas sesquiterpénicas), que se considera tienen efectos benéficos sobre la salud del animal específicamente antihelmínticos más que nutritivos, se encuentran *Lotus uliginosus*, *Hedysarum coronarium*, *Onobrychis viciifolia*, *Schinopsis spp.*, etc.

La suplementación con plantas forrajeras con compuestos secundarios a ovinos en pastoreo

reduce el número de huevos de nemátodos; además la disminución en el recuento de huevos fecales de nemátodos podría estar asociado con una disminución de la fertilidad causada por estos compuestos fitoquímicos (Hoste et al., 2012; Mederos et al., 2012; Moreno-Gonzalo et al., 2012). Cenci et al. (2007) evaluaron el efecto de los taninos condensados de *Acacia mearnsii* en ovejas naturalmente infestadas por nemátodos gastrointestinales. Encontraron que los taninos condensados de esta planta tienen un efecto positivo, ya que disminuyen la producción de nemátodos como *Trichostrongylus colubriformis*, *Haemonchus contortus*, *Oesophagostomum columbianum*, *Cooperia sp.*, *Strongyloides papillosus*, *Trichuris globulosa* y *Moniezia expansa*, lo que representa una alternativa para el control de estos parásitos en ovino.

Oliveira et al. (2009) evaluaron in vitro e in vivo la eficacia del fruto *Cocos nucifera* L. sobre los parásitos gastrointestinales de ovejas y encontraron que la eficiencia de los extractos (etílico y acético) de este fruto sobre nemátodos (*H. contortus*) fue de 100% sobre la eclosión de los huevos y 99.77% en cuanto al desarrollo de larvas, como se puede observar en la figura 1. Según Martínez-Ortiz-de-Montellano et al. (2010), algunas plantas distribuidas en México representan una solución alternativa en contra del uso de antihelmínticos químicos, estos autores demostraron que *Lysiloma latisiliquum* afecta a la población adulta de nemátodos de *H. contortus* en ovinos. Así, un consumo a corto plazo de *L. latisiliquum* modula directamente la biología de *H. contortus* en su fase adulta, afecta el tamaño y la fecundidad de las hembras, reduciendo las cargas de huevecillos en los animales afectados.

El rápido desarrollo de resistencia de los nemátodos a los antihelmínticos químicos ha limitado el éxito de la producción de pequeños rumiantes. Por ello Nery, Nogueira, Martins y Duarte (2010) evaluaron in vitro la actividad antihelmíntica de extractos de hojas de *Anacardium humile* en nemátodos gastrointestinales de ovinos. Encontraron que se inhibe el desarrollo de las larvas de *A. humile* a concentraciones de: 187.5, 150, 100, 50, y 30 mgml⁻¹. Al hacer el análisis fitoquímico se encontró la presencia de taninos, flavonoides y alcaloides en las hojas de esta planta,

lo cual indica que tiene potencial para el control de endoparásitos.



Figura 1. Adición de taninos condensados a la dieta de ovinos para reducir cargas parasitarias de nemátodos gastrointestinales. Fotografías del equipo de investigación.

Caprinos. Algunos estudios indican que las dietas altas en concentrados tienen que ser utilizadas con mucho cuidado en esta especie, ya que favorecen la aparición de acidosis; para evitar estos efectos se han realizado estudios donde la suplementación de levadura (*S. cerevisiae*) en la dieta reduce considerablemente la acidosis en los animales. La forma en la que actúan las levaduras para reducir esta problemática es que estimulan selectivamente el crecimiento de las poblaciones de bacterias consumidoras de lactato (*Megaspharera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*), lo que disminuye la presencia de ácido láctico y de esta manera evita la caída drástica de la concentración del pH ruminal, y como consecuencia se disminuye la presencia de acidosis (Desnoyers, Giger-Reverdin, Sauvart, Bertin, & Duvaux-Ponter, 2009).

Un estudio preliminar realizado por Maragkoudakis et al. (2010), en el que proporcionaron una cepa de *L. plantarum* (PCA 236), encontraron que *L. plantarum* (236 PCA) mostró un potencial probiótico, ya que modula la microbiota benéfica del sistema gastrointestinal de la cabra y de la composición de los ácidos grasos poliinsaturados de la leche. Botura et al. (2011) estudiaron in vivo la actividad antihelmíntica de un extracto acuoso de *Agave sisalana* Perr. en nemátodos gastrointestinales (*Oesophagostomum columbianum* y *Trichostrongylus colubriformis*) en ganado caprino. Los resultados mostraron que los extractos tenían baja eficiencia en los

nemátodos en los diferentes estadios parasitarios y moderadamente eficaz contra los huevos de los mismos.

Por su parte, Macedo et al. (2010) evaluaron in vitro la eficacia antihelmíntica de aceite esencial de *Eucalipto staigeriana* para contabilizar la eclosión de los huevos de nemátodos gastrointestinales de *H. contortus* en las heces de cabras. Observaron que la eficacia de *E. staigeriana* no alcanzó el nivel terapéutico como los antihelmínticos sintéticos; sin embargo, se disminuye la eclosión y el desarrollo de las larvas de estos endoparásitos en las cabras hasta en 76.57%.

Hernández-Villegas et al. (2012) investigaron la actividad antihelmíntica de hojas de *Phytolacca icosandra* sobre *H. contortus* en cabras y encontraron que al proporcionar una dosis del extracto etanólico de estas hojas en dosis de 250 mg kg⁻¹ de peso corporal, administrados por dos días consecutivos a los animales, disminuyó el número de nemátodos en 72%, sin causar efectos negativos sobre su salud. Al evaluar el efecto antioxidante del brócoli en carne de cabra, Banerjee et al. (2012) encontraron que disminuye los radicales libres al espolvorear con harina de brócoli la carne, un antioxidante natural. El brócoli reduce significativamente la peroxidación de lípidos, al mejorar la calidad y estabilidad de la carne de cabra.

CONCLUSIONES

Las sustancias denominadas nutracéuticos y aditivos, como los probióticos usados en la alimentación de los rumiantes, llegan a mejorar sustancialmente la producción, reproducción y salud de los animales; con lo que se obtienen productos de mayor calidad e inocuos para la población.

REFERENCIAS

- Adams, M. C., Luo, J., Rayward, D., King, S., Gibson, R., & Moghaddam, G. H. (2008). Selection of a novel direct fed microbial to enhance weight gain in intensively reared calves. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 41-52. doi: 10.1016/j.anifeeds.2007.05.035
- Agrawal, A. A., Conner, Y. K., Johnson, M. T. J., & Wallsgrove, R. (2002). Ecological genetics of an induced plant defense against herbivores: Additive genetic variance and costs of phenotypic plasticity. *The Society for the Study of Evolution*, 56, 2206-2213. doi: 10.1111/j.0014-3820.2002.tb00145.x
- Andlauer, A., & Fürst, P. (2002). Nutraceuticals: A piece of history, present status and outlook. *Food Research International*, 35(2-3), 171-176. doi: 10.1016/S0963-9969(01)00179-X
- Banerjee, R., Verma, A. K., Das, A. K., Rajkumar, V., Shewalkar, A. A., & Narkhede, H. P. (2012). Antioxidant effects of broccoli powder extract in goat meat nuggets. *Meat Science*, 91(2), 179-184. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.01.016
- Birueta Guzmán, A., Juárez Hernández, E., Sieiro Ortega, E., Romero Viruegas, R., & Silencio Barrita, J. L. (2009). Los nutraceuticos. Lo que es conveniente saber. *Revista Mexicana de Pediatría*, 76, 136-145.
- Botura, M. B., Silva, G. D., Lima, H. G., Oliveira, J. V. A., Souza, T. S., Santos, J. D. G., ... Batatinha, M. J. M. (2011). In vivo anthelmintic activity of an aqueous extract from sisal waste (*Agave sisalana* Perr.) against gastrointestinal nematodes in goats. *Veterinary Parasitology*, 177(1-2), 104-110. doi: 10.1016/j.vetpar.2010.11.039
- Brambilla, G., & De Filippis, S. (2005). Trends in animal feed composition and the possible consequences on residue tests. *Analytica Chimica Acta*, 529(1-2), 7-13. doi: 10.1016/j.aca.2004.07.067
- Cenci, F. B., Louvandini, H., McManus, C. M., Dell'Porto, A., Costa, D. M., Araújo, C. S., ... Abdalla, A. L. (2007). Effects of condensed tannin from *Acacia mearnsii* on sheep infected naturally with gastrointestinal helminthes. *Veterinary Parasitology*, 144(1-2), 132-137. doi: 10.1016/j.vetpar.2006.09.021
- Collins, J. K., Thornton, G., & Sullivan, G. O. (1998). Selection of probiotic strains for human applications. *International Dairy Journal*, 8(5-6), 487-490. doi: 10.1016/S0958-6946(98)00073-9
- Dabrowska, C. C., & Mir, S. M. (2009). *Vitaminas y antioxidantes* (p. 11). Madrid, España: Editorial Grupo Saned.
- Davies, P., & Méndez, D. (2006). Carne bovina. Estrategias de alimentación y calidad de producto [Artículo en portal electrónico]. Recuperado de www.produccion-animal.com.ar
- DeFelice, S. L. (2002). FIM Rationale and proposed guidelines for the nutraceutical research and education act - NREA, November 10-11, presented at FIM's 10th Nutraceutical Conference, The Waldorf-Astoria, New York City. Recuperado de <http://www.fimdefelice.org/archives/arc.researchact.html>.
- Delgado-Vargas, F., Jiménez, A. R., & Paredes López, O. (2000). Natural pigments: Carotenoids, anthocyanins, and betalains, characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(3), 173-289. doi: 10.1080/10408690091189257
- Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Sauvant, D., Bertin, G., & Duvaux-Ponter, C. (2009). The influence of acidosis and live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on time-budget and feeding behaviour of dairy goats receiving two diets of differing concentrate proportion. *Applied Animal Behaviour Science*, 121(2), 108-119. doi: 10.1016/j.applanim.2009.09.001
- Dillar, C. J., & German, J. B. (2000). Phytochemicals: Nutraceuticals and human health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(12), 1744-1756. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/227915003_Phytochemicals_Nutraceuticals_and_human_health
- Escamilla Jiménez, C. I., Cuevas Martínez, E. Y., & Guevara Fonseca, J. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 52(2), 73-75.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66(5), 365-378.
- Gaggia, F., Mattarelli, P., & Biavati, B. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*, 141(Suppl.), S15-S28. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031
- Galina, M. A., Ortiz-Rubio, M. A., Mondragón, F., Delgado-Pertíñez, M., & Elías, A. (2009). Rendimiento de terneros alimentados con silo de maíz o láctico con un promotor de la fermentación ruminal. *Archivos de Zootecnia*, 58(223), 383-393.
- Gallegos, A. M. A. (2007). *Conteo de células somáticas en leche, actividad antioxidante del plasma y componentes sanguíneos de vacas Holstein en producción alimentadas con manzanarina en la dieta* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México.
- Galvao, K. N., Santos, J. E. P., Coscioni, A., Villasenor, M., Sicho, W. M., Berge, A. C. (2005). Effect of feeding live yeast products to calves with failure of passive transfer on performance and patterns of antibiotic resistance in fecal *Escherichia coli*. *Reproduction, Nutrition, Development*, 45(4), 427-440. doi: 10.1051/rnd:2005040
- García, D., Noda, Y., Medina, M., Martín, G., & Soca, M. (2006). La morera: Una alternativa viable para los sistemas de

alimentación animal en el trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 10(1), 55-72.

- Garg, A., Garg, S., Zaneveld, L. J. D., & Singla, A. K. (2001). Chemistry and pharmacology of the citrus bioflavonoid hesperidin. *Phytotherapy Research*, 15(8), 655-669. doi: 10.1002/ptr.1074
- Hernández-Villegas, M. M., Borges-Argáez, R., Rodríguez-Vivas, R. I., Torres-Acosta, J. F. J., Méndez-González, M., & Cáceres-Farfán, M. (2012). In vivo anthelmintic activity of *Phytolacca icosandra* against *Haemonchus contortus* in goats. *Veterinary Parasitology*, 189(2-4), 284-290. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.04.017
- Hoste, H., Martínez-Ortiz-De-Montellano, C., Manolarakia, F., Brunet, S., Ojeda-Robertos, N., Fourquaux, I., ... Sandoval-Castro, C. A. (2012). Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infections. *Veterinary Parasitology*, 186(1-2), 18-27. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.11.042
- Hostettmann, K., & Marston, A. (2005). *Saponins. Chemistry and pharmacology of natural products*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kong, J., Chia, L., Goh, N., Chia, T., & Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923-933. doi: 10.1016/S0031-9422(03)00438-2
- Latham, M. (2002). *Minerales. Nutrición humana en el mundo en desarrollo* (vol. 29, pp. 109-118). Roma: FAO.
- Lee, J., Koo, N., & Min, D. B. (2004). Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 3(1), 21-33. doi: 10.1111/j.1541-4337.2004.tb00058.x
- Lee, Y. B., Lee, H. J., & Sohn, H. S. (2005). Soy isoflavones and cognitive function. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 16(11), 641-649. doi: 10.1016/j.jnutbio.2005.06.010
- López, Y., Arece, J., Ojeda, F., & Molina, M. (2015). Efecto de la inclusión en la dieta del probiótico Sorbifauna sobre el crecimiento posdestete de ovinos estabulados. *Pastos y Forrajes*, 38(2), 202-206.
- Macedo, F. T. L., Bevilaqua, L. M. C., Oliveira, B. M. L., Camurca-Vasconcelos, F. L. A., Vieira, L. S., Oliveira, R. F., ... Nascimento, F. R. N. (2010). Anthelmintic effect of *Eucalyptus staigeriana* essential oil against goat gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*, 173(1-2), 93-98. doi: 10.1016/j.vetpar.2010.06.004
- Maragkoudakis, A. P., Mountzouris, C. K., Rosu, C., Zoumpopoulou, G., Papadimitriou, K., Dalaka, E., ... Tsakalidou, E. (2010). Feed supplementation of *Lactobacillus plantarum* PCA 236 modulates gut microbiota and milk fatty acid composition in dairy goats. *International Journal of Food Microbiology*, 141(Supl.), S109-S116. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.03.007
- Martínez-Ortiz-de-Montellano, C., Vargas Magaña, J. J., Canul-Ku, H. L., Miranda Soberanis, R., Capetillo Leal, C., Sandoval Castro, C. A., ... Torres Acosta, J. F. J. (2010). Effect of a tropical tannin-rich plant *Lysiloma latisiliquum* on adult populations of *Haemonchus contortus* in sheep. *Veterinary Parasitology*, 172(3-4), 283-290. doi: 10.1016/j.vetpar.2010.04.040
- Mederos, A., Waddell, L., Sanchez, J., Kelton, D., Peregrine, A. S., Menzies, P., ... Rajic, A. (2012). A systematic review-meta-analysis of primary research investigating the effect of selected alternative treatments on gastrointestinal nematodes in sheep under field conditions. *Preventive Veterinary Medicine*, 104(1-2), 1-14. doi: 10.1016/j.prevetmed.2011.10.012
- Mišurcová, L., Machu, L., & Orsavova, J. (2011). Chapter 29-Seaweed minerals as nutraceuticals. *Advances in Food and Nutrition Research*, 64, 371-390. doi: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00029-6
- Morelli, L. (2000). In vitro selection of probiotic lactobacilli: A critical appraisal. *Current Issues in Intestinal Microbiology*, 1(2), 59-67.
- Moreno-Gonzalo, J., Ferrea, I., Celaya, R., Frutos, P., Ferreira, L. M. M., Hervás, G., ... Osoro, K. (2012). Potential use of heather to control gastrointestinal nematodes in goats. *Small Ruminant Research*, 103(1), 60-68. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.10.019
- Mueller-Harvey, I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science and Food Agriculture*, 86(13), 2010-2037. doi: 10.1002/jsfa.2577
- Muñoz Jáuregui, A. M., Alvarado-Ortiz Ureta, C., & Encina Zelada, C. (2011). Fitoesteroles y fitoestanoles: Propiedades saludables/Phytosterols and phytostanols: Health claims. *Horizonte Médico (Impresa)*, 11(2), 93-100.
- National Research Council. (1989). *Goldenberry (Cape Gooseberry). Lost Crops of the Incas: Little-known plants of The Andes with promise for worldwide cultivation* (pp. 240-251). Washington, DC: National Academy Press.
- Nery, P. S., Nogueira, F. A., Martins, E. R., & Duarte, E. R. (2010). Effects of *Anacardium humile* leaf extracts on the development of gastrointestinal nematode larvae of sheep. *Veterinary Parasitology*, 171(3-4), 361-364. doi: 10.1016/j.vetpar.2010.03.043
- Newbold, C. J. (2003). International One-Day Seminar: Role of probiotics in animal nutrition and their link to the demands of european consumers. Lelystad.
- Oliveira, L. M. B., Bevilaqua, C. M. L., Costa, C. T. C., Macedo, I. T. F., Barros, R. S., Rodrigues, A. C. M., ... Navarro, A. M. C.

- (2009). Anthelmintic activity of *Cocos nucifera* L. against sheep gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*, 159(1), 55-59. doi: 10.1016/j.vetpar.2008.10.018
- Pandey, N. N., Dar, A. A., Mondal, D. B., & Nagaraja, L. (2011). Bovine colostrum: A veterinary nutraceutical. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 3(3), 31-35.
 - Pszczola, D. E. (1999). It's never too late: Ingredients for the aging. *Food Technology*, 53, 60-68.
 - Ripoll, G., Joy, M., & Muñoz, F. (2011). Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. *Meat Science*, 87(1), 88-93. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.09.008
 - Rivas, J., Díaz, T., Hahn, M., & Bastidas, P. (2008). Efecto de la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras. *Zootecnia Tropical*, 26(4), 421-428.
 - Rodríguez Muela, C., Becerra Bernal, A., Rodríguez Ramírez, H. E., Díaz Plascencia, D., Hernández Gómez, C., Gutiérrez Piña, F., ... Lucero Acosta, F. (2010). Valor nutricional de la manzanarina, obtenida de subproductos de manzana para la alimentación animal. *Tecnociencia Chihuahua*, 4(3), 164-169.
 - Royer, M., Diouf, P. N., & Stevanovic, T. (2011). Polyphenol contents and radical scavenging capacities of red maple (*Acer rubrum* L.) extracts. *Food and Chemical Toxicology*, 49(9), 2180-2188. doi: 10.1016/j.fct.2011.06.003
 - Shahidi, F. (2009). Nutraceuticals and functional foods: Whole versus processed foods. *Trends in Food Science and Technology*, 20(9), 376-387. doi: 10.1016/j.tifs.2008.08.004
 - Shui, G., & Leong, P. L. (2006). Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food Chemistry*, 97(2), 277-284.
 - Soca, M. [Mildrey], Ojeda, F., Canchila, E. R., & Soca, M. [Maylin]. (2011). Efecto del probiótico Sorbial® en el comportamiento productivo y la salud animal de terneros en pastoreo. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 463-472.
 - Timmerman, H. M., Mulder, L., Everts, H., Van-Espen, D., Van der Wal, E., Klaassen, G., ... Beynen, A. C. (2005). Health and growth of veal calves fed milk replacers with or without probiotics. *Journal of Dairy Science*, 88(6), 2154-2165.
 - Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminants*. NY, US: Comstock Publishing Associates, Cornell University Press.
 - Van Vuuren, A. M., & Rochet, B. (2003). *International One-Day Seminar. Role of probiotics in animal nutrition and their link to the demands of european consumers* (Scientific Report). Lelystad, Netherlands. Recuperado de <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/322447>
 - Vasta, V., Nudda, A., Cannas, A., Lanza, M., & Priolo, A. (2008). Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 147, 223-246. doi: 10.1016/j.anifeeds.2007.09.020
 - Vázquez Flores, S. (2008). Control de enteropatógenos sin antibióticos. *Bayvet. La Realidad en Veterinaria*, 34-38. Recuperado de <https://docplayer.es/23423754-Estamos-por-concluir-un-ano.html>
 - Vázquez Pineda, A., Bravo De la Parra, A., Mendoza Gives, P., Liébano Hernández, E., Hernández Linares, I., Yáñez Pérez, N., & López Arellano, M. E. (2012). Uso de productos derivados de *Bacillus thuringiensis* como alternativa de control en nematodos de importancia veterinaria. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(1), 77-88.
 - Von-Buenau, R., Jaekel, L., Schubotz, E., Schwarz, S., Stroff, T., & Krueger, M. (2005). *Escherichia coli* strain Nissle 1917: significant reduction of neonatal calf diarrhea. *Journal of Dairy Science*, 88(1), 317-323. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72690-4
 - Waller, G. R., & Yamasaki, K. (1996). Saponins used in food and agriculture. *Advances in Experimental Medicine and Biology* (Vol. 405). NY, US: Plenum Press.
 - Wang, H., Cao, G. H., & Prior, R. L. (1997). Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(2), 304-309. doi: 10.1021/jf960421t
 - William, E. J. (1997). Nutraceuticals for equine practice. *Journal of Equine Veterinary Science*, 17(11), 562-572. doi: 10.1016/S0737-0806(97)80164-5
 - Zeisel, S. H. (1999). Regulation of "Nutraceuticals". *Science*, 285(5435), 1853-1855. doi: 10.1126/science.285.5435.1853

Efecto del consumo de maca, soya y linaza sobre los síntomas de menopausia

Effect of consumption of maca, soy and flaxseed on the symptoms of menopause

Mónica Guzmán-Margalli*, María Alejandra Rivas-Enríquez*, María Yolanda Cruz-Martínez**✉

Guzmán-Margalli, M., Rivas-Enríquez, M. A., & Cruz-Martínez, M. Y. (2021). Efecto del consumo de maca, soya y linaza sobre los síntomas de menopausia. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 96-106.

RESUMEN

Desde inicios de esta década se ha incrementado la búsqueda de tratamientos alternativos para el control de los síntomas de la menopausia, sobre todo para aquellas poblaciones de alto riesgo con restricciones para el consumo de estrógenos como tratamiento hormonal. El objetivo de este trabajo es describir la evidencia científica actual respecto a la efectividad del consumo de la maca, soya y linaza como tratamiento de la sintomatología menopáusica. Se expone de manera descriptiva la fisiopatología y síntomas de la menopausia, además de los efectos negativos en la calidad de vida de la mujer cuando se somete a tratamiento hormonal; por lo que se analiza el efecto benéfico del consumo de maca, soya y linaza, exponiendo las propiedades

químicas y funcionales que ayudan a disminuir los síntomas característicos de la menopausia.

ABSTRACT

Since the beginning of this decade, the search for alternative treatments for the control of menopause symptoms has increased, especially for those high-risk populations with restrictions on estrogen consumption, such as hormonal treatment. The objective of this work is to describe the current scientific evidence regarding the effectiveness of the consumption of maca, soy and flaxseed as a treatment for menopausal symptoms. Through a review of the scientific literature, a descriptive study is presented to explain the pathophysiology and symptoms of menopause, the negative effects on the quality of life of women when they undergo hormonal treatment and the beneficial effect of the consumption of maca, soy and flaxseed is analyzed, exposing its chemical and functional properties that help reduce the characteristic symptoms of menopause.

Palabras clave: menopausia; alimentos funcionales; nutraceutico; maca; soya; linaza.

Keywords: menopause; functional foods; nutraceuticals; maca; soy; flaxseed.

Recibido: 21 de noviembre de 2019, aceptado: 12 de febrero de 2021

* Departamento de Nutrición Clínica, Universidad Anáhuac México Norte. Av. Universidad Anáhuac 46, Col. Lomas Anáhuac, C. P. 52786, Huixquilucan, Estado de México, México. Correo electrónico: monicaguzm10@gmail.com; alejandrariv22@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5671-2547>; <http://orcid.org/0000-0003-2455-5353>

** Departamento de Neuroinmunología, Universidad Anáhuac México Norte. Av. Universidad Anáhuac 46, Col. Lomas Anáhuac, C. P. 52786, Huixquilucan, Estado de México, México. Correo electrónico: yolanda.cruzmtz@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5559-2339>

✉ Autora para correspondencia

INTRODUCCIÓN

La menopausia es una condición que se diagnostica cuando una mujer no ha menstruado durante un año en consecuencia a la pérdida de la actividad folicular ovárica, que generalmente sucede alrededor de los 45-55 años. Es una etapa por la que tienen que pasar en algún momento de sus vidas todas las mujeres, pero hay algunas que la experimentan en etapas

tempranas (por lo general antes de los 40 años); las razones son muy diversas, puede ser por carga genética, extirpación de órganos reproductores, enfermedades autoinmunes, infecciones virales, alteraciones cromosómicas o tratamientos contra el cáncer (Pacheco Romero, 1994).

En la menopausia no sólo se presentan síntomas fisiológicos, como alteraciones del sueño, síntomas vasomotores (incluidos sofocos y sudores nocturnos), atrofia urogenital, osteopenia y osteoporosis; también hay alteraciones psicológicas que afectan el estado de ánimo y usualmente van acompañadas de presiones de carácter social (Ko & Kim, 2020).

El estándar de oro para tratar la sintomatología de la menopausia es la terapia hormonal y/o el uso de suplementos que ayuden a mitigar sus signos. Sin embargo, se ha propuesto en diferentes investigaciones que gracias al consumo de alimentos funcionales (modificados o que contengan un ingrediente que demuestre mejoría en el bienestar del individuo o disminuya los riesgos de enfermedades, más allá de la función tradicional de los nutrientes que contiene) y/o nutracéuticos (sustancia con un beneficio fisiológico o que proporciona protección contra enfermedades crónicas) (Nasri, Baradaran, Shirzad, & Rafeian-Kopaei, 2014), es posible mejorar la calidad de vida de las mujeres que padecen síntomas de menopausia (Araya L. & Lutz R., 2003).

En esta revisión se describieron las recomendaciones dietéticas del consumo de maca, soya y linaza y sus efectos sobre la sintomatología menopáusica.

La menopausia y sus síntomas

La menopausia se conceptualiza como la etapa en que ocurre la última menstruación espontánea, ya sea por causas fisiológicas o por causas quirúrgicas, señalando el final de la vida fértil de la mujer. Se presenta entre los 45 y 55 años de edad; cuando ocurre antes de los 40 se considera precoz y cuando se presenta después de los 55 años tardía (Parra et al., 2018). La etapa de transición entre la vida fértil y la menopausia es el climaterio, este se caracteriza por la disminución en la producción de las hormonas estrógeno y progesterona en los ovarios; este periodo se divide en premenopausia, perimenopausia y posmenopausia (Costa Curta & Weissheimer, 2020).

Las alteraciones más significativas y la principal razón de visita con el médico durante el climaterio son los trastornos vasomotores. Se caracterizan por la sensación de bochornos o sudores nocturnos; sensación inesperada de calor en la cara, cuello y pecho con duración de varios minutos. Pueden ir acompañados de escalofríos, ansiedad, trastornos del sueño y palpitaciones (Kaunitz & Manson, 2015).

Los síntomas que aparecen son producto del descenso en los niveles de estrógenos, estos junto con la testosterona aumentan la producción de endorfinas y moderan la liberación de noradrenalina (NA), de manera directa o indirecta. En el centro termorregulador del hipotálamo se ha asociado la acción de dos neurotransmisores; la serotonina y la NA, que producen la sensación de bochornos. Este último neurotransmisor es el que más se ha asociado a la sintomatología característica en la menopausia, debido a que se ha demostrado que los niveles plasmáticos de los metabolitos de NA se elevan antes y durante los sofocos (Sócrates, Alliende, José, & Campodónico, 2013). Existe la teoría de que la producción de NA y su liberación del centro termorregulador se impide por endorfinas y los llamados catecolestrógenos (productos del metabolismo de los estrógenos) (Sócrates et al., 2013).

Diversos estudios han demostrado el efecto regulador de los estrógenos sobre la serotonina (5HT); estos aumentan la síntesis de 5HT, aumentan el número de receptores de 5-HT_{2A} y disminuyen el número de receptores de 5-HT_{1B} (Risco, 2010). Durante el climaterio se produce una pérdida de la función ovárica folicular, conocida como hipoestrogenismo, lo que lleva a la disminución de los niveles de serotonina con sobreexpresión de los receptores 5-HT_{2A} (Sócrates et al., 2013).

La 5-HT modulina es un tetrapéptido endógeno (Leu-Ser-Ala-Leu) aislado del cerebro del mamífero. Su liberación depende de la existencia de estímulos estresores internos y externos (café, cigarrillo, sueños, cambios de temperatura, etc.), como se muestra en la figura 1. Se ha encontrado evidencia sobre la acción de la 5-HT modulina y la liberación de serotonina durante el estrés. La difusión de 5-HT modulina apoyará la liberación de serotonina por el bloqueo del autorreceptor 5-HT_{1B}; al mismo tiempo se dará una sobreproducción de serotonina, lo que junto a una sobreexpresión de

receptores 5-HT_{2A} provocará una sobreestimulación de estos receptores en el hipotálamo, lo que modifica el sistema termorregulador y desencadena efectos que llevarán a la producción del bochorno (Sócrates et al., 2013); además, la disminución de serotonina da como resultado un aumento de los niveles de NA, lo que afecta la termorregulación a nivel hipotalámico (Bansal & Aggarwal, 2019).

El hipoestrogenismo resultante de la falla ovárica determina la reducción de la biodisponibilidad de los neurotransmisores y disminuye considerablemente los niveles de NA, acetilcolina, histamina, glutamato, aspartato, glicina, β-alanina y taurina, entre otros. El descenso estrogénico produce cambios neuroendocrinos en distintas áreas del cerebro, lo que ocasiona sintomatología vasomotora a nivel hipotalámico, trastornos en las conductas alimentarias y alteración de la presión arterial y a nivel del sistema límbico, trastornos psicológicos como depresión, ansiedad e irritabilidad (Carvajal-Lohr, Flores-Ramos, Marin Montejo, & Morales Vidal, 2016).

De igual manera, las mujeres pueden padecer parestesias (sensación de hormigueo en pies, manos, piernas y brazos), cefaleas (dolor de

cabeza), vértigo, mareos, palpitaciones, fatiga (cansancio), mialgias (dolor muscular), artralgias (dolor en las articulaciones), incontinencia al orinar, urgencia miccional (necesidad de inminente de orinar), infecciones en las vías urinarias, dispareunia (dolor genital en las relaciones sexuales causado por la vaginitis atrófica); a largo plazo se presentan síntomas más graves como osteoporosis, alteraciones en el sistema nervioso, enfermedades vasculares, enfermedades crónicas, etc. Las afecciones psicológicas que más se presentan son depresión, alteración y cambios en el estado de ánimo, modificaciones en el comportamiento sexual, entre otros (Vilaplana i Batalla, 2016). Se ve afectada la memoria y las sensaciones y percepciones de dolor (Calleja, 2006).

Menopausia precoz

La menopausia precoz es definida como el tipo de menopausia que ocurre a los 40 años o antes; los principales factores varían según la genética (se relaciona con antecedentes familiares o por embarazo múltiple), la menarquia, paridad, tabaquismo, entre otros (Mishra et al., 2019). Esta se presenta en el 1% de la población de mujeres; esto a causa de enfermedades autoinmunes (como diabetes mellitus, artritis reumatoide, vitiligo, lupus, etc.), virales o cromosómicas, infecciones, irradiaciones, tratamientos contra el cáncer como quimioterapia, extirpaciones de los ovarios o útero, patologías de carácter endocrino como el hipotiroidismo, hipoparatiroidismo, hipertiroidismo o, en otros casos, por herencia y por lo general aparece de manera espontánea (Padrón Durán, Sell Lluveras, & Montejo Gómez, 2001).

Para diagnosticar este tipo de menopausia se evalúan los niveles de gonadotrofinas sobre el rango de mujeres postmenopausia, generalmente en mujeres que presentan amenorrea y síntomas de hipoestrogenismo (Padrón Durán et al., 2001). Otro método de diagnóstico es el análisis de biopsia ovárica y la relación entre anticuerpos antitiroideos, antiováricos y el análisis de anomalías dentro de las fracciones de los anticuerpos IgA, IgG e IgE (Pacheco Romero, 1994).

Tratamiento hormonal

A nivel mundial una gran cantidad de mujeres han sido favorecidas por la terapia hormonal (TH), la cual las ha ayudado con el manejo del síndrome climatérico, prevención de osteoporosis y otras

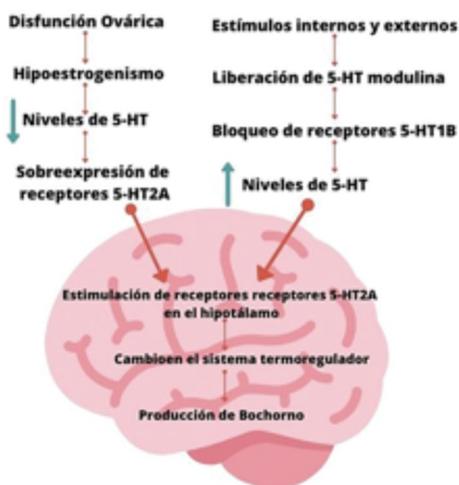


Figura 1. Desarrollo fisiopatológico de los bochornos en la menopausia que implica a la serotonina. Cuando el estradiol disminuye durante la menopausia resulta en una reducción en los niveles de serotonina con sobreexpresión de los receptores 5-HT_{2A} y, en consecuencia, una hipersensibilidad del hipotálamo a la acción de la serotonina. Por otro lado, estímulos externos e internos con disponibilidad de la 5-HT modulina aumentan la liberación de serotonina. En consecuencia, la estimulación del hipotálamo hipersensible resulta en una reacción autonómica con la presencia del bochorno. Adaptado de Sócrates et al. (2013).

condiciones asociadas al envejecimiento. Sin embargo, su uso es polémico, ya que se ha asociado a efectos secundarios como los anunciados por la WHI (Women's Health Initiative) quienes mostraron que con un específico régimen de TH aumentan en medida importante los eventos cardiovasculares y el cáncer de mama (Chabla Mora et al., 2016).

La TH con estrógenos se practica desde 1950-1960; se administra ya sea con estrógenos solos o en combinación con progestágenos. Los estrógenos más utilizados son estrógenos conjugados equinos (EEC) o sintéticos (de origen equino; es decir, de caballo), 17 beta (17 β) estradiol micronizado y etinilestradiol, todos los anteriores para tratar la menopausia y menopausia precoz. Los progestágenos son acetato de medroxiprogesterona (MPA) y acetato de noretisterona. La TH ayuda a incrementar los bajos niveles de estrógenos en el cuerpo humano que existe en el organismo de la mujer al presentarse la menopausia (Vargas-Hernández et al., 2013).

Los estrógenos (E) actúan a través de dos tipos de receptores ER α y ER β ; los cuales se encuentran distribuidos entre los diferentes tejidos. El receptor tipo β se encuentra más ampliamente distribuido, principalmente en tejidos no reproductivos como huesos, cerebro, hipófisis, tracto urinario, aparato vascular; mientras que el ER α se expresa en el útero, hígado, mama y riñón. Los órganos que presentan ambos receptores son los ovarios, cerebro, huesos, mamas y sistema cardiovascular (Noriega-Reyes & Langley Maccarron, 2008).

La combinación de estrógenos más gestágenos es la TH, principalmente empleada para tratar los síntomas menopáusicos y prevenir la osteoporosis (Bailón, 2004). Se ha relacionado que el consumo de estrógenos está implicado en un incremento en la incidencia del cáncer de mama y endometrio. Un estudio llevado a cabo por el Swedish Cancer Registry demostró que la incidencia del cáncer de mama aumentaba en las mujeres posmenopáusicas que utilizaban tratamiento hormonal (Lejárcegui Fort, 2001).

También se ha reportado un mayor riesgo de tromboembolia venosa (TEV) con el uso de TH por vía oral. De cada 10,000 mujeres por año que usan la TH combinada existen 18 casos de TEV. El diagnóstico de cáncer de mama aumenta con el uso de la TH combinada; el riesgo depende del uso

continuo o secuencial o tipo de progestágeno, pero incrementa con el uso continuo del mismo (Vargas-Hernández et al., 2013).

Alimentos funcionales/ nutracéuticos

Los alimentos funcionales son aquellos mejorados que brindan muchos beneficios a la salud en comparación con los nutrimentos comunes cuando son consumidos en niveles normales. La Academia Nacional de Ciencias (Thomas & Eart, 1994) los define como cualquier alimento o ingrediente alimentario modificado que pueda proporcionar un beneficio para la salud más allá de los nutrientes tradicionales que contiene; mientras que el Instituto Nacional de Ciencias de la Vida los define como los alimentos que, en virtud de la presencia de componentes fisiológicamente activos, proporcionan un beneficio para la salud más allá de la nutrición básica (Hasler, 2002).

Por otro lado, en 1990 el endocrinólogo y farmacólogo clínico norteamericano Stephen De Felice estableció el término nutracéutico para determinar compuestos cuyo consumo se ha relacionado con la prevención y/o tratamiento, en algunos casos, de ciertas enfermedades y como complemento de fármacos; siendo así un alimento funcional aquel que se consume dentro de las recomendaciones; en cada caso, logrando un beneficio en la salud específico. Pero al referirnos a compuestos en cápsulas o comprimidos para el cuidado de la salud y cuyo efecto se sustenta en los beneficios evaluados a nivel clínico de algunos nutrientes y/o ciertos componentes, se les conoce como nutracéuticos (Valenzuela B., Valenzuela, Sanhueza, & Morales, 2014).

Hoy día son más estudiados aquellos alimentos asociados con la prevención o el tratamiento de enfermedades como el cáncer y patologías crónicas. Estudios preliminares sobre alimentos de alta disponibilidad por parte de la población demuestran que es suficiente con un consumo frecuente de alimentos específicos para lograr el efecto protector; bajo este rubro predominan las frutas (cítricos, uvas y varias frutas tropicales), los vegetales (tomate, brócoli, cebolla, ajo, zanahoria, espinacas), leguminosas (soya y frijol común), el pescado y los cereales de grano entero (Sedó Masís, 2001).

Una gran variedad de alimentos vegetales o ingredientes fisiológicamente activos derivados de

plantas han sido sometidos a investigación por su papel en la prevención de enfermedades y la salud (Hasler, 2002).

Fitoestrógenos

Los fitoestrógenos aportan propiedades farmacológicas de gran interés, entre las que resalta su actividad estrogénica, la cual ha sido usada en tratamientos de TH para el alivio de los síntomas relacionados con la menopausia y para la osteoporosis en mujeres en etapa del climaterio. El consumo de los fitoestrógenos se ha asociado con efectos benéficos contra el cáncer de próstata, obesidad y diabetes en modelos de ratones con una dieta alta en fructosa (Hamden et al., 2019); así como inflamación neuronal y procesos inflamatorios por secreción de citocinas observados en modelo de ratones con neuropatía inducida (Valsecchi et al., 2008); respuesta inflamatoria durante una infección; inflamación por presencia de tumores observado en células de cáncer de mama (Sakamoto, Horiguchi, Oguma, & Kayama, 2010); artritis, infarto miocárdico; neurodegeneración y cáncer de mama (Drago Serrano, López López, & Sainz Espuñes, 2006).

De acuerdo con su estructura química, los fitoestrógenos se clasifican en: isoflavonas, cumestanos y lignanos.

Las isoflavonas son fuertes agonistas del receptor ER β (estrógeno beta), lo que permite clasificarlas como reguladoras naturales selectivas del receptor estrogénico. Por este motivo, las isoflavonas presentan efectos sobre huesos, cerebro, ovarios y sistema cardiovascular; además, ha demostrado poseer efectos benéficos sobre los síntomas vasomotores, previene la osteoporosis, e induce un patrón lipídico antiaterogénico (disminución del colesterol total, LDL, triglicéridos y ligero aumento de HDL) (Lecomte, Demay, Ferrière, & Pakdel, 2017)

Maca

Lepidium meyenii es una planta de origen peruano conocida como maca. Estudios fitoquímicos realizados a la raíz probaron la presencia de alcaloides, esteroides, compuestos fenólicos, flavonoides y glucosinatos. La maca está asociada con la disminución del riesgo en desarrollo de cáncer y osteoporosis; mejora la memoria, facilita la concentración y alivia los síntomas de la menopausia (Kasprzak, Jodłowska-Jedrych, Borowska, & Wojtowicz, 2018).

En un estudio en el que mujeres menopáusicas fueron sometidas de manera aleatoria a un tratamiento hormonal o al consumo de maca con una dosis de 3.5 mg al día durante 6 semanas se evaluaron los niveles de estradiol, de las hormonas folículo estimulante y luteinizante. Se comprobó que tras la ingesta diaria de este tubérculo existe una importante reducción de los síntomas psicológicos, incluyendo depresión y ansiedad; además de incrementar el deseo sexual (Pérez Aagaard, 2018); mientras que en la actividad androgénica y estrogénica no se obtuvieron resultados significativos (Brooks et al., 2008).

En la planta de la maca se encuentran ciertos compuestos o metabolitos secundarios de interés médico, los cuales han sido evaluados en los últimos años con el motivo de identificar los beneficios reales que le traerían al cuerpo humano tras su consumo. Entre ellos están los macaenos y macamidias, glucosinatos, alcaloides y esteroides, un ejemplo se muestra en la figura 2. Los esteroides actúan como antiinflamatorios, antioxidantes, benéficos en la fertilidad y en la prevención de síntomas menopáusicos (Pérez Aagaard, 2018; Sifuentes-Penagos, León-Vásquez, & Paucar-Menacho, 2015).

Estudios afirman que después de entre 2 y 3 semanas de consumo de maca en comprimidos en pacientes peri y posmenopáusicas, los resultados obtenidos con mayor frecuencia son una disminución significativa en el número de sofocos, una mejora en el estado de ánimo, con menor depresión e irritabilidad; por lo que al consumo de maca se le considera como una alternativa de TH que evita la exposición a estrógenos exógenos

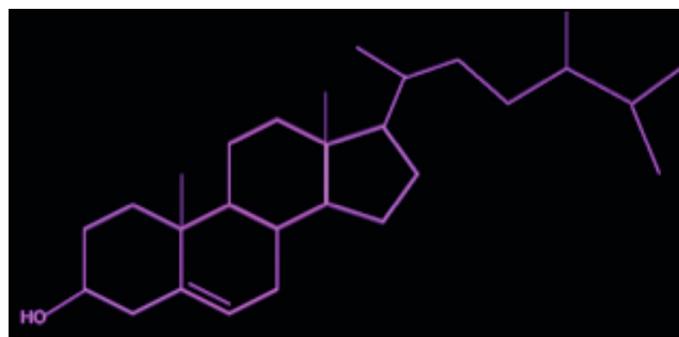


Figura 2. Molécula del campesterol (fitoquímico encontrado en la maca).
Adaptada de Dietz et al. (2016).

durante largos periodos de tiempo, así como el riesgo de padecer cáncer de mama, ovarios y útero que potencialmente puede originar esta terapia; que también promueve la protección de los riesgos asociados, como osteoporosis y problemas cardiovasculares (Meissner, Kapczynski, Mscisz, & Lutomski, 2005; Pérez Aagaard, 2018).

Linaza

Esta semilla de lino oleaginoso es una de las fuentes más conocidas de ácidos grasos como el ácido α Linolénico (ALA), representante principal de los Omega 3; además, contiene lignanos (compuestos fenólicos) como se observa en la figura 3; proteínas, goma coloidal y fibras dietéticas como pectina, celulosa, gomas, hemicelulosa y beta glucano (Hall, Tulbek, & Xu, 2006; Oomah, 2001).

La linaza es conocida como un alimento funcional gracias a su gran contenido de nutrimentos. Se ha demostrado que evita el progreso de patologías, principalmente endocrinas; además, si se desea aprovechar de mejor manera cada uno de sus nutrimentos es necesario que sea molida, pues es más fácil de consumir para las personas (Figuerola, Muñoz, & Estévez, 2008).

En relación con la menopausia precoz, actualmente las mujeres de todas partes del mundo

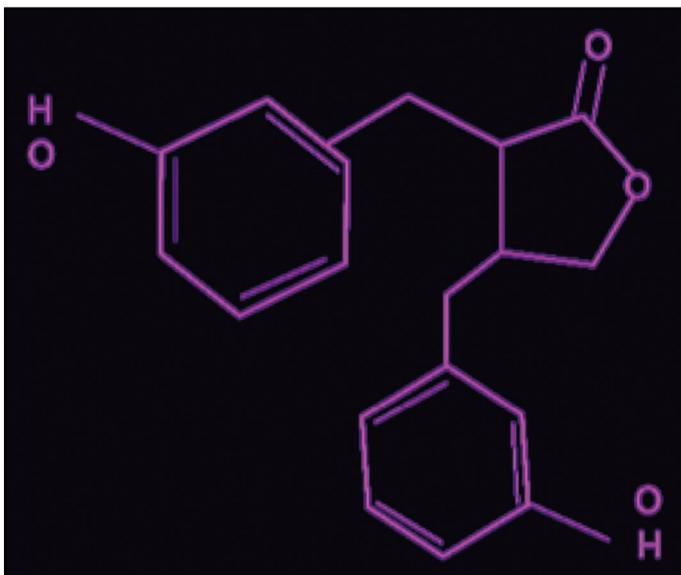


Figura 3. Molécula de enterolactona (fitoestrógeno encontrado en la linaza).

Adaptada de Dietz et al. (2016).

buscan opciones de tratamiento diferentes a las ya existentes que les ayuden a reducir los síntomas que les causa la patología. Y ahora la linaza se ha convertido en otra opción de terapia que puede sustituir a aquellos tratamientos con hormonas que son capaces de la regulación de todas las afectaciones por la falta de hormonas. También se han realizado investigaciones en modelos animales en relación con la ingesta de linaza en la que se ha probado que tiene efecto positivo al reducir el riesgo de enfermedades como cáncer de mama y cánceres con capacidad invasiva o metastásica (Arango Alzate, Molina Castaño, Gaviria Gómez, Ruiz Pineda, & López Marín, 2011; Pal, Hales, Petrik, & Hales, 2019).

Una revisión sistemática identificó que las mujeres posmenopáusicas que consumen linaza molida presentan menores niveles de colesterol, lipoproteínas, triglicéridos y apolipoproteínas (principalmente en la A1 y B100); en otros ensayos realizados en mujeres menopáusicas se observó disminución en los niveles de LDL, colesterol total y HDL; sin embargo, otros estudios no muestran ningún cambio en el perfil lipídico (colesterol, triglicéridos, HDL, LDL y VLDL) (Arango Alzate et al., 2011).

Otro estudio en el que se midió el efecto de la ingesta de linaza sobre el índice de masa corporal concluyó que facilita su reducción. En cuanto a estudios realizados para analizar el impacto de la linaza sobre la sintomatología de la menopausia se observó que se redujeron los síntomas y la severidad de los bochornos (Arango Alzate et al., 2011).

Soya

Las isoflavonas son los fitoestrógenos que pertenecen al grupo de los flavonoides, que tienen acción antioxidante; son muy investigadas por sus propiedades y los que más se estudian son la genisteína y la daidzeína, como se muestra en la figura 4 (Garrido G., de la Maza C., & Valladares B., 2003). En los granos de soya es donde hay más cantidad de fitoestrógenos; este tipo de grano es muy común en países del Oriente, ya que se ingiere con tofu y mijo entre 20 y 150 mg por día; mientras que en el occidente se ingieren sólo 5 mg por día de isoflavonas (Ludueña, Mastandrea, Chichizola, & Franconi, 2007).

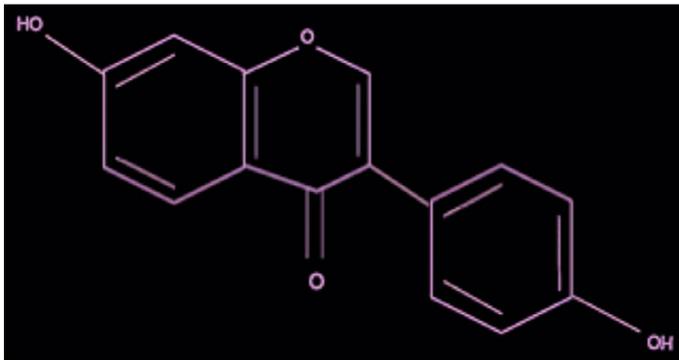


Figura 4. Molécula de la daidzeína (fitoestrógeno encontrado en la soya).

Imagen adaptada de Higdon (2016).

Las isoflavonas se encuentran en algunas legumbres, por ejemplo en garbanzos, lentejas, ejotes, frijoles, entre otros; pero se presentan en mayor concentración en la soya. Las isoflavonas tienen la capacidad de disminuir los bochornos, osteoporosis (principalmente en la menopausia), el colesterol LDL y el riesgo de padecer cáncer de mama o de endometrio. También son utilizadas en el tratamiento hormonal sustitutivo (THS) y son conocidas por ser cardioprotectores (Garrido G. et al., 2003). Sin embargo, existe evidencia científica que hace referencia a la interacción del consumo de fitoestrógenos en la mujer menopáusica con hipotiroidismo subclínico, condición que ocurre cuando los niveles de hormona tiroidea están dentro del rango normal; pero los niveles de la hormona estimulante de la tiroides están elevados, lo que indica deterioro de la función tiroidea. Esta condición preclínica es más común con la edad y puede afectar a entre 10 y 15% de las mujeres posmenopáusicas. Se ha demostrado que el consumo de soya puede interferir en la absorción de la hormona tiroidea sintética levotiroxina, utilizada en el tratamiento para el hipotiroidismo. Es esencial indicar a los pacientes la separación del consumo de soya del momento en que se toma la hormona tiroidea para evitar el efecto de la proteína sobre la absorción intestinal de levotiroxina (Giri et al., 2014; Martínez Lozano, 2016).

Existe evidencia sobre un estudio realizado a 200 mujeres en menopausia temprana, en el que se consumió entre comidas una barra de 15 g de proteína de soya y 66 mg de isoflavona por 6 meses. Los resultados mostraron una reducción en el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares

(Sathyapalan et al., 2018).

Las isoflavonas tienen un rol importante dentro de la salud gracias a sus efectos benéficos, especialmente para mujeres diagnosticadas con menopausia, pues ayudan al manejo y mejora de los síntomas como bochornos o sofocos. Además representan una nueva opción de tratamiento natural que busca un efecto positivo en la calidad de vida.

DISCUSIÓN

Durante la menopausia los cambios experimentados se manifiestan fisiológicamente por una gran variedad de síntomas, provocados por la deficiencia de estrógenos a causa de la pérdida en la producción hormonal ovárica. Esta insuficiencia hormonal se manifiesta en forma de bochornos, sudoración y sofocos, cambios en el estado de ánimo, disminución del deseo sexual, resequedad y modificaciones de la lubricación de los genitales (Kaunitz & Manson, 2015).

Recientemente, las mujeres buscan opciones de tratamientos alternativos o remedios caseros con el fin de aliviar los síntomas provocados por la menopausia y que no se han podido tratar con la TH. La TH ha sido el tratamiento primario para los síntomas; sin embargo, debido a los riesgos para la salud, muchas mujeres no pueden o eligen no usar la TH (Chabla Mora et al., 2016).

En la tabla 1 se exponen los datos obtenidos en la literatura revisada, donde se explica la presentación en la que se han consumido la maca, soya y linaza; dosis diaria, duración mínima de consumo y efectos que se han reportado. Con base en los datos obtenidos de diversos estudios se observa que la soya es el alimento más estudiado como tratamiento para la menopausia y el de mayor efecto en menor tiempo; lo cual se le puede atribuir a su actividad estrogénica, que permite compensar los bajos niveles de estrógenos, en donde sus compuestos se unen a los mismos sitios de los receptores de estrógenos, de tal modo que alivia los síntomas y es el producto que mayor demanda presenta en el mercado.

De igual forma pueden observarse efectos benéficos de la maca. Esta planta presenta esteroides, los cuales estimulan el sistema endocrino y ayudan a mantener el equilibrio hormonal; estos compuestos

ayudan a la glándula pituitaria a mejorar funciones suprarrenales y ováricas (o testiculares) y, por tanto, afectan la función tiroidea, pancreática y de la glándula pineal (que también produce melatonina que ayuda en la mejora del patrón de sueño), efecto que se menciona en la tabla 1.

Por otra parte, la linaza, por ser una fuente abundante de lignanos (clase de fitoestrógenos), los cuales tienen efectos agonistas y antagonistas de estrógenos, así como propiedades antioxidantes,

se han estudiado en relación con el manejo de los sofocos y protección cardiovascular.

Aún es necesario aumentar la evidencia científica de los efectos benéficos de la maca, soya y linaza (figura 5) sobre los síntomas menopáusicos; sin embargo, se propone que una dieta complementada con estos tres alimentos sería una excelente alternativa para su manejo, principalmente los sofocos.

Tabla 1
Diversas presentaciones, dosis y tiempo que se debe consumir la maca, soya y linaza para observar efectos positivos en el tratamiento de la menopausia

Alimento	Dosis diaria	Tiempo	Efecto	Referencia
Cápsulas de extracto de maca	2 cápsulas (150mg c/una)	8 semanas	Alivio del insomnio	Takewaka y Hara (2019)
Cápsulas de extracto de maca	2 cápsulas (500 mg c/una)	8 meses	Disminución de sofocos y depresión	Meissner, Reich-Bilinska, Mscisz y Kedzia (2006)
Muffins de linaza	25 g	16 semanas	Reducción del número de sofocos al día	Lewis et al. (2006)
Isoflavonas provenientes de la soya	50 mg	12 semanas	Reducción del número de sofocos y mejora en los problemas de sueño	Chabla Mora et al. (2016)
Extracto de germen de soya	100 mg	12 semanas	Reducción del número de sofocos al día (hasta 43%)	Chang et al. (2019)
Bebida base de soya	500 ml	12 semanas	Reducción del número de sofocos al día	Martin Imhof, Gocan, Marianne Imhof y Schmidt (2018)

Nota: Elaboración propia.



Figura 5. Alimentos (maca, soya y linaza) auxiliares para los síntomas de la menopausia. Fotografía del equipo de investigación.

CONCLUSIONES

La terapia hormonal sustitutiva es la más utilizada a nivel mundial para tratar los síntomas de la menopausia. Sin embargo, diversos estudios han demostrado efectos adversos asociados a dicha terapia. Por tanto, desde hace tiempo ha crecido el interés y estudio de la influencia de la dieta en muchas de las enfermedades que afectan a la población. Así surgen terapias alternativas donde se opta por el consumo de fitoestrógenos para el tratamiento de la menopausia; entre los productos que ofrecen estos beneficios están la soya, la linaza y la maca.

Con base en la literatura revisada se observan resultados positivos, mediante investigaciones clínicas que afirman que estos alimentos reducen los síntomas. Sin embargo, se recomienda consultar al médico, debido a que los tratamientos deben ser personalizados.

REFERENCIAS

- Arango Alzate, C. M., Molina Castaño, C. F., Gaviria Gómez, B. L., Ruiz Pineda, A. M., & López Marín, B. E. (2011). Efecto del consumo de linaza en el perfil lipídico, el control del cáncer y como terapia de reemplazo hormonal en la menopausia: Una revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados. *Perspectivas en Nutrición Humana* 13(1), 73-91. Recuperado de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/nutricion/articulo/view/10171>
- Araya L., H., & Lutz R., M. (2003). Alimentos funcionales y saludables. *Revista Chilena de Nutrición*, 30(1), 8-14. doi: 10.4067/S0717-75182003000100001
- Bailón, E. (2004). ¿Se debe tratar la menopausia? *Atención Primaria*, 33(4), 203-208.
- Bansal, R., & Aggarwal, N. (2019). Menopausal hot flashes: A concise review. *Journal of Mid-life Health*, 10(1), 6-13. doi: 10.4103/jmh.JMH_7_19
- Brooks, N. A., Wilcox, G., Walker, K. Z., Ashton, J. F., Cox, M. B., & Stojanovska, L. (2008). Beneficial effects of *Lepidium meyenii* (Maca) on psychological symptoms and measures of sexual dysfunction in postmenopausal women are not related to estrogen or androgen content. *Menopause*, 15(6), 1157-1162. doi:10.1097/gme.0b013e3181732953
- Calleja, C. (2006). Menopausia. *Farmacia Profesional*, 20(1), 58-62.
- Carvajal-Lohr, A., Flores-Ramos, M., Marín Montejó, S. I., & Morales Vidal, C. G. (2016). Los trastornos de ansiedad durante la transición a la menopausia. *Perinatología y Reproducción Humana*, 30(1), 39-45. doi: 10.1016/j.rph.2016.03.003
- Chabla Mora, R., Chedraui, P., Correa Ruiz, D., Sánchez Colina, R., Guzmán Garcés, J. E., & Recalde Enríquez, Z. E. (2016). Efecto positivo de la suplementación con isoflavonas derivadas de la soya sobre síntomas menopáusicos. *Revista Colombiana Salud Libre*, 11(1), 33-39. doi: 10.18041/1900-7841/rcslibre.2016v11n1.1620
- Chang, V. C., Cotterchio, M., Boucher, B. A., Jenkins, D. J. A., Mirea, L., McCann, S. E., & Thompson, L. U. (2019). Effect of dietary flaxseed intake on circulating sex hormone levels among postmenopausal women: A randomized controlled intervention trial. *Nutrition and Cancer*, 71(3), 385-398. doi: 10.1080/01635581.2018.1516789
- Costa Curta, J. C., & Weissheimer, A. M. (2020). Perceptions and feelings about physical changes in climacteric women. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, 41(spe), e20190198. doi: 10.1590/1983-1447.2020.20190198

- Dietz, B. M., Hajirahimkhan, A., Dunlap, T. L., & Bolton, J. L. (2016). Botanicals and their bioactive phytochemicals for women's health. *Pharmacological Reviews*, 68(4), 1026-1073. doi: 10.1124/pr.115.010843
- Drago Serrano, M., López López, M., & Sainz Espuñes, T. R. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(4), 58-68.
- Figuerola, F., Muñoz, O., & Estévez, A. (2008). La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. *Agro Sur*, 36(2), 49-58.
- Garrido G., A., de la Maza C., M. P., & Valladares B., L. (2003). Fitoestrógenos dietarios y sus potenciales beneficios en la salud del adulto humano. *Revista Médica de Chile*, 131(11), 1321-1328.
- Giri, A., Edwards, T. L., LeGrys, V. A., Lorenz, C. E., Funk, M. J., Schectman, R., . . . Hartmann, K. E. (2014). Subclinical hypothyroidism and risk for incident ischemic stroke among postmenopausal women. *Thyroid: Official Journal of the American Thyroid Association*, 24(8), 1210-1217. doi: 10.1089/thy.2014.0106
- Hall, C., Tulbek, M. C., & Xu, Y. (2006). Flaxseed. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 51, pp. 1-97). Academic Press.
- Hamden, K., Boujbiha, M. A., Ben Abdeljelil, N., Njima, M., Selmi, B., & Achour, L. (2019). Phytoestrogens inhibit key-enzymes linked to obesity, type 2 diabetes and liver-kidney toxicity in high fructose-fat diet in mice. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 125(5), 423-429. doi: 10.1080/13813455.2018.1479427
- Hasler, C. M. (2002). Functional foods: Benefits, concerns and challenges-A position paper from the American Council on Science and Health. *The Journal of Nutrition*, 132(12), 3772-3781. doi: 10.1093/jn/132.12.3772
- Higdon, J. (2016). Soy Isoflavones [Artículo en portal electrónico]. Recuperado de <https://lpi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/soy-isoflavones>
- Imhof, M. [Martin], Gocan, A., Imhof, M. [Marianne], & Schmidt, M. (2018). Soy germ extract alleviates menopausal hot flushes: Placebo-controlled double-blind trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, 72(7), 961-970.
- Kasprzak, D., Jodlowska-Jedrych, B., Borowska, K., & Wojtowicz, A. (2018). *Lepidium meyenii* (Maca) – multidirectional health effects – review. *Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences*, 31, 107-112. doi: 10.1515/cipms-2018-0021
- Kaunitz, A. M., & Manson, J. E. (2015). Management of menopausal symptoms. *Obstetrics and Gynecology*, 126(4), 859-876. doi: 10.1097/aog.0000000000001058
- Ko, S. H., & Kim, H. S. (2020). Menopause-associated lipid metabolic disorders and foods beneficial for postmenopausal women. *Nutrients*, 12(1). doi: 10.3390/nu12010202
- Lecomte, S., Demay, F., Ferrière, F., & Pakdel, F. (2017). Phytochemicals targeting estrogen receptors: Beneficial Rather than adverse effects? *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7). doi: 10.3390/ijms18071381
- Lejárcegui Fort, J. A. (2001). Los tratamientos hormonales y su posible efecto en la mama. *Medicina Integral*, 38(11), 478-483. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-los-tratamientos-hormonales-su-posible-13024493>
- Lewis, J. E., Nickell, L. A., Thompson, L. U., Szalai, J. P., Kiss, A., & Hilditch, J. R. (2006). A randomized controlled trial of the effect of dietary soy and flaxseed muffins on quality of life and hot flashes during menopause. *Menopause*, 13(4), 631-642. doi: 10.1097/01.gme.0000191882.59799.67
- Ludueña, B., Mastandrea, C., Chichizola, C., & Franconi, M. C. (2007). Isoflavonas en soja, contenido de daidzeína y genisteína y su importancia biológica. *Bioquímica y Patología Clínica*, 71(1), 54-66.
- Martínez Lozano, D. (2016). *Efecto del consumo de soya en mujeres menopáusicas con problemas tiroideos diagnosticadas de anemia ferropénica* (Tesis de maestría). Universitat de les Illes Balears.
- Meissner, H. O., Kapczynski, W., Mscisz, A., & Lutomski, J. (2005). Use of gelatinized maca (*Lepidium peruvianum*) in early postmenopausal women. *International Journal of Biomedical Science*, 1(1), 33-45.
- Meissner, H. O., Reich-Bilinska, H., Mscisz, A., & Kedzia, B. (2006). Therapeutic effects of pre-gelatinized Maca (*Lepidium peruvianum* Chacon) used as a non-hormonal alternative to HRT in perimenopausal women - Clinical pilot study. *International Journal of Biomedical Science*, 2(2), 143-159.
- Mishra, G. D., Chung, H. F., Cano, A., Chedraui, P., Goulis, D. G., Lopes, P., . . . Lambrinoudaki, I. (2019). EMAS position statement: Predictors of premature and early natural menopause. *Maturitas*, 123, 82-88. doi: 10.1016/j.maturitas.2019.03.008
- Nasri, H., Baradaran, A., Shirzad, H., & Rafieian-Kopaei, M. (2014). New concepts in nutraceuticals as alternative for pharmaceuticals. *International Journal of Preventive Medicine*, 5(12), 1487-1499.

- Noriega-Reyes, M. Y., & Langley Maccarron, E. (2008). Correguladores del receptor de estrógenos y su implicación en el cáncer mamario. *Cancerología*, 3, 29-40.
- Oomah, B. D. (2001). Flaxseed as a functional food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 889-894. doi: 10.1002/jsfa.898
- Pacheco Romero, J. (1994). Climaterio y menopausia. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 40(1), 6-23. doi: 10.31403/rpgo.v40i1648
- Padrón Durán, Sell Lluveras, J. L., & Montejo Gómez, L. (2001). Búsqueda de trastornos endocrinos en pacientes con falla ovárica prematura. *Revista Cubana de Endocrinología*, 12(3), 145-150. Recuperado de <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=6384>
- Pal, P., Hales, K., Petrik, J., & Hales, D. B. (2019). Pro-apoptotic and anti-angiogenic actions of 2-methoxyestradiol and docosahexaenoic acid, the biologically derived active compounds from flaxseed diet, in preventing ovarian cancer. *Journal of Ovarian Research*, 12, 49. doi: 10.1186/s13048-019-0523-3
- Parra, M., Lagos, N., Levancini, M., Villarroel, M., Pizarro, E., Vanhauwaert, P., ... Brantes, S. (2018). Menopausia y terapia hormonal de la menopausia. Las recomendaciones 2018 de la Unidad de Endocrinología Ginecológica de Clínica Alemana de Santiago - Sociedad Italiana de la Menopausia y la Sociedad Chilena de Endocrinología Ginecológica. *Revista Chilena de Obstetricia y Ginecología*, 83(5), 527-550. doi: 10.4067/s0717-75262018000500527
- Pérez Aagaard, M. E. (2018). Maca andina: Alimento funcional para la menopausia suplementado con calcio (Tesis de licenciatura). Universidad Fasta, Argentina. Repositorio Digital de la Universidad FASTA. Recuperada de <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/1676>
- Risco, L. (2010). Menopause: Effects of hormonal changes on mood and cognition. *Medwave*, 10(3). doi: 10.5867/medwave.2010.03.4407
- Sakamoto, T., Horiguchi, H., Oguma, E., & Kayama, F. (2010). Effects of diverse dietary phytoestrogens on cell growth, cell cycle and apoptosis in estrogen-receptor-positive breast cancer cells. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 21(9), 856-864. doi: 10.1016/j.jnutbio.2009.06.010
- Sathyapalan, T., Aye, M., Rigby, A. S., Thatcher, N. J., Dargham, S. R., Kilpatrick, E. S., & Atkin, S. L. (2018). Soy isoflavones improve cardiovascular disease risk markers in women during the early menopause. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases*, 28(7), 691-697. doi: 10.1016/j.numecd.2018.03.007
- Sedó Masís, P. (2001). Alimentos funcionales: Análisis general acerca de las características químico-nutricionales, desarrollo industrial y legislación alimentaria. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 10(18-19), 34-39. Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292001000100005
- Sifuentes-Penagos, G., León-Vásquez, S., & Paucar-Menacho, L. M. (2015). Estudio de la maca (*Lepidium meyenii* Walp.), cultivo andino con propiedades terapéuticas. *Scientia Agropecuaria*, 6(2), 131-140. Recuperado de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/869>
- Sócrates, A., Alliende, R., A, C., José, M., & Campodónico, I. (2013). Fisiopatología del síndrome climatérico. *Revista de Obstetricia y Ginecología*, 8, 27-35. Recuperado de https://www.academia.edu/24928932/ART%C3%8DCULO_DE_REVISI%C3%93N_Fisiopatolog%C3%ADa_del_s%C3%ADndrome_climat%C3%A9rico
- Takewaka, T., & Hara, K. (2019). Clinical effect of oral administration of maca (*Lepidium meyenii*) extract on japanese peri-menopausal women subjects: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *International Journal of Biomedical Science*, 15(1), 11-18. Recuperado de <https://www.cochranelibrary.com/es/central/doi/10.1002/central/CN-01932851/full>
- Thomas, P. R., & Eart, R. (1994). Enhancing the food supply. *En Opportunities in the Nutrition and Food Sciences* (pp. 98-142). National Academy Press: Washington, DC. Recuperado de <https://www.nap.edu/catalog/2133/opportunities-in-the-nutrition-and-food-sciences-research-challenges-and>
- Valenzuela B., A., Valenzuela, R., Sanhueza, J., & Morales I., G. (2014). Alimentos funcionales, nutraceuticos y foshu: ¿Vamos hacia un nuevo concepto de alimentación? *Revista Chilena de Nutrición*, 41(2), 198-204. doi: 10.4067/S0717-75182014000200011
- Valsecchi, A. E., Franchi, S., Panerai, A. E., Sacerdote, P., Trovato, A. E., & Colleoni, M. (2008). Genistein, a natural phytoestrogen from soy, relieves neuropathic pain following chronic constriction sciatic nerve injury in mice: Anti-inflammatory and antioxidant activity. *Journal of Neurochemistry*, 107(1), 230-240. doi: 10.1111/j.1471-4159.2008.05614.x
- Vargas-Hernández, V., Acosta-Altamirano, G., Moreno-Eutimio, M., Vargas-Aguilar, V., Flores-Barrios, K., & Tovar-Rodríguez, J. (2013). Terapia hormonal de reemplazo durante la menopausia. Del riesgo al beneficio. *Revista del Hospital Juárez de México*, 80(4), 251-261.
- Vilaplana i Batalla, M. (2016). Menopausia: claves para afrontarla. *Farmacia Profesional*, 30(4), 14-17. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-menopausia-claves-afrontarla-X0213932416571321>

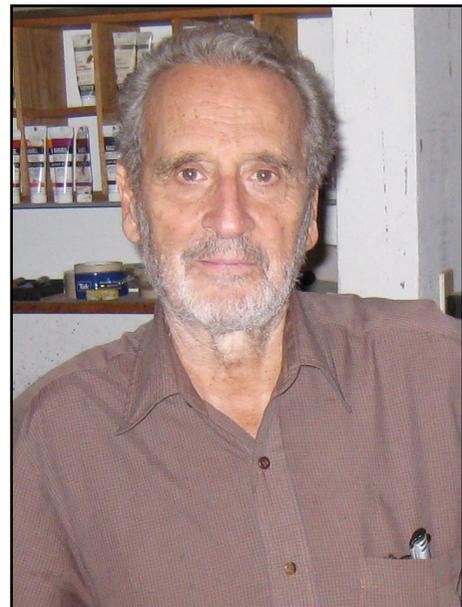
Vicente Rojo Almazán. *In memoriam*

Mónica Susana De la Barrera-Medina*✉

De la Barrera-Medina, M. S. (2021). Vicente Rojo Almazán. *In memoriam* [Obituario]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 107-108.

Nació en Barcelona, España el 15 de marzo de 1932 y falleció en la Ciudad de México luego de su cumpleaños número 89 el pasado 17 de marzo de 2021. Con el exilio llegó a México junto con su madre en 1949 para reunirse con su familia, es así como inicia su trabajo editorial como ayudante para el Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA) en la oficina de ediciones junto con Miguel Prieto, otro destacado refugiado español a quien Rojo consideró como el precedente para sentar las bases del diseño en México y quien le permitió adquirir una visión de mundo diametralmente distinta de la que tenía en España, pues a los 6 meses de haber llegado a México en 1950 tuvo la suerte de empezar a trabajar con Prieto como asistente en publicaciones del INBA y dos meses después ya estaba trabajando con él en el suplemento *México en la Cultura*, que dirigía Fernando Benítez, del periódico *Novedades*.

Posteriormente trabaja en la Dirección de Difusión Cultural de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que más tarde sería el Departamento de Difusión Cultural de la UNAM. Rojo explicó que él no tenía educación cultural y fue el suplemento su escuela básica la que lo formó, pues se publicaba una amplia gama de tendencias y géneros como los reveladores escritos de José Moreno Villa sobre pintura española clásica y los textos de Alfonso Reyes que pasaba a recoger a su casa, al igual que los de Paul Westheim sobre arte prehispánico. El suplemento debía estar listo en cuatro o cinco horas, requería de gran rapidez y mientras le llegaban los textos Benítez los revisaba y se los pasaba a Rojo para irlos ilustrando y formando.



Vicente Rojo Almazán en su estudio en la Ciudad de México el 12 de septiembre de 2012.

Fotografía de Alexei Pichardo.

Rojo explica que la publicación mantuvo una línea política totalmente opuesta a la de sus editores (progresista se decía entonces), el conservador periódico *Novedades*. A Benítez lo cesan y ante ese hecho y en solidaridad con él, renuncian todos los colaboradores en 1961. Por ello en 1962 realizan un nuevo suplemento llamado *La Cultura en México*, en la revista *Siempre!*, de José Pagés Llergo, que de igual forma dirigiera Fernando Benítez con José Emilio Pacheco como jefe de redacción, siendo hasta 1971 que lo dirigió Carlos Monsiváis.

El conocimiento que Vicente Rojo gestó desde entonces le permitió tener mucha práctica en los proyectos editoriales, dedicándose casi y por la demanda de los mismos a trabajos de índole cultural. Su participación en suplementos de periódicos en actividad constante le dio forma al diseño, pues

* Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: monica.delabarrera@edu.uaa.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0089-0587>

✉ Autora para correspondencia

se corregían planas, se armaban encabezados y se definía un estilo sobre la marcha con las notas periodísticas de la década de los cincuenta y el interés cultural de sus mentores, como Prieto y Benítez. Miguel Prieto muere en 1956 y es Fernando Benítez quien le pide a Vicente Rojo continúe con el diseño de *México en la Cultura*.

Rojo conoció a escritores de su generación que con el tiempo se harían sus amigos, como Carlos Fuentes, Juan García Ponce, Emilio García Riera, Elena Poniatowska, Juan Vicente Melo, Jorge Ibargüengoitia, José Emilio Pacheco y Carlos Monsiváis, participantes intelectuales que más tarde le permiten formar una especie de red de intercambio recíproco con intereses mutuos. Estas relaciones facilitaron en lo sucesivo su trabajo a lo largo de su vida dedicada al diseño, pues como él comentó en reiteradas entrevistas realizó muchas cosas para sus amigos, que más que trabajo fueron proyectos en los que él quiso de alguna forma participar.

En 1954 Vicente Rojo comienza a realizar sus primeros trabajos en los Talleres Gráficos de la Librería Madero (TGLM) como asesor, ya que inicialmente lleva parte de su trabajo de Difusión Cultural de la UNAM y el INBA; más tarde asesora los proyectos de los TGLM, debido a su amistad con la familia Espresate y es en donde conoce a José Azorín. En 1957 Vicente Rojo comienza a diseñar las *Ediciones Fuera de Comercio* de los TGLM, ediciones especiales comentadas por José Emilio Pacheco, realizadas para regalar a clientes y amigos con motivo de las festividades de fin de año. En 1961 se incorpora de forma permanente como director artístico de los TGLM, que en 1965 se convierten en la Imprenta Madero.

En 1960 surge la Editorial ERA, Vicente Rojo pensó en aprovechar los tiempos muertos (sic) en que la imprenta y las máquinas de impresión no se usaban en los TGLM para producir unos cuantos libros, asociándose con los hermanos Quico, Neus y Jordi Espresate Xirau, con José Hernández Azorín; entonces jóvenes menores de 30 años. Así se funda la editorial ERA, cuyo nombre es un acrónimo formado con las iniciales de los apellidos Espresate, Rojo y Azorín.

Vicente Rojo no solo realizó trabajos culturales; estuvo inmerso en el universo cultural e intelectual de la época. Su origen como español refugiado, con tendencias de marcada izquierda, dieron cabida a la coincidencia de ideas con muchos escritores, pintores e instituciones; lo que de alguna forma facilitó su movilidad en este ámbito social. Algunos de sus

reconocimientos son la Medalla de Oro al Mérito en las Bellas Artes y el Premio Nacional de Ciencias y Artes (1991); Creador emérito por el Sistema Nacional de Creadores de Arte (1993), miembro de El Colegio Nacional (1994), *Doctorado Honoris Causa* por la (UNAM) en 1998, Medalla Bellas Artes (2011), *Doctorado Honoris Causa* por la Universidad Iberoamericana en 2019.

Su reconocido trabajo como diseñador de publicaciones lo llevó a ser representante de los subsecuentes diseñadores gráficos con estudios profesionales; sin embargo, a Rojo lo posicionó en un lugar privilegiado toda su obra artística y su interés en la plástica, ya que fue miembro de la Generación de la Ruptura, movimiento artístico que buscaba una visión más amplia y cosmopolita del arte para dejar atrás años de visión nacionalista de los muralistas mexicanos.

Destacó como pintor, escultor y grabador; con obra extensa expuesta en recintos como el Museo Universitario de Ciencias y Artes, el Museo de Arte Moderno, el Palacio de Bellas Artes, el Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía o el University Art Museum, entre otros. Rojo se dedicaría a la realización de obra gráfica hasta su muerte.

BIBLIOGRAFÍA

- Cenidiap INBAL. (14 de julio de 2011). IMPRENTA MADERO. OBJETOS. Fábrica de objetos para leer [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=sfSRd5WUub0>
- Cherem, S. (14 de noviembre de 1999). Vicente Rojo: Medio Siglo de Recuerdos y escenarios. *Reforma*. Recuperado de https://www.criticarte.com/Page/enlaces/enlaces_de_actualidad/Vicente_Rojo_entrevista.html
- De la Barrera-Medina, M. S. (2020). *El Diseño Gráfico. Las transformaciones tecnológicas de una profesión creativa* (Versión electrónica). México: Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de https://editorial.uaa.mx/catalogo/ccdc_mb_diseno_grafico_9786078714339.html
- Meléndez, E. (2009). *Imprenta Madero. La fábrica de objetos para leer*. México: Cenidiap.
- Universidad Autónoma de Aguascalientes. (2020). Entrevista realizada por Mónica De la Barrera-Medina a Vicente Rojo Almazán en la Ciudad de México el 12 de septiembre de 2012. Recuperada de https://editorial.uaa.mx/catalogo/ccdc_mb_diseno_grafico_9786078714339.html

Recursos y estrategias para el futuro profesional de la música a través del teclado

Islas Ávila, S. (2019). *Recursos y estrategias para el futuro profesional de la música a través del teclado* (266 pp., ISBN: 978-607-8652-92-1). México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Griselda Baca-Rodríguez*✉

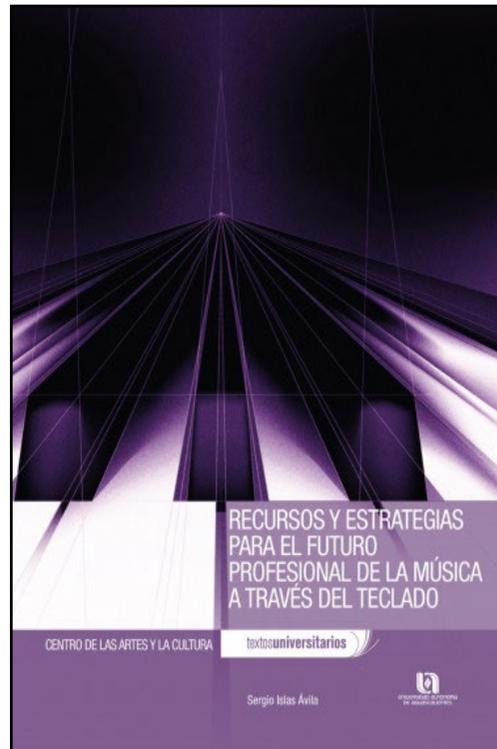
Baca-Rodríguez, G. (2021). Recursos y estrategias para el futuro profesional de la música a través del teclado [Reseña de libro]. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(82), 109-110.

El libro ofrece una propuesta de contenidos y materiales didácticos para la clase de piano complementario de la Licenciatura en Música de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). En la sección preliminar el autor expone su importancia como apoyo a materias como armonía, contrapunto, solfeo y entrenamiento auditivo, así como al desarrollo de competencias profesionales en los estudiantes de música. Ofrece una breve introducción teórica a elementos básicos del funcionamiento del instrumento y su ejecución: mecánica, acústica, pedales, escritura, postura, digitación, relajación muscular y concentración.

El contenido es mayormente práctico y accesible a alumnos de música sin conocimientos previos de piano. El libro está organizado en áreas: armonía, entonación y reconocimiento auditivo, acompañamiento pianístico, improvisación, repertorio, estudios y técnica pianística. El autor señala que estas secciones pueden ser trabajadas de manera no lineal, aunque recomienda abarcar la armonía al teclado y el reconocimiento auditivo los cuatro primeros semestres de la materia, sentando las bases para los siguientes dos semestres trabajar el acompañamiento pianístico y la improvisación. Para concluir el libro se incluyen algunas sugerencias sobre reglas de clase, recursos didácticos, plan de trabajo y evaluación.

Evaluación crítica

Incluir en la clase de piano complementario la elaboración de patrones de acompañamiento e improvisación es una de las características



Portada del libro *Recursos y estrategias para el futuro profesional de la música a través del teclado*.

más novedosas del libro. Estas áreas no solamente benefician el desarrollo profesional de los estudiantes, también abogan por la creatividad e integración de conocimientos teóricos y prácticos. Otro elemento innovador es el trabajo de escalas pentatónicas, octatónicas y de tonos enteros en alumnos de piano complementario.

Aunque en pianistas la práctica común de escalas suele abarcar cuatro octavas del instrumento, el maestro Islas solicita solamente una y dos octavas a los alumnos de piano complementario;

* Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). C. Escorza 900, Col. Centro, C. P. 31000, Chihuahua, Chih., México. Correo electrónico: griseldabaca1@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5589-5866>

esta adaptación parece adecuada para favorecer el acceso a estudiantes poco familiarizados con el instrumento.

Por otra parte, la selección de piezas es bastante reducida, aunque se incluyen los cuatro periodos estilísticos más estudiados en la música académica. Asimismo, solamente abarca estudios del compositor Carl Czerny. Si bien este es un referente obligatorio del género, se podría haber ampliado la selección a otros compositores. Sin embargo, estas obras solo representan un ejemplo del repertorio que se puede incluir en las clases de piano complementario.

Conclusión

Islas realiza un importante trabajo al diagnosticar la carencia de recursos didácticos adecuados para esta clase, por lo que este libro representa una propuesta sistemática muy valiosa para la materia

de piano complementario; sin ser rígida, permite que cada maestro lo adapte según el contexto y estudiante. El autor va más allá de la ejecución de repertorio; reforzando los conocimientos adquiridos en otras asignaturas y trabajando nuevas habilidades técnicas para la ejecución pianística de forma práctica y creativa. Esto promueve que el estudiante perciba la importancia de la materia e incremente su disposición y empeño hacia la misma.

La propuesta no solo es valiosa para la asignatura de piano complementario de la UAA, también para carreras orientadas a la Educación Musical, para el apoyo de formación integral de los estudiantes de especialidad de piano o, incluso, para alumnos en contextos informales interesados en expandir sus conocimientos musicales.

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

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

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

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

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

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

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

CRITERIOS PARA PUBLICAR

Los manuscritos propuestos a publicación, deberán ser textos científicos que no hayan sido publicados ni enviados simultáneamente a otra revista para su publicación y de esta manera, sean una contribución original e inédita a la literatura científica. Solo se aceptan artículos escritos en idioma español y deberán contener todas las secciones estipuladas en esta guía, formateados correctamente. Deben seguir las reglas gramaticales y ortográficas de la lengua española. Todos los manuscritos serán evaluados por al menos dos especialistas o investigadores expertos de las diferentes áreas, pertenecientes a diversas instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional.

Tipos de publicaciones

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

Artículo de investigación: Informa los resultados de una investigación, cuyo tema queda comprendido en alguna de las áreas del conocimiento anteriormente indicadas y es de interés científico por su relevancia.

Artículo de revisión científica: Resume y analiza un tema científico de importancia, es una revisión de la literatura y del estado actual de un campo de investigación, que ofrece una evaluación crítica del tema.

Nota científica: Es un artículo corto de un tema relevante, novedoso y actual, de ciencia y tecnología que describe o explica un hallazgo y por su mérito científico ameritan una rápida publicación. Pueden incluirse resultados relevantes

que se quieren difundir de forma rápida y no detallada, con información concluyente, pero insuficiente para su análisis en extenso.

Reseña de libro: Narra o describe de manera breve y clara la evaluación o crítica constructiva de una obra literaria o científica que se ha publicado en los tres años anteriores a la fecha de publicación de la reseña.

Obituario: Describe la vida y obra de una persona fallecida con aportaciones relevantes a la ciencia.

Estructura del contenido

Artículo de investigación

No deberá ser menor de cinco ni mayor de 20 cuartillas incluyendo las ilustraciones. En algunos casos se podrá acordar con el editor una extensión mayor, no sin antes valorar la importancia de dicha ampliación. Los manuscritos deberán incluir los siguientes elementos (si de acuerdo a la temática no es posible cumplirlo se deberá justificar, en su caso podrán aceptarse ensayos con una aportación crítica, analítica y documentada):

Título. Deberá ser breve y claro que refleje el contenido del trabajo. No exceder de 20 palabras, escrito en español y en renglón aparte, el título en inglés.

Nombre(s) del/los autor(es). Se presentará en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente de los coautores (sin grado académico), agregando al pie de primer página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y número de ORCID. Indicar quién es el autor para correspondencia.

Resumen. Deberá ser un sólo párrafo que sintetice el propósito del trabajo y reúna las principales aportaciones del artículo en un máximo de 150 palabras, sin subdivisiones y sin citas bibliográficas. Esta sección se iniciará con la palabra **Resumen** al margen izquierdo, con letras negritas y sin punto. Todo manuscrito debe incluir una versión en inglés del resumen (*abstract*).

Palabras clave. Incluir seis palabras clave relacionadas con el contenido del trabajo, separadas con punto y coma, escritas en español y su versión en inglés (*keywords*).

Introducción. Señalar en qué consiste el trabajo completo, objetivos, antecedentes, estado actual del problema e hipótesis.

Materiales y Métodos. Describir en forma precisa el procedimiento realizado para comprobar la hipótesis y los recursos empleados en ello.

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

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

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

Agradecimientos. Mencionar fuente de financiamiento o gratitud que el autor considere necesario.

Referencias. Todas las referencias citadas en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa. Se enlistarán las fuentes bibliográficas y páginas electrónicas consultadas en riguroso orden alfabético sin enumeración ni viñetas, con sangría francesa e interlineado doble.

Todos los artículos deberán apegarse al Manual de Publicaciones de la *American Psychological Association* (APA) 6^{ta.} edición.

Para libro. Iniciar con el apellido del primer autor con mayúsculas y minúsculas, separándolo de la(s) inicial(es) del nombre con una coma. Si son varias iniciales, éstas se separan entre sí con un punto y un espacio. Se coloca un punto después de la última inicial de cada autor y una coma para separar el nombre del siguiente autor. Después del último autor se abre un paréntesis donde se coloca el año de la referencia citada, se cierra el paréntesis y se coloca un punto. Se escribe el título del libro con mayúsculas y minúsculas y cursivas. Se coloca entre paréntesis la edición usando número ordinal con la abreviatura *ed* y un punto al cierre del paréntesis. En caso de ser la primera edición se omitirá. A continuación la ciudad (si la ciudad en la que se encuentra la editorial no es muy conocida, se colocará el país también), dos puntos, espacio y el nombre de la editorial con mayúsculas y minúsculas, y punto final. Aquí se presenta el formato de diversas publicaciones con diferente número de autores.

Formato de libro con un autor:

Apellido1 Apellido2 de autor, X. (Año). *Título de libro*. Ciudad: Editorial.

Formato de libro con número de edición y con un autor:

Apellido1 Apellido2 de autor, X. (Año). *Título de libro* (0^{a.} ed.). Ciudad: Editorial.

Formato de libro con dos autores:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, X., & Apellido1 Apellido2 de Autor2, Y. (Año). *Título de libro* (0^{a.} ed.). Ciudad: Editorial.

Formato de libro con tres a siete autores:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, V., Apellido1 Apellido2 de Autor2, W., Apellido1 Apellido2 de Autor3, X., Apellido1 Apellido2 de Autor4, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor5, Z. (Año). *Título de libro* (0^{a.} ed.). Ciudad: Editorial.

En caso de haber un libro con ocho o más autores, se colocan los primeros seis autores igual que en los libros con siete o menos autores, inmediatamente puntos suspensivos, coma, y el último autor. El año, título, ciudad y editorial se colocan igual que en libro con menos de ocho autores.

En referencias de origen anglosajón es usual que autores tengan su nombre normalizado con un solo apellido, lo cual facilita su búsqueda en índices. Algunos autores de origen latino, por otra parte, en ocasiones colocan su nombre con ambos apellidos unidos por un guion, con el mismo motivo. Se tratará de respetar este aspecto dentro de lo posible.

Formato de libro editado:

Apellido1 Apellido2 de Editor1, X., & Apellido1 Apellido2 de Editor2, Y. (Eds.). (Año). Título de libro editado. Ciudad: Editorial.

Formato de capítulo en libro editado:

Apellido1 Apellido2 de autor de capítulo, X. (Año). Título de capítulo de libro editado. En X. Apellido1 Apellido2 de Editor (Ed.), Título de libro editado (pp. 000-111). Ciudad: Editorial.

Para artículo científico en publicación periódica. Para autores y año de publicación es igual que para libro; de ser revista mensual, se incluirá el mes antes del año. Después se coloca el título del artículo empleando mayúsculas y minúsculas y redondas. Punto. Nombre de la revista o publicación con mayúsculas y minúsculas y cursivas, coma, volumen con cursivas, número de publicación entre paréntesis, coma, espacio y número de primera y última página del artículo separadas por guion y punto final.

Formato de artículo en publicación periódica:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, W., Apellido1 Apellido2 de Autor2, X., Apellido1 Apellido2 de Autor3, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor4, Z. (Año). Título del artículo. Nombre de revista, 0(1), 000-111.

Formato para artículo de periódico:

Apellido1 Apellido2 de Autor, X. (día de mes de año). Título de artículo o nota. *Nombre de periódico*, pp. X0, X1.

Para sitio de Internet. Este tipo de referencias deben ir en orden alfabético en la misma lista que las referencias consultadas para realizar el documento. Se sigue el mismo proceso que para las versiones impresas, pero en las referencias electrónicas se incluye la clave conocida como DOI (digital object identifier, por sus siglas en inglés), que significa identificador digital de objetos, aunque no todas las publicaciones electrónicas cuentan con uno. De contar con DOI, es suficiente con colocarlo después de la editorial, en caso de ser libro; o después de las páginas Recuperado de, en caso de publicación periódica, para

una adecuada recuperación de los datos. Si no se tiene DOI, se coloca el URL (uniform resource locator, por sus siglas en inglés) o localizador uniforme de recursos, al que se conoce como enlace electrónico.

Ejemplo de URL:

<http://www.crossref.org/02publishers/glossary.html>

Al trabajar con un enlace electrónico en un documento de texto, es importante tener la casilla de guiones inactiva en el procesador. También lo es copiar el URL de la ventana de dirección del navegador y pegarlo en el documento para una correcta recuperación de los datos. Tanto el DOI como el URL deben colocarse sin agregar ningún punto final, aunque sean la parte última de la referencia, ya que ello puede dar lugar a confusión en el rastreo de los datos.

Ejemplo de DOI:

10.1037/0278-6133.27.3.379

Formato de libro electrónico con DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor, X. (Año). Título de libro. doi: 00.0000/0-000-00000-0

Formato de libro electrónico sin DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor, X. (Año). Título de libro. Recuperado de <http://www.xxxxx.xxx.xxx/xxxx/XXXX.xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx0xxxx0xxxx00000>

Formato para publicación periódica electrónica con DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, X., Apellido1 Apellido2 de Autor2, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor3, Z. (Año). Título del artículo. Nombre de la revista electrónica, 0(1), 000-111. doi: xx.xxxxxxxxxx

Formato para publicación periódica electrónica sin DOI:

Apellido1 Apellido2 de Autor1, X., Apellido1 Apellido2 de Autor2, Y., & Apellido1 Apellido2 de Autor3, Z. (Año). Título del artículo. Nombre de la revista electrónica, 0(1), 000-111. Recuperado de <http://www.xxxxxxx>

Periódico en línea:

Además de la información para periódico impreso mencionada en esta guía, agregar Recuperado de y el enlace electrónico.

Formato para una película:

Apellido1 Apellido2 de Productor, X. (Productor), & Apellido1 Apellido2 de Director, Y. (Director). (Año). Título de la película [Película]. País de origen: Estudio.

Formato para una fotografía recuperada en línea:

Apellido1 Apellido2 de Fotógrafo, X. (Año). *Título de fotografía* [Fotografía]. Recuperado de <http://www.www>

Si no se tiene el autor:

Título de la fotografía [Fotografía]. (Año). Recuperado de <http://www.www.www>

Si no se tienen tampoco título ni fecha:

[Imagen de xxxx]. Recuperado de <http://www.www.www>

Para mayor detalle se recomienda consultar los lineamientos del manual de publicaciones de la APA (*American Psychological Association*). Se pueden revisar en

Tovar Sosa, M. A. (Dir. ed.). (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association*. Versión abreviada (2ª. ed., trad. de la 6ª. en inglés M. Guerra Frías). México: Editorial El Manual Moderno.

Para las citas a lo largo del documento se recomienda la siguiente guía.

Cuando el o los nombres de los autores forman parte de la redacción; es decir, están incluidos en la acción, se colocan los autores unidos con la conjunción "y", posteriormente se coloca el año entre paréntesis. Ejemplo: Domínguez Márquez y Johns (2009) descubrieron que las partículas se movían hexagonalmente. En la siguiente tabla se encuentra el formato para este tipo de cita.

Número de autores	Primer mención de autor(es) dentro de la redacción	Siguientes menciones dentro de la redacción
Un autor	Apellido(s) de Autor (año)	Apellido(s) de Autor (año)
Dos autores	Apellido(s) de Autor1 y Apellido(s) de Autor2 (año)	Apellido(s) de Autor1 y Apellido(s) de Autor2 (año)
Tres a cinco autores	Apellido(s) de Autor1, Apellido(s) de Autor2, de Autor3, de Autor4 y de Autor5 (año)	Apellido(s) de Autor1 et al. (año)
Seis autores en adelante	Apellido(s) de Autor1 et al. (año)	Apellido(s) de Autor1 et al. (año)

Por otra parte, cuando el o los nombres de los autores no forman parte de la redacción; es decir, están excluidos de la acción, se colocan tanto los autores como el año dentro del paréntesis, separados por una coma. Ejemplo: Otros autores han descubierto que las partículas se movían hexagonalmente (Domínguez Márquez, & Johns, 2009). En la siguiente tabla se encuentra el formato para este tipo de cita.

Número de autores	Primer mención de autor(es) fuera de la redacción	Siguientes menciones fuera de la redacción
Un autor	(Apellido[s] de Autor, año)	(Apellido[s] de Autor, año)
Dos autores	(Apellido[s] de Autor1 & Apellido[s] de Autor2, año)	(Apellido[s] de Autor1 & Apellido[s] de Autor2, año)
Tres a cinco autores	(Apellido[s] de Autor1, Apellido[s] de Autor2, de Autor3, de Autor4, & de Autor5, año)	(Apellido[s] de Autor1 et al., año)
Seis autores en adelante	(Apellido[s] de Autor1 et al., año)	(Apellido[s] de Autor1 et al., año)

Tablas y Figuras. Deberán encontrarse insertadas en el lugar que les corresponde a lo largo del artículo, se identificarán consecutivamente con números arábigos y cada una deberá ser mencionada pertinentemente dentro del texto.

En cuanto a las tablas, su orientación será vertical. Deberán tener título breve pero explicativo en la parte superior utilizando mayúsculas y minúsculas, así como la fuente de donde se obtuvieron al pie de las mismas. Se suprimirán los filetes verticales. Cada tabla deberá, además de estar incluida en el documento, ser enviada aparte en el formato original en el que fue creada (Word, Excel, por ejemplo). Se evitará enviar tablas creadas en formato de imagen o pdf.

Con respecto a las figuras, se consideran como tales tanto gráficas, como fotografías, mapas, planos, dibujos, etc., se utilizarán mayúsculas y minúsculas con tipografía Century Gothic 8-10 pts. en su elaboración. Se deberá explicar en un texto al pie de la imagen, claro pero breve, el contenido de cada una, así como la fuente de donde se obtuvo. El tamaño máximo de cada figura incluyendo texto al pie será de 12 cm de longitud y 16 cm de ancho, el mínimo permitido será de 6 cm de longitud y 8 cm de ancho. Los dibujos o esquemas deberán estar en original y tener una calidad mínima de 300 ppp. o al menos 5 megapíxeles con formato tiff, eps o jpg.

Además de las gráficas, mapas, planos, etc., que pueda contener, el artículo deberá incluir por lo menos una fotografía con texto al pie breve pero explicativo, e incluir todas las características referidas en esta guía.

Para especificar la fuente tanto en tablas como figuras, en caso de ser de su autoría, se colocará la leyenda "Elaboración propia" al pie de cada tabla o figura. De no ser así, es responsabilidad del autor contar con el permiso para tomar o adaptar información, así como colocar la fuente de donde se tomó o adaptó la misma con la leyenda "Tomada de..." o "Adaptada de...", según corresponda, e incluir dicha referencia en el apartado correspondiente, para tener un cruce de referencias completo.

Ecuaciones o símbolos matemáticos. En caso de que el artículo contenga ecuaciones o símbolos matemáticos que pudiesen perderse en el proceso de edición, se enviarán, además del archivo en Word, el mismo documento en formato pdf con cada ecuación o símbolo señalados y otro archivo también en pdf, que contenga únicamente las ecuaciones.

Identificación de archivos de imagen para envío:

Para el envío de archivos de figuras, el o los archivos deberán estar nombrados con la expresión Fig, sin espacio el número consecutivo y sin espacio una o máximo dos palabras identificatorias del artículo, sin acentos, puntos ni guiones, con la finalidad de lograr una mayor fluidez en el proceso de edición.

Ejemplo:

Fig1Nanotubos

Fig2EspecieMarina

Artículo de revisión científica

No deberá ser menor de cinco ni mayor a 20 cuartillas, considerando figuras y tablas insertadas dentro del documento. Debe incluir título en español y en inglés; Nombre(s) del/los autor(es). Se presentará en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente de los coautores (sin grado académico), agregando al pie de primer página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID. Indicar quién es el autor para correspondencia; resumen en español y en inglés (abstract) y palabras clave en español y en inglés (keywords); texto del artículo considerando: introducción al tema (incluyendo por qué el problema es de interés), desarrollo del trabajo con una discusión académica, conclusión y un apartado de referencias. El contenido del artículo puede estar subdividido cuidando que exista una conexión entre los apartados. Las referencias, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación.

Nota científica

No deberá ser mayor a cinco cuartillas. Debe incluir título en español y en inglés; Nombre(s) del/los autor(es). Se presentará en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente de los coautores (sin grado académico), agregando al pie de primer página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID. Indicar quién es el autor para correspondencia; resumen en español y en inglés (abstract) y palabras clave en español y en inglés (keywords). El texto deberá escribirse de continuo y sin espacio extra entre los párrafos. Las referencias, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación.

Reseña de libro

No deberá ser mayor a dos cuartillas, con la imagen de la portada ya insertada. Debe incluir identificación del autor y su obra: nombre del autor, título de la obra, lugar de publicación, editorial, fecha de edición, ISBN y número de páginas; resumen o descripción del texto o contenido, señalando las partes en que está integrado, crítica y conclusión, literatura, fotografías, ilustraciones o gráficas y otros recursos o datos relevantes que lo particularizan como exponente y autoridad en la materia. Se enviará, aparte del archivo de texto, los datos del autor (nombre completo), adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID, así como, un archivo JPG con la portada del libro en la edición reseñada.

Obituario

No deberá ser mayor a dos cuartillas, considerando ya la fotografía ilustrativa dentro del texto. Deberá incluir los datos del autor (nombre completo), adscripción (departamento, dependencia e institución, país), domicilio de la institución, correo electrónico y No. ORCID; texto del artículo con una introducción que incluya nombre de la persona recordada, fecha y lugar de nacimiento y muerte, una breve biografía, aportaciones científicas y académicas relevantes en la ciencia y una reflexión. También es importante que el autor envíe aparte el archivo jpg con buena resolución de la fotografía en donde aparezca solamente el científico aludido para ilustrar el documento. Deberá colocar la autoría de dicha imagen o la fuente de donde se obtuvo.

Características de la revisión de artículos

1. El editor se reserva el derecho de devolver a los autores los artículos que no cumplan con los criterios para su publicación.
2. El proceso de dictamen se llevará a cabo siguiendo un orden, de acuerdo con la fecha de recepción. El tiempo estimado del proceso de evaluación y aceptación es de 6 meses.
3. La revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, utiliza el software TURNITIN para detectar coincidencias y similitudes entre los textos sometidos a evaluación en la revista y los publicados previamente en otras fuentes. Los resultados son enviados al autor.
4. Todos los trabajos son sometidos a un proceso de dictamen por pares académicos (especialistas) a doble ciego a cargo de la Cartera de Árbitros que integra la revista, la cual está compuesta por miembros del SNI o investigadores expertos en el área pertenecientes a instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional. Cada trabajo es revisado por al menos dos evaluadores, especificando en el dicta

1. Si se acepta el artículo intacto, con modificaciones o si definitivamente se rechaza. En caso de contar con resultados discrepantes, se enviará el trabajo a un tercer evaluador, cuyo resultado será definitivo.
2. El editor dará a conocer al autor contacto el resultado del arbitraje a través del formato "Observaciones"; si el trabajo es aceptado con modificaciones, el autor deberá atenderlas en un plazo no mayor a 10 días hábiles y enviará nuevamente al editor el original y el archivo electrónico del artículo junto con un **archivo de respuesta a dichas observaciones** en formato Word. El archivo consiste en una explicación detallada de las modificaciones realizadas tomando en cuenta todas y cada una de las observaciones señaladas por los evaluadores. Se deberá incluir el comentario del evaluador y correspondiente acción o respuesta del autor. No es necesario incluir en este archivo las anotaciones realizadas por los evaluadores sobre el artículo.
3. Cuando el autor demore más de 30 días en responder a las sugerencias de los evaluadores, el artículo no será considerado para publicarse en el siguiente número de la revista.
4. El editor informará al autor contacto, en su caso, el avance de su trabajo en el proceso de dictaminación, el rechazo, o la fecha de publicación del mismo.
5. La revista se reserva el derecho de adelantar o posponer los artículos aceptados con el fin de dar una mejor estructura a cada número de acuerdo a la política editorial.
6. Una vez que el artículo haya sido aceptado, pasará a una revisión de estilo y formato, para su versión definitiva. Se enviarán pruebas de impresión en formato Word al autor para correspondencia y serán devueltas al editor dos días después de haber sido recibidas. Si las pruebas no se entregan a tiempo, el artículo se publicará sin las correcciones correspondientes.
7. Los artículos presentados son responsabilidad total del autor (o los autores) y no reflejan necesariamente el criterio de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, a menos que se especifique lo contrario.
6. Abreviaturas: Escribir el término completo la primera vez que se usa y seguirlo con la abreviatura entre paréntesis.
7. Las expresiones matemáticas deben estar escritas claramente y se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades. Asimismo, los conceptos y términos científicos y técnicos deberán escribirse de forma clara y precisa.
8. Es importante que la información se condense dentro del texto principal y utilizar alguna nota al pie solo para fortalecer los planteamientos del artículo. La nota debe transmitir solo una idea evitando ecuaciones o párrafos complejos.
9. Sugerir por lo menos tres posibles evaluadores para la revisión de su trabajo. La selección final de revisores será responsabilidad del editor.
10. Los autores tendrán derecho a recibir cinco ejemplares de la versión impresa. No se tienen costos por publicación.

Especificaciones de envío

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido que anteriormente se han especificado.

El envío del artículo puede realizarse mediante dos vías:

- a) **Mensajería o entrega personal** en la Dirección General de Investigación y Posgrado, en un sobre cerrado dirigido a Elizabeth Casillas Casillas, editora de la revista, el cual deberá contener artículo impreso, archivos del artículo e ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor para correspondencia.
- b) **Correo electrónico** dirigido a la editora de la revista, a través de revistaiyc@correo.uaa.mx que contenga archivos adjuntos (*attachment*) con el artículo, las ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor para correspondencia.

Es importante que el autor conserve una copia de los archivos y de la impresión enviada.

Colaboración e informes

Revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Universidad Autónoma de Aguascalientes
 Dirección General de Investigación y Posgrado
 Departamento de Apoyo a la Investigación
 Av. Universidad núm. 940, C.U.,
 Edificio Académico-Administrativo, piso 5
 C. P. 20131, Aguascalientes, Ags., México
 Teléfono (449) 910 74 00 Ext. 34113
 Correo electrónico: revistaiyc@correo.uaa.mx
investigacion.uaa.mx/RevistalyC

Indicaciones para los autores

1. El escrito se enviará en formato Word y en formato pdf en hoja tamaño carta.
2. Tipografía para texto: Arial en 12 pts. Tipografía para figuras: Century Gothic 10 pts.
3. Justificación: Completa, no utilizar sangría al inicio de párrafos.
4. Márgenes: Superior e inferior 2.5 cm.; izquierdo y derecho de 3 cm.
5. Espacio: Doble.