



# Mexican Journal of Technology and Engineering

ISSN: en trámite

Volumen 1 Número 3

**Consejo editorial****Editor en jefe**

Dr. Rafael Alejandro Angel Cuapio  
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

**Editores de área****Ciencias Químico-Biológicas**

Dr. Francisco Javier Martínez Valdez  
Universidad Tecnológica de Tecámac

Dr. Raziel Jesús Estrada Martínez  
Universidad Tecnológica de Tecámac

**Ciencia y Tecnología de Alimentos**

Dr. Luis Víctor Rodríguez Durán  
Universidad Autónoma de Tamaulipas-UAM Mante

**Ciencias Agropecuarias**

Dr. José Miguel Angel Castillo Minjarez  
Universidad Tecnológica de Tecámac

**Ingeniería y Desarrollo Tecnológico**

Dr. José Fernando Méndez González  
Universidad Autónoma Metropolitana

**Ciencias Sociales y Humanidades**

Dr. Cesaire Chiatchoua  
Instituto Politécnico Nacional-ESE

**Comité editorial**

Dr. Jesús Gerardo Saucedo Castañeda  
Universidad Autónoma Metropolitana

Dr. Norberto Ulises García Cruz  
Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Gerardo Atlantis Gómez Ramos  
Universidad Autónoma Metropolitana

Dra. María del Carmen Lozano Arizmendi  
Universidad la Salle México

Dr. Daniel Trujillo Ramírez  
Universidad Autónoma de Tamaulipas-UAM Mante

Dra. Ma. Guadalupe Bustos Vázquez  
Universidad Autónoma de Tamaulipas-UAM Mante

Dra. Enaim Aída Vargas León  
Universidad Tecnológica de Tecámac

Dra. Maribel Quezada Cruz  
Universidad Tecnológica de Tecámac

Dra. Erika Lagunes Fortiz  
Universidad Autónoma de Chapingo

Dr. Paul Misael Garza López  
Universidad Autónoma de Hidalgo

Dra. Josefa Espitia López  
Universidad Autónoma de Hidalgo

Dra. Esperanza Trenado Sánchez  
Universidad Autónoma de Querétaro

Mtra. Lucía Beltrán Castillo  
Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán

M. en B. Alma Delia Toledo Guzmán  
SEDEMA



Volumen 1

Número 3

**MEXICAN  
JOURNAL  
OF TECHNOLOGY  
AND ENGINEERING**



Mexican Journal of Technology and Engineering es una publicación cuatrimestral (Vol. 1, No 3, Septiembre-Diciembre 2022) editada por el Dr. Rafael Alejandro Angel Cuapio y su Consejo Editorial. Difusión y soporte digital vía internet [www.mexicanjournalte.com](http://www.mexicanjournalte.com), [editorial@mexicanjournalte.com](mailto:editorial@mexicanjournalte.com). Editor Responsable: Dr. Rafael Alejandro Angel Cuapio, con dirección en Norte 8, #214, Col. Santa Cruz, Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, CP 56617, [angelcuapio@gmail.com](mailto:angelcuapio@gmail.com). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2021-063018102800-102, ISSN: En trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. El responsable de la última actualización de este número fue el Dr. José Fernando Méndez González. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de la manera de pensar del Consejo y/o Comité Editorial. Queda explícitamente prohibida la reproducción total o parcial del contenido de la revista sin previa autorización expresa del Comité Editorial, podrá hacerse siempre y cuando se cite la fuente, incluyendo el título completo del artículo, el nombre del autor o autores, así como, el nombre, la fecha y el número de la revista.



# Contenido

## Artículos de divulgación científica

Los piezoelectricos: Cosechando energía mecánica.....	4-10
<i>D. Hernández-Rivera y N. López-Ramírez</i>	
Producción de chile ( <i>Capsicum spp.</i> ) en México y sus beneficios medicinales y alimentarios.....	11-16
<i>P. López-Ordaz, G. Orozco-Palma, C. L. Daza-Merino, M. J. Perea-Flores, H. H. Torres-Ventura y J. Yáñez-Fernández.</i>	

## Publicaciones regulares

### *Ciencias Químico-Biológicas*

Evaluación de la actividad antiepileptica de los metabolitos secundarios de los extractos cetónicos crudos de <i>Mentha piperita</i> Y <i>Mentha pulegium</i> .....	18-27
<i>M. I. Jiménez-Zuñiga, E. López-Duran, Y. Gómez-Gómez, E. A. Villeda-Gutierrez y A. J. Hurtado-Mariles.</i>	

Actividad cicatrizante de los extractos metanólico y cetónico de <i>Larrea tridentata</i> en heridas incisas de ratones CD-1 .....	28-36
<i>M. H. Bautista-Cruz, E. A. Villeda-Gutierrez, A. J. Hurtado-Mariles, Y. Gómez-y Gómez y M. I. Jimenez-Zuñiga</i>	

### *Ciencia y Tecnología de Alimentos*

Obtención de una infusión de la hoja de verdolaga ( <i>Portulaca Oleracea</i> L.) y su caracterización fisicoquímica y análisis sensorial .....	37-46
<i>V. Hernández-Robledo, M. G. Bustos-Vázquez, J. A. Del Ángel del Ángel, R. I. Torres-Acosta, P. Rojo-Ángeles</i>	

## Anexos de la publicación

Guía para autores.....	47-50
------------------------	-------



## Artículo de divulgación

Hernández-Rivera y López-Ramírez, 2022

Recibido: 16-11-2022

Revisado: 30-11-2022

Aceptado: 24-12-2022

Publicado: 29-12-2022

# LOS PIEZOELÉCTRICOS: COSECHANDO ENERGÍA MECÁNICA

## PIEZOELECTRICS: MECHANICAL ENERGY HARVESTING

D. Hernández-Rivera<sup>1\*</sup> y N. López-Ramírez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>\*Tecnológico Nacional de México/TES Chicoloapan. Departamento de Ingeniería en Energías Renovables. Camino al Monte s/n, esquina con Camino a Tlalmimilolpan, Loma de Guadalupe., 56380 Ejido de Chicoloapan, Méx., Méx.

\*Correspondencia: daniel.rivera@teschic.edu.mx

### Resumen

Las energías renovables son fuentes de energía de gran interés debido al menor impacto ecológico que presentan comparadas con las energías fósiles. La cosecha de energía (CdE) es un proceso para obtener energía de fuentes renovables, la cual no ha recibido suficiente atención como los procesos de generación de otras fuentes de energía renovables como la solar, la eólica o la hidráulica; sin embargo, la CdE tiene una gran oportunidad de aplicación para abastecer de energía a dispositivos electrónicos de baja potencia tales como relojes, audífonos, receptores bluetooth, marcapasos, etc. La CdE permite la generación de energía eléctrica a partir de energía ambiental tal como calor, movimiento, vibraciones, y radiación. En este tipo de tecnología, el dispositivo transductor tiene una función primordial ya que permite transformar la energía ambiental en eléctrica. Existen muchos tipos de transductores, sin embargo, los materiales piezoeléctricos destacan, ya que, permiten transformar energía mecánica de diferente naturaleza (vibración, deformación, torsión, etc.) en energía eléctrica. El presente artículo tiene como objetivo informar sobre la cosecha de energía como una alternativa para obtener energías renovables no convencionales y mencionar ciertas aplicaciones donde podemos utilizar a los piezoeléctricos como elementos cosechadores de energía.

**Palabras clave:** Cosecha de energía; Piezoelectricidad; Energías renovables; Fluoruro de polivinilideno.



## Artículo de divulgación

Hernández-Rivera y López-Ramírez, 2022

### Abstract

Renewable energies are energy sources of great interest due to their low ecological impact when compared to fossil energies. Energy harvesting (EH) is a process that allows obtaining energy from renewable sources, which has not received enough attention as the generation processes of other renewable energy sources such as solar, wind, or hydro. EH, however, has a broad application opportunity to supply energy to low power electronic devices such as watches, hearing aids, Bluetooth receivers, pacemakers, etc. Energy harvesting allows the generation of electrical energy from environmental energy such as heat, movement, vibrations, and radiation. In this technology, the transducer device has a fundamental function since it transforms environmental energy into electrical energy. Although there are many types of transducers, piezoelectric materials stand out, since they can transform different kinds of mechanical energy (vibration, deformation, torsion, etc) into electrical energy. The purpose of this article is to inform about energy harvesting as an alternative to conventional renewable energies and to mention some applications where piezoelectric materials can be used as energy harvesting elements.

**Keywords:** Energy harvesting; Piezoelectricity, Renewable energies; Polyvinylidene fluoride.

### 1. Introducción

Las energías renovables son un tipo de energía proveniente de fuentes naturales que son reabastecidas más rápido de lo que son consumidas. Este hecho permite que el efecto perjudicial al medio ambiente sea reducido. Además, este tipo de energías tienen menor cantidad de emisión de gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles. Las tecnologías para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables se han centrado en la energía eólica, solar, hidráulica y geotérmica, las cuales hasta el 2020 representaban el 28% del total de la generación de energía eléctrica a nivel global[1]. A pesar de que aún hace falta mucho crecimiento para las energías renovables mencionadas, existe una necesidad creciente por la investigación de alternativas energéticas que complementen el suministro de energía eléctrica en aplicaciones donde las energías renovables convencionales tienen algún tipo de desventaja.

### 2. Energía disponible

Después de un juego complicado de fútbol terminas exhausto, gran parte de tu energía se perdió intentando remontar el marcador de un juego decisivo contra el grupo de amigos de la siguiente calle. Realmente, la pérdida de energía no es algo que te preocupe porque sabes que después de una deliciosa cena y varias horas de sueño habrás recuperado la energía perdida. Hagamos una pausa, ¿recuerdas aquel famoso enunciado de física que dice: "la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma?", pues entonces, ¿dónde quedó aquella energía utilizada en el partido de fútbol? No, no desapareció como por arte de magia, de hecho, solo se transformó en energía mecánica que fue la que te permitió correr, saltar y patear aquel balón que pegó en el travesaño y que casi les da la victoria.

Siguiendo la misma idea planteada sobre la transformación de energía, ¿será posible transformar esa energía mecánica en otro tipo de



## Artículo de divulgación

Hernández-Rivera y López-Ramírez, 2022

energía? y ¿será posible que se pueda aprovechar tal energía para algún dispositivo electrónico? La respuesta es: definitivamente sí. De hecho, no solo la energía mecánica podría ser aprovechada, también el calor liberado por la realización de esfuerzo físico podría ser utilizado. No solo hay energía en esa situación específica, en el planeta hay un flujo constante de diferentes tipos de energía que se están transmitiendo y transformando; sin embargo, para poder hacer uso de ellas es necesario recolectarlas, por ejemplo, los paneles solares permiten recolectar energía solar y transformarla en energía eléctrica. Los generadores eólicos, por otro lado, permiten recolectar la energía del viento y también transformarla en energía eléctrica. Se puede pensar en estos elementos como fuentes de energía a gran escala que podrían abastecer gran parte de la energía utilizada en una casa o una fábrica. Sin embargo, no solo se tiene la energía del viento, del agua y del sol para aprovecharlas, también hay otros tipos de energía fluyendo en el planeta que se podrían recolectar y transformar en energía eléctrica. Dos de estas energías son las que se mencionaron más arriba, energía mecánica (vibraciones y movimientos) y calorífica (calor disipado por el cuerpo humano, máquinas o procesos).

### 3. Cosecha de energía

Existe una técnica, llamada cosecha de energía (energy harvesting)[2], que permite recolectar energía del ambiente y transformarla en energía eléctrica aprovechable. Los sistemas de cosecha de energía (SCE) constan de tres partes principales: la fuente de energía de interés (como la vibración o el calor), un dispositivo transductor (el que colecta la energía) y la carga (dispositivo que consume o almacena la energía obtenida)[3,4]. Este tipo de tecnología ha crecido en los últimos años debido al aumento en la demanda de suministros de energía eléctrica para dispositivos electrónicos portátiles que tienen consumos de energía menores a 1 watt [3]. No se puede pensar en los SCE como un reemplazo o competencia de otras energías renovables como la solar o eólica donde se obtienen potencias en el rango de los kilo a los megawatts [3], se puede

pensar más bien en este tipo de energía como una alternativa que puede ser utilizada en dispositivos electrónicos portátiles tales como celulares, relojes, cámaras, auriculares, sensores corporales, etc. De hecho, ya hay múltiples investigaciones científicas que han estado probando este tipo de energía [2,5–8].

#### 3.1 Materiales piezoelectricos

¿Qué pensarías si se te dice hay un tipo de materiales que permiten convertir energía mecánica en energía eléctrica? No, no se está hablando de los generadores eléctricos que permiten transformar la energía del viento o de las corrientes acuosas en electricidad, se habla más bien de materiales más pequeños que pueden transformar deformaciones mecánicas (vibraciones, presión, torsión...) en energía eléctrica, estos elementos son conocidos como materiales piezoelectricos.

La palabra piezoelectrico proviene del griego *piezein* que significa apretar o presionar. Existen ciertos materiales que tienen propiedades piezoelectricas, es decir, generan una corriente eléctrica (energía como la que proporciona una batería) cuando son presionados o deformados (Figura 1). Imagina que estás presionando un material piezoelectrico que es como una tecla de computadora, pues cada que la presiones este material generará una pequeña cantidad de energía eléctrica. Estos transductores permiten transformar energía mecánica en energía eléctrica debido a ciertas peculiaridades en su estructura química. Hay muchos materiales que presentan propiedades piezoelectricas, uno de ellos, del cual seguramente has escuchado hablar, es el cuarzo. Además de éste, hay dos tipos importantes de materiales piezoelectricos, los cerámicos (de apariencia similar a la de un adorno de casa) y poliméricos (de estructura parecida a los plásticos convencionales)[9]. Solo cierto tipo de materiales cerámicos o poliméricos presentan propiedades piezoelectricas y esto tiene que ver con su estructura química[2,10]. Es necesario mencionar que los materiales cerámicos, aunque presentan una mayor eficiencia de conversión (cantidad de energía

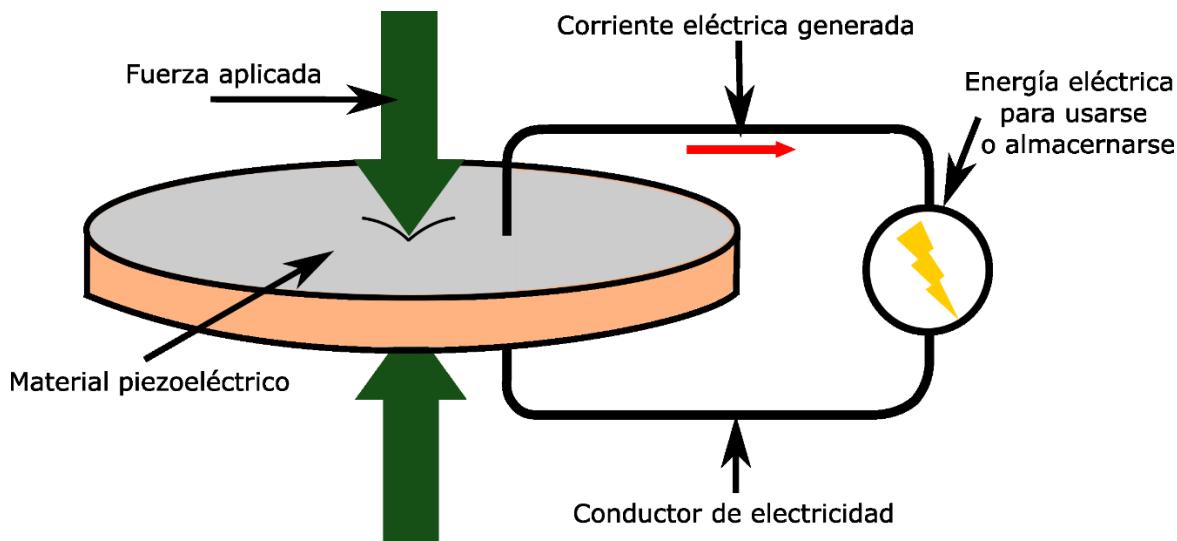


## Artículo de divulgación

Hernández-Rivera y López-Ramírez, 2022

eléctrica que nos permiten obtener), también son materiales muy rígidos y necesitan de muy altas temperaturas ( $>1000^{\circ}\text{C}$ ) para ser fabricados. Los polímeros piezoeléctricos, en cambio, son más fáciles de fabricar, sin embargo, su eficiencia de conversión es menor que la de los cerámicos. Dentro de los polímeros piezoeléctricos principales se encuentra el fluoruro de polivinilideno (PVDF)[11,12]. El PVDF es un polímero piezoeléctrico que presenta estabilidad térmica, alta flexibilidad, buena resistencia mecánica y química, además, es biocompatible

[13,14]. Además de su utilización como material piezoeléctrico, este polímero es empleado en áreas tan diversas como la industria química, alimenticia, farmacéutica, mecánica, así como en procesos de filtrado y protección contra la corrosión. Debido a su capacidad para transformar energía mecánica en energía eléctrica y sus características físicas, los materiales piezoeléctricos como el PVDF pueden ser utilizados en los SCE [15,16].



**Figura 1.** Efecto piezoeléctrico.

### 3.2. Cosechando energía mecánica

La energía mecánica que aparece por la actividad diaria del ser humano se puede cosechar para obtener energía eléctrica a través de estos materiales piezoeléctricos. Pensemos en un paso peatonal, cuando las personas caminan sobre este se genera una fuerza mecánica que actúa sobre el asfalto (como si estuviéramos presionándolo), es decir, se transfiere energía del cuerpo humano al paso peatonal, esa energía no

tiene utilidad y por tanto se libera al ambiente. ¿Qué pasaría si pusiéramos algunos dispositivos piezoeléctricos en la estructura asfáltica? Como podemos apreciar en la Figura 2, cada que una persona camine sobre la estructura, estaría presionando los dispositivos piezoeléctricos generando una cierta cantidad de energía eléctrica. Si utilizamos un número suficiente de elementos piezoeléctricos podríamos obtener la energía necesaria para encender una lámpara como la que se muestra en la Figura 2.



## Artículo de divulgación

Hernández-Rivera y López-Ramírez, 2022

Los materiales piezoelectríficos tienen otra ventaja más, pueden ser fabricados de diferentes formas, tamaños y espesores. Esta característica les permitiría ser adaptados fácilmente a dispositivos portátiles por lo que podrían ser utilizados para energizar dispositivos electrónicos[4]. Veamos un ejemplo más; en el cuerpo humano hay múltiples transformaciones energéticas, sin embargo, vamos a enfocarnos en el movimiento corporal (como el ejemplo visto al inicio de este artículo). Pensemos en un dispositivo piezoelectrífico en forma de parche montado en alguna extremidad corporal como se observa en la Figura 3. En este caso el dispositivo podría funcionar como una batería que se está recargando continuamente debido a las fuerzas (movimientos) que actúan sobre él cada que el sujeto realiza una flexión en una actividad física. La energía de este dispositivo podría ser utilizada para encender algún dispositivo electrónico tal como un monitor portátil de temperatura u otra variable médica de interés. El suministro de energía de estos dispositivos pizoelectríficos podría realizarse de

dos formas: la primera opción sería permitiendo que el elemento piezoelectrífico proporcione directamente su energía al dispositivo electrónico prescindiendo de una batería recargable (las que comúnmente son fabricadas con litio)[17], la segunda opción involucra la utilización conjunta de elementos cosechadores de energía y supercapacitores[18], elementos almacenadores de energía que pueden fabricarse de elementos amigables con el ambiente. Estas configuraciones permiten ahorrar la recarga eléctrica de una batería convencional y la basura de desecho que se produce cuando la batería agota su vida útil.

Los SCE mostrados son solo unos ejemplos de cómo podemos cosechar energía mecánica del ambiente para obtener energía eléctrica limpia (amigable con el ambiente). ¡Imagina las múltiples posibilidades que tendríamos para cosechar energía!, ¿se te ocurre alguna?

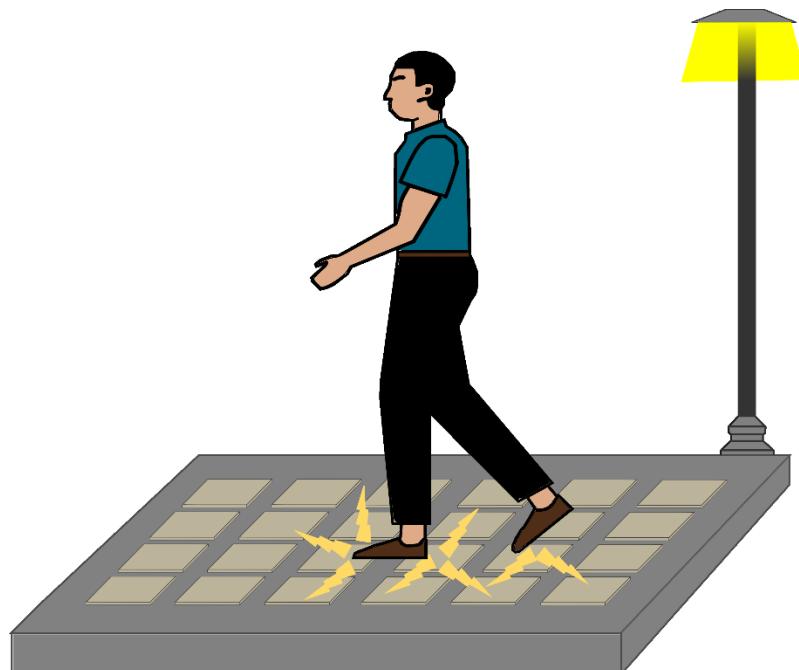


Figura 2. Generación de electricidad a través del paso peatonal.



## Artículo de divulgación

Hernández-Rivera y López-Ramírez, 2022

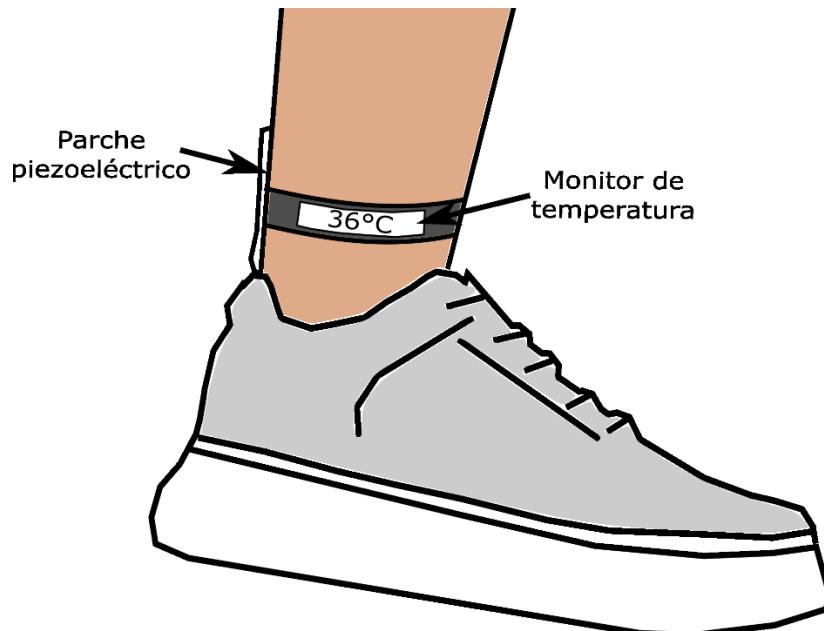


Figura 3. Monitor de temperatura energizado por un parche piezoeléctrico.

### 4. Conclusión

La cosecha de energía mecánica a través de materiales piezoeléctricos es una alternativa favorecedora para la obtención de energía eléctrica sustentable. La generación de energía eléctrica de fuentes naturales que no han sido explotadas representa una alternativa real de disponibilidad energética que puede ayudar a reducir la dependencia de las fuentes de energía fósiles. Adicionalmente, el uso de los cosechadores piezoeléctricos de energía en aplicaciones portátiles permitiría disminuir el uso de baterías de litio y en ese sentido podrían ser una posible solución para la deposición de estas al final de su vida útil. Finalmente es necesario decir que existe un alto potencial para la investigación de materiales transductores piezoeléctricos, así como para la implementación de nuevos sistemas cosechadores de energía basados en materiales piezoeléctricos que sean un complemento real de las otras energías renovables.

### 5. Referencias

- [1] Subsecretaría de Planeación y Transición Energética. Balance Nacional de Energía 2020 2021. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/707654/BALANCE\\_NACIONAL\\_ENERGIA\\_0403.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/707654/BALANCE_NACIONAL_ENERGIA_0403.pdf).
- [2] Sezer N, Koç M. A comprehensive review on the state-of-the-art of piezoelectric energy harvesting. *Nano Energy* 2021;80:105567. <https://doi.org/10.1016/J.NANOEN.2020.105567>.
- [3] Pradeesh EL, Udhayakumar S, Vasundhara MG, Kalavathi GK. A review on piezoelectric energy harvesting. *Microsyst Technol* 2022;28:1797–830. <https://doi.org/10.1007/S00542-022-05334-4/FIGURES/8>.
- [4] Liu Y, Shang S, Mo S, Wang P, Wang H. Eco-friendly Strategies for the Material and Fabrication of Wearable Sensors. *Int J Precis Eng Manuf Technol* 2020 84 2020;8:1323–46. <https://doi.org/10.1007/S40684-020-00285-5>.



## Artículo de divulgación

Hernández-Rivera y López-Ramírez, 2022

- [5] Patil DD, Subramanian KS. Additively Manufactured and Liquid Metal Sprayed Rectenna for Energy Harvesting Application. *IEEE Trans Components, Packag Manuf Technol* 2022;1–1.  
<https://doi.org/10.1109/TCPMT.2022.3228321>.
- [6] Shukla AK, Mitra S, Dhakar S, Maiti A, Sharma S, Dey KK. Electrochemical Energy Harvesting Using Microbial Active Matter. *ACS Appl Bio Mater* 2022.  
<https://doi.org/10.1021/ACSABM.2C00785>.
- [7] Prasad CR, Rao PR, Srikanth Y, Chakradhar A. Review on energy harvesting techniques for wearable devices in wireless body area networks. *AIP Conf Proc* 2022;2418:030029.  
<https://doi.org/10.1063/5.0081675>.
- [8] Xu C, Song Y, Han M, Zhang H. Portable and wearable self-powered systems based on emerging energy harvesting technology. *Microsystems Nanoeng* 2021;71:2021;7:1–14.  
<https://doi.org/10.1038/s41378-021-00248-z>.
- [9] Clementi G, Cottone F, Di Michele A, Gammaletti L, Mattarelli M, Perna G, et al. Review on Innovative Piezoelectric Materials for Mechanical Energy Harvesting. *Energies* 2022, Vol 15, Page 6227 2022;15:6227.  
<https://doi.org/10.3390/EN15176227>.
- [10] Lovinger AJ. Ferroelectric polymers. *Science* (80) 1983.  
<https://doi.org/10.1126/science.220.4602.1115>.
- [11] Gregorio R. Determination of the  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  crystalline phases of poly(vinylidene fluoride) films prepared at different conditions. *J Appl Polym Sci* 2006.  
<https://doi.org/10.1002/app.23137>.
- [12] Hernández-Rivera D, Suaste-Gómez E. Fabrication of piezoelectric PVDF/graphene membranes by electrospinning for respiratory rate and temperature sensing. *IFMBE Proc.*, 2017.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-10-4086-3\\_100](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4086-3_100).
- [13] Ruan L, Yao X, Chang Y, Zhou L, Qin G, Zhang X. Properties and applications of the  $\beta$  phase poly(vinylidene fluoride). *Polymers (Basel)* 2018. <https://doi.org/10.3390/polym10030228>.
- [14] Hernández-Rivera D, Torres-Landa SD, Rangel-Ayala M, Agarwal V. Fluorescent films based on PVDF doped with carbon dots for evaluation of UVA protection of sunscreens and fabrication of cool white LEDs. *RSC Adv* 2021.  
<https://doi.org/10.1039/d1ra04746a>.
- [15] Wang F, Zhao X, Li J. PVDF energy-harvesting devices: Film preparation, electric poling, energy-harvesting efficiency. *Annu Rep - Conf Electr Insul Dielectr Phenomena, CEIDP* 2015;2015–December:80–3.  
<https://doi.org/10.1109/CEIDP.2015.7352153>.
- [16] Park S, Kim Y, Jung H, Park JY, Lee N, Seo Y. Energy harvesting efficiency of piezoelectric polymer film with graphene and metal electrodes. *Sci Reports* 2017;71:2017;7:1–8.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-17791-3>.
- [17] Dagdeviren C, Yang BD, Su Y, Tran PL, Joe P, Anderson E, et al. Conformal piezoelectric energy harvesting and storage from motions of the heart, lung, and diaphragm. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2014;111:1927–32.  
<https://doi.org/10.1073/PNAS.1317233111/SUPPLFILE/SM04.WMV>.
- [18] Kim S, Chou PH. Energy harvesting: Energy harvesting with supercapacitor-based energy storage. *Smart Sensors Syst* 2015;215–41. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-14711-6\\_10/FIGURES/12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14711-6_10/FIGURES/12).



## Artículo de divulgación

López-Ordaz et al., 2022

Recibido: 23-11-2022

Revisado: 09-12-2022

Aceptado: 23-12-2022

Publicado: 29-12-2022

# PRODUCCIÓN DE CHILE (*Capsicum spp.*) EN MÉXICO Y SUS BENEFICIOS MEDICINALES Y ALIMENTARIOS

P. López-Ordaz<sup>1,2</sup>, G. Orozco-Palma<sup>1</sup>, C. L. Daza-Merino<sup>1</sup>, M. J. Perea-Flores<sup>3</sup>,  
H. H. Torres-Ventura<sup>4</sup> y J. Yáñez-Fernández<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Biotecnología Alimentaria. Av. Acueducto S/N Col. Barrio la Laguna, Ticomán, C.P. 07340, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>División Química Biológica, Universidad Tecnológica de Tecámac, Carretera Federal México-Pachuca Km 37.5, Col. Sierra Hermosa, C.P. 55740, Tecámac, Estado de México, México.

<sup>3</sup>Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnologías, Instituto Politécnico Nacional, Luis Enrique Erro s/n, Zacatenco, C.P. 07738, Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México.

<sup>4</sup>Escuela de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Ocozocoautla de Espinosa. C.P. 29140, Chiapas, México.

\*Correspondencia: jyanezfe.ipn@gmail.com

## Resumen

México es el segundo productor y exportador de chiles en el mundo con 9.9 % después de China. Los chiles producen compuestos alcaloides llamados capsaicinoides que son responsables del picor y es uno de los frutos que se consumen en la vida cotidiana. Contiene carotenoides, fenoles y es una buena fuente de vitaminas A, B, C, E, minerales como hierro, potasio, magnesio. Los chiles tienen funcionalidades como antioxidantes, analgésicos, antiinflamatorios, estimula el sistema inmunológico y pueden tratar enfermedades contra el cáncer, diabetes tipo II y obesidad. Este trabajo pretende recapitular la importancia del chile enfocándose principalmente en su producción, aprovechamiento total de la planta del chile y sus beneficios medicinales y alimentarios.

**Palabras clave:** Chili, productividad, antioxidante, capsaicina, obesidad.

## Abstract

Mexico is the second largest producer and exporter of chilies in the world, with 9.9% after China. Chili peppers produce alkaloid compounds called capsaicinoids that are responsible for pungency, and it is of the fruits that are consumed in daily life. In addition, it contains carotenoids and phenols; it is a good source of vitamins such as A, B, C, E and minerals such as iron, potassium, and magnesium. In addition, chili peppers have functionalities such as antioxidants, analgesics, anti-inflammatories, stimulating the immune system, and can treat



# Artículo de divulgación

López-Ordaz et al., 2022

cancer, type II diabetes, and obesity. This work aims to recapitulate the importance of chili, focusing mainly on its production, full use of the chili plant, and medicinal and food benefits.

**Keywords:** Chili, productivity, antioxidant, capsaicin, obesity.

## 1. Introducción

El chile es una planta con flores dicotiledóneas pertenece al género *Capsicum* (*C*) y a la familia *Solanaceae* (Tabla 1), tienen un valor nutricional y medicinal [1, 2]. El género *Capsicum* es originario del Continente Americano, a barca de 20 a 30 especies silvestres y cinco taxones domesticados: *C. annuum*, *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. pubescens* y *C. frutescens* [3, 4]. La aceptación de los chiles inicia 8,000 años antes de Cristo (a. de C.) que cubren una amplia variedad de tamaños, formas, colores y pungencia [3, 5, 6].

De las cinco clases domesticadas de chile, *C. baccatum* y *C. chinense* inicialmente fueron domesticados en el norte de América del Sur

mientras que es probable que *C. annuum*, *C. pubescens* y *C. frutescens* inicialmente fueron domesticados en México, su nombre común viene del náhuatl (*chilli* o *xilli, aji*) [3, 4, 8]. Las antiguas culturas como los mayas usaban para tratar el dolor de garganta, tos y asma [9]. Los mayas y aztecas combinaban pimienta-harina de maíz para formular una dieta terapéutica para curar el resfriado, esta dieta se conoce como *chillatolli*. Los indios *teeneek* (huastecos) de México trataban sus heridas infectadas, así también, trataban el hongo del pie de atleta colocándose chile triturada y mordeduras de serpiente mediante una bebida del extracto de chile verde ligeramente hervida [3, 8, 9].

**Tabla 1.** Taxonomía de Chiles [7].

Reino	Plantae
Subreino	Traqueobionta
Super división	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoidae y Cestroideae
Género	<i>Capsicum L.</i>
Especie	<i>C. annuum, C. chinense, C. baccatum, C. frutescens, C. pubescens.</i>

El SIAP [10] reportó una productividad de 3,238,244.81 toneladas de chile en México, este rendimiento representa el 20.2% de la producción de esta hortaliza a nivel nacional, con una superficie de 147 mil hectáreas; aunque, la producción ha aumentado a 1 millón de toneladas, derivado al incremento en el rendimiento promedio de 13.86 ton/ha en 2005 a 21.65 ton/ha en 2019, aumentando 7.79 ton/ha en ese periodo. Sin embargo, en el 2021, se

sembraron 149 mil 694 hectáreas y se cosecharon 3,086,742 toneladas de chile, comparando esta producción con la obtenida en el 2020 hubo una disminución del 6.4% a 7.1%. Por otra parte, la tasa media anual de crecimiento de la producción de chile en los últimos 10 años en México es favorable con el 2.9% SIAP [11]. De acuerdo a lo reportado por el SIAP [10] la agricultura protegida (casas sombra, invernaderos, macrotúneles) produce 12.3 kg/m<sup>2</sup> de mejor calidad e inocuidad



# Artículo de divulgación

López-Ordaz et al., 2022

de los frutos comparado con base en lo producido en campo abierto con un rendimiento de 1.8 kg/m<sup>2</sup>. Por lo que, la agricultura protegida ha incrementado la producción y exportación de chile en los últimos 15 años.

Los cinco estados mostrados en la tabla 2, producen la mayor parte de chiles (74.2%) aplicando agricultura protegida a nivel nacional para el año 2019, donde los estados más productivos son Zacatecas con un rendimiento de 3.98 a 53.5 ton/ha abarcando el 23.7% de la superficie cosechada. Sinaloa produce 39.2 % de chile con una superficie de 793 hectáreas en 2019

[12]. Por lo que, en México hay dos regiones productoras de casa sombra o cultivo protegido, la primera región lo conforman, los estados de Sonora y Sinaloa, con un rendimiento entre 8 y 12 kg/m<sup>2</sup>. La segunda región lo abarcan los estados de Jalisco, Guanajuato y Michoacán, obteniendo una productividad entre 24-28 kg/m<sup>2</sup> y 14 kg/m<sup>2</sup> respectivamente, empleando tecnología avanzada [13]. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo informar la producción de chile en México y su aprovechamiento en las áreas medicinal y alimentaria.

**Tabla 2.** Producción de chile mediante agricultura protegida a nivel estatal [12].

Estados	Producción (%)
Sinaloa	23.4
Chihuahua	21
Zacatecas	13.9
San Luis potosí	9.9
Sonora	5.94

## 2. Aprovechamiento de las partes del Chile

Los chiles están conformados por hojas, fruto y semillas, estas tres partes han sido utilizadas desde tiempos antiguos en la preparación de alimentos (gastronómica) y con aplicaciones en la salud.

### 2.1. Hojas de chile

Las hojas de chile son completamente comestibles. Sin embargo, algunos cultivos de la familia de solanáceas contienen toxinas en sus hojas, pero los chiles no. Las hojas son ligeramente amargas, pero no tienen tanta pungencia como los frutos [14]. Además, las hojas de chile se utilizan en diferentes platillos gastronómicos, tienen un sabor ligeramente amargo debido a la presencia de capsaicinas, este compuesto estimula el sistema inmunológico, reduce la presión arterial y ayuda a prevenir la obesidad [15-17]. Por otra parte, se demostró

que la capsaicina induce la eliminación de células cancerígenas en ratones e inclusive activa la producción de insulina nuevamente en las células pancreáticas en especial en casos de diabetes tipo II [18]. Asimismo, las capsaicinas reducen la exposición de enfermedades como son las cardiovasculares, cataratas, degeneración macular y cáncer [19]. En países asiáticos, se utiliza las hojas de chile como ingredientes, por ejemplo, en Filipinas, lo consumen en la sopa de pollo, en Corea las usan como guarniciones en consumo tradicional, en la cocina japonesa las hojas son cocinadas como verduras, preferentemente como guarnición comercial [19].

### 2.2. Frutos de chile verde

Los chiles verdes en la actualidad se usan como especias y los pimientos dulces en ensaladas de verduras. Los chiles verdes son utilizados para preparar ricos platillos, como pollo y carne de res o cerdo con chile, y salsa de chile verde realzando



# Artículo de divulgación

López-Ordaz et al., 2022

el sabor de cualquier alimento [20]. Los chiles verdes son ricos en vitamina C, fortalece la inmunidad natural a las enfermedades siendo un antioxidante, por otro lado, la vitamina A, es soluble en grasa ayuda a disminuir daños a la salud inducidos por radicales libres. Así también, la vitamina A puede coadyuvar la síntesis de glóbulos rojos liberando la esencialidad de la rodopsina permitiendo la absorción de luz en la retina de los ojos. Los chiles verdes también son ricos en vitamina E, previene el envejecimiento prematuro de la piel. Consumir chiles verdes ayuda a disminuir el riesgo de originar cánceres de próstata, pulmón y de estómago [21].

## 2.2.1. Chile rojo

El chile rojo contiene un fitoquímico conocido como capsaicina, se utiliza como especia y medicina ayuda a prevenir la obesidad, actúa como analgésicos y antiinflamatorios en animales y humanos [18, 22]. Además, la capsaicina provoca hinchazón de la mucosa gástrica y reduce la secreción de jugo gástrico [23, 24].

## 2.3. Semillas de chile

Las semillas de chile son un desperdicio en los procesos de chile en escabeche y consumo directo, su aprovechamiento de estas semillas sirve para extraer su aceite conservando su aroma a picante. El aceite de chile tiene propiedades terapéuticas, disminuye el azúcar en la sangre, acelera la circulación sanguínea, sanar heridas, acelera el crecimiento y reduce la caída del cabello. El extracto de aceite de semilla de chile tiene usos como analgésico para las articulaciones y musculares, en caso particulares como artritis y migraña [25]. Por otro lado, las oleoresinas de la semilla de chile combinada con otros aceites formulan aromas originales con propiedades únicas, es utilizada para inducir sentimientos de alegría y entusiasmo.

## 3. Aplicaciones en alimentos

La exploración funcional de los componentes bioactivos presentes en el chile puede utilizarse como preservadores en la industria alimentaria,

mejorando la calidad funcional y sensorial de los alimentos, sin embargo, en la actualidad hay pocos trabajos involucrados a la exploración y caracterización de esta planta y sus usos [26]. Por ejemplo, la aplicación de pimientos actualmente está restringido en la adición de Nuggets [27] espaguetis [28] y productos de panificación [29]. Por otro lado, en la extracción de los capsaicinoides, es necesario comentar que se obtiene una oleoresina que es utilizada en salsas, carnes procesadas, sopas, dulces y bebidas alcohólicas como colorante y aderezo natural [26, 30]. Además, las oleoresinas contienen niveles altos de ácidos grasos poliinsaturados, ácido linoleico, tocoferoles y carotenoides, que pueden ser aplicados en alimentos procesados aportando un valor nutritivo [31]. Finalmente, la adición de antioxidantes en derivados de la carne aumenta la estabilidad física, química, enzimática y microbiana [32]. Por esta razón, la funcionalidad y aplicaciones tecnológicas de los antioxidantes pueden utilizarse en la industria alimentaria como barrera [33]. Por lo tanto, podemos concluir que no hay riesgo de utilizar los compuestos bioactivos del chile en comidas étnicas exóticas como aditivo alimentario.

## 4. Conclusiones

La producción de chile en México es de alto consumo habitual en la comida, la capsaicina contribuye el sabor, aroma, picor al gusto y un alto valor nutrimental benéfico para la industria alimentaria, asimismo, proporciona efectos farmacológicos positivos en enfermedades de obesidad, anticancerígenas, artritis, rinitis, sinusitis, migraña, cardiovasculares y diabetes tipo II. Por lo tanto, el consumo habitual de chile en nuestra dieta diaria es benéfico para la salud.

## 5. Agradecimientos

Pedro López Ordaz desea agradecer a CONACyT y Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México, así como, el apoyo económico brindado por CONACyT proyecto 2542765 en la estancia posdoctoral modalidad académica 2022.



## Artículo de divulgación

López-Ordaz et al., 2022

### 6. Referencias

- [1] Knapp S, Bohs L, Nee M, Spooner DM. Solanaceae a model for linking genomics with biodiversity, *Com Func Genom.* 2004; 5(3): 285-291.
- [2] Daood, H.; Kapitány, J.; Biacs, P.; Albrecht, K. Drying temperature, endogenous antioxidants and capsaicinoids affect carotenoid stability in paprika (red pepper spice). *J. Sci. Food Agric.* 2006; 86, 2450–2457.
- [3] Mendes, N. D., & Goncalves, E. The role of bioactive components found in peppers. *Trends in Food Sci. Technol.* 2020; 99, 229–243.
- [4] KRAFT, Kraig H., et al. Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2014; vol. 111, no 17, p. 6165-6170.
- [5] Lu, J.M.; Lin, P.H.; Yao, Q.; Chen, C. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: Experimental approaches and model systems. *J. Cell. Mol. Med.*, 2010; 14, 840–860.
- [6] Hernandez-Perez, T., Gomez-Garcia, M. del R., Valverde, M. E., & Paredes-Lopez, O. *Capsicum annuum* (hot pepper): An ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2020; 19(6), 2972–2993. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12634>
- [7] Pundir, R., Rani, R., Tyagi, S., & Pundir, P. Advance review on nutritional phytochemical, pharmacological and antimicrobial properties of chili. *Int. J. Ayur. Pharma Research* 2016.
- [8] Aguilar-Meléndez, A., Morrell, P. L., Roose, M. L., & Kim, S. C.). Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*; Solanaceae from Mexico. *Am. J. Bot.* 2009; 96(6), 1190-1202.
- [9] Powis, T. G., Gallaga Murrieta, E., Lesure, R., Lopez Bravo, R., Grivetti, L., Kucera, H., & Gaikwad, N. W. Prehispanic use of chili peppers in Chiapas, Mexico. *PLoS One*, 2013; 8(11), e79013
- [10] SIAP. Producción anual agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2020.
- [11] SIAP. Panorama Agroalimentario. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2022; 62-63.
- [12] INTAGRI. Cultivo de Chile en México. Serie Hortalizas, Núm. 21. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 2020; 6 p.
- [13] Zarate, C. A. Estrategias en el Cultivo de Pimiento. Sesión del 5º Diplomado Internacional en Horticultura Protegida. Intagri-UAL. Gto., México. 2015.
- [14] Pawar SS, Bharude NV, Sonone SS, Deshmukh RS, Raut AK, Umarkar AR. Chillies as food, spice and medicine: A Perspective. *Int J Pharm Biol Sci.* 2011; 1(3): 311-318.
- [15] Shimoda K, Nishida K, Hamada H. Enzymatic synthesis and antiobese properties of  $\beta$ -maltooligosaccharides of capsaicin and 8-nordihydrocapsaicin. *Biochem. Insights.* 2009; 67: 2256-2261.
- [16] Dubey KG. The Indian cuisine. PHI Learning Pvt. Ltd., Delhi. 2010.
- [17] Sarkar P, Kumar DHL, Dhumal C, Panigrahi SS, Choudhary R. Traditional and ayurvedic foods of Indian origin. *J. Ethn. Food.* 2015; 2: 97-109.
- [18] Kwon DY, Kim YS, Ryu SY, Cha MR, Yon GH, Yang HJ, Kim MJ, Kang S, Park S. Capsiate improves glucose metabolism by improving insulin sensitivity better than capsaicin in diabetic rats. *J. Nutr. Biochem.* 2013; 24 (6): 1078-1085.
- [19] Chakrabarty, S., Islam, A. M., & Islam, A. A. Nutritional benefits and pharmaceutical



## Artículo de divulgación

López-Ordaz et al., 2022

potentialities of chili: A review. *Fundam and Appl. Agri.* 2017; 2(2), 227-232.

[20] Takeda J, Silva SD, Muthuraman P, Rahman SM, Kawet L. Spices in Sri Lanka, India and Bangladesh with special reference to the usages and consumptions. *Bull Fac. Agr, Saga Univ.* 2008; 93: 1-25.

[21] Díaz-Laviada I. Effect of capsaicin on prostate cancer cells, *Future Oncol.* 2010; 6(10): 1545-1550.

[22] Yang, D., Luo, Z., Ma, S., Wong, W. T., Ma, L., Zhong, J., ... & Zhu, Z. Activation of TRPV1 by dietary capsaicin improves endothelium-dependent vasorelaxation and prevents hypertension. *Cell Metab.* 2010; 12(2), 130-141.

[23] Lopez-Carrillo, L., Camargo, M. C., Schneider, B. G., Sicinschi, L. A., Hernandez- Ramirez, R. U., Correa, P., & Cebrian, M. E. Capsaicin consumption, *Helicobacter pylori* CagA status and IL1B-31C > T genotypes: A host and environment interaction in gastric cancer. *Food Chem. Toxicol.* 2012; 50(6), 2118-2122. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.02.043>

[24] Xiang, Q., Guo, W., Tang, X., Cui, S., Zhang, F., Liu, X., ... & Chen, W. Capsaicin the spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms. *Trends Food Sci Technol.* 2021; 116, 755-765.

[25] Jarret, R. L., Bolton, J., & Perkins, L. B. Capsicum annuum pepper germplasm containing high concentrations of capsinoids. *HortScience.* 2014; 49(1), 107-108.

[26] Baenas, N., Belovic, M., Ilic, N., Moreno, D. A., & Garcia-viguera, C. Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. *Food Chem.* 2019; 872-885. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.047>.

[27] Mendiratta, S. K., Shinde, A. T., & Mane, B. G. Effect of added vegetable (carrot, radish and

capsicum) as functional ingredients in mutton nuggets. *J. Meat Sci. Technol.* 2013; 1(2), 71-76.

[28] Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Cozzolino, F., & Alessandro Del Nobile, M. Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour. *J. Cereal Sci.* 2013; 57, 333-342. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.959897>.

[29] Danza, A., Mastromatteo, M., Cozzolino, F., Lecce, L., Lampignano, V., Laverse, J., et al.. Processing and characterization of durum wheat bread enriched with antioxidant from yellow pepper flour. *LWT-Food Sci.Technol.* 2014; 59(1), 479-485. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.001>.

[30] Tellez-Perez, C., Sobolik, V., Montejano-Gaitan, J. G., Abdulla, G., & Allaf, K. Impact of swell-drying process on water activity and drying kinetics of Moroccan pepper (*Capsicum annum*). *Dry. Technol.* 2015; 33(2), 131-142. <https://doi.org/10.1080/07373937.2014.936556>.

[31] Koncsek, A., Helyes, L., & Daood, H. G. Bioactive compounds of cold pressed spice paprika seeds oils. *J. Food Process Preserv.* 2017;1-9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13403>.

[32] Zehiroglu, C., Beyza, S., & Sarikaya, O. The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. *J.Food Sci. & Technol.* 2019; 56(11), 4757-4774. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03952-x>.

[33] De Sa Mendes, N., Santos, M. C., Santos, M. C., Cameron, L. C., Ferreira, M. S., & Goncalves, E. C. Characterization of pepper (*Capsicum baccatum*) – a potential functional ingredient. *LWT- Food Sci.Technol.* 2019; 108209. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.107>.



## Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022

Recibido: 01-12-2022

Revisado: 08-12-2022

Aceptado: 09-01-2023

Publicado: 11-01-2023

# EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIEPILEPTICA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS DE LOS EXTRACTOS CETÓNICOS CRUDOS DE *Mentha piperita* Y *Mentha pulegium*

## EVALUATION OF THE ANTI EPILEPTIC ACTIVITY OF SECONDARY METABOLITES OF CRUDE KETONE EXTRACTS OF *Mentha piperita* AND *Mentha pulegium*

M. I. Jiménez-Zuñiga<sup>1,2</sup>, E. López-Duran<sup>1</sup>, Y. Gómez-Gómez<sup>3</sup>, E. A. Villeda-Gutierrez<sup>1,2</sup> y A. J. Hurtado-Mariles<sup>1,3,\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Tecámac, División Químico Biológicas, 55740, México.

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de México, Campus Ecatepec, Facultad de Ciencias de la Salud, 55107, México

<sup>3</sup>Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Departamento de Bioprocessos, 07340, México.

\*Correspondencia: ahurtadom@ipn.mx

### Resumen

La epilepsia se define como un trastorno cerebral caracterizado por la ocurrencia periódica e impredecible de convulsiones, originadas por descargas eléctricas excesivas en un grupo de neuronas en diferentes partes del cerebro; pueden ir desde episodios breves de ausencia o de contracciones musculares que provocan convulsiones prolongadas. Su farmacología emplea anticonvulsivos como carbamazepina, ácido valproico, benzodiacepina y gabapentina; cuyo mecanismo es bloquear los canales de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ ; mejorando la función del sistema GABA. El uso de plantas medicinales en México es común, el desarrollo de tratamientos con bioactivos extraídos de estas, reduce efectos secundarios y en ocasiones mejora el tratamiento. El género *Mentha* presenta efectos relajantes, por lo que se planteó determinar si *Mentha piperita* y *Mentha pulegium* poseen actividad anticonvulsiva empleando un modelo *in vivo*; previamente se realizó un análisis fitoquímico y de actividad antioxidante a partir de los extractos cetónicos crudos que se obtuvieron por sonicación. La prueba *in vivo*, empleó ratones macho *Mus musculus* CD-1, 25-35 g de peso (5 grupos, n=5); con el esquema de administración oral: G1 pentilentetrazol PTZ (70 mg/kg), G2 clonazepam (1 mg/kg); G3 carbamazepina (100 mg/kg); G4 extracto *M. pulegium* (200 m/kg) y G5 extracto *M. piperita* (200 mg/kg); todos *ad libitum* de



# Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022

agua y alimento, ciclos de luz/oscuridad invertido (12/12 h, 20-22 °C). *M. piperita* presentó taninos y *M. pulegium* presentó flavonoides; su porcentaje de inhibición del radical ABTS fue de 90 y 70% respectivamente, y ambas presentaron diferencia significativa en comparación con el clonazepam y la carbamazepina (ANOVA de una vía,  $p<0.05$ ); concluyendo que ambas, poseen efecto antioxidante y reducen las convulsiones inducidas con PTZ en ratones.

**Palabras clave:** antioxidantes, epilepsia, menta.

## Abstract

Epilepsy is defined as a brain disorder characterized by the periodic and unpredictable occurrence of seizures, caused by excessive electric shocks in a group of neurons in different parts of the brain; they can range from brief episodes of absence or from muscle contractions that cause prolonged seizures. Its pharmacology uses anticonvulsants such as carbamazepine, valproic acid, benzodiazepine and gabapentin, whose mechanism is to block the channels of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  improving the function of the GABA system. The use of medicinal plants in Mexico is common, the development of treatments with bioactives extracted from these ones, it reduces side effects and sometimes improves treatment. The genus *Mentha* has relaxing effects, so it was considered to determine if *Mentha piperita* and *Mentha pulegium* possess anticonvulsant activity using an *in vivo* model; a phytochemical and antioxidant activity analysis was previously performed from the raw ketonic extracts obtained by sonication. The *in vivo* test used male mice *Mus musculus* CD-1, 25-35 g weight (5 groups,  $n=5$ ); with the oral administration scheme: G1 pentylenetetrazole PTZ (70 mg/kg), G2 clonazepam (1 mg/kg); G3 carbamazepine (100 mg/kg); G4 extract *M. pulegium* (200 m/kg) and G5 extract *M. piperita* (200 mg/kg); all *ad libitum* of water and food, cycles of light/darkness reversed (12/12 h, 20-22 °C). *M. piperita* presented tannins and *M. pulegium* presented flavonoids; its percentage of inhibition of the ABTS radical was 90% and 70% respectively, and both showed significant difference compared to clonazepam and carbamazepine (one-way ANOVA,  $p<0.05$ ); concluding that both they have antioxidant effect and reduce seizures induced with PTZ in mice.

**Keywords:** antioxidant, epilepsy, mint.

## 1. Introducción

La epilepsia es una enfermedad considerada crónica, que se caracteriza por la presencia de convulsiones no provocadas en el cuerpo. La Liga Internacional Contra la Epilepsia por sus siglas en inglés (ILAE) definió a la epilepsia como una enfermedad basada bajo las siguientes condiciones: la presencia de mínimo dos convulsiones no provocadas o provocada que llegan a ocurrir en un tiempo de 24 horas, la probabilidad de que ocurran nuevas convulsiones similares en un lapso de diez años posteriores a la

primera convulsión, y el diagnóstico del síndrome de epilepsia [1]. Las convulsiones se pueden originar debido a descargas eléctricas excesivas de un grupo de células cerebrales que pueden producirse en diferentes partes del cerebro, estas pueden ir desde episodios breves de ausencia o de contracciones musculares hasta provocar convulsiones prolongadas y graves [1].

De acuerdo con la organización mundial de la salud (OMS); define a la epilepsia como un trastorno que padecen alrededor de 50 millones



## Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022

de personas en todo el mundo [2]. Las convulsiones; síntoma principal de esta, son episodios breves de movimientos involuntarios que pueden afectar a una parte del cuerpo (convulsiones parciales) o en su totalidad (convulsiones generalizadas) y que pueden ir acompañadas de la pérdida de conciencia y el control de los esfínteres. Dado al conjunto de aspectos que se consideran para su clasificación, algunos ajustes del Informe de la Comisión de Clasificación y Terminología de la ILAE, 2005-2009. La clasificación de las convulsiones adquiere relevancia para el proceso de diagnóstico y tratamiento.

La epilepsia se controla mediante fármacos alópatas, en específico los anticonvulsivos, de los cuales existen para cada etapa de la epilepsia. El tratamiento con anticonvulsivos inicia generalmente con carbamazepina, ácido valproico, valproato semisódico, fenitoína, fenobarbital y algunos fármacos de reciente uso, gabapentina, oxacarbazepina, lamotrigina y topiramato. El mecanismo de acción de los fármacos antiepilepticos puede llegar a bloquear los canales de sodio y de esta forma mejorar la función del sistema GABA. Junto con los canales de sodio dependientes del voltaje y los componentes del sistema GABA, se incluye también los receptores GABA<sub>A</sub>, el transportador 1 GABA y la transaminasa GABA [3].

En la actualidad se han utilizado plantas medicinales para el tratamiento de enfermedades neurológicas como el Alzheimer, isquemia cerebral, depresión, ansiedad, epilepsia y otras enfermedades degenerativas. El interés por la medicina tradicional ha dado resultado al desarrollo de nuevos tratamientos usando extractos de plantas, aceites esenciales y componentes bioactivos que permitan controlar estas enfermedades, se ha estudiado el mecanismo de acción, los métodos y las dosis en las que puede tener un efecto terapéutico, sobre todo el uso de plantas medicinales reportadas con propiedades anticonvulsivas [3].

De acuerdo con Cruz-Álvarez *et al.* [4], *Mentha piperita* es una planta que tiene propiedades farmacológicas en el tratamiento de enfermedades respiratorias, estomacales y de hígado. Por otro lado, se ha ocupado el aceite de esta planta con propiedades antisépticas, antiespasmódicas y los compuestos fenólicos que aportan una actividad antioxidante puede ayudar a proteger de enfermedades cardiovasculares, degenerativas y neurológicas. La *Mentha pulegium* es una planta de la especie de las *Menthas* que tiene propiedades farmacológicas como de uso digestivo, antiséptico, estomacal y espasmolítico. Las hojas de esta planta se han utilizado principalmente para calmar dolores de hígado, mareos y bronquitis, también se ha utilizado en enfermedades relacionadas con el sistema nervioso central en específico como anticonvulsivo [5].

Los metabolitos secundarios cuantificados y la actividad antioxidante presentes en los extractos cetónicos de *Mentha piperita* y *Mentha pulegium* tienen actividad anticonvulsiva, la cual se evaluó en el siguiente trabajo a través de un modelo *in vivo* inducido con pentilentetrazol (PTZ).

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Material biológico

Las plantas de *Mentha pulegium* y *Mentha piperita* se adquirieron en el Mercado de Sonora de plantas medicinales en la Ciudad de México. Se seleccionaron las hojas y tallos tomando en cuenta que no se encontraran dañadas y libres de algún contaminante, así como de daños físicos y/o químicos. Las hojas y tallos se secaron en un horno convencional durante 3 días a 40 °C, [6] debido a que los alimentos de origen vegetal son reconocidos por su notable contenido en compuestos bioactivos (metabolitos secundarios), por lo que la temperatura para su proceso de obtención y secado oscila entre los 40-65 °C [6], posteriormente fueron trituradas para comenzar el proceso de extracción de metabolitos secundarios por un proceso sólido-líquido.



# Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022

## 2.2. Extracción de metabolitos secundarios

Para el proceso de extracción se utilizaron 10 g de la planta triturada, se colocaron en un envase de vidrio con 200 mL de acetona, el proceso de extracción se realizó por medio de un sonicador a 50 KHz de frecuencia durante 15 min, se realizaron 2 lavados con 200 mL de acetona para arrastrar la mayor cantidad de metabolitos secundarios. Posteriormente se colocó en un rotavapor para concentrar el extracto crudo a 60 °C [6], los extractos fueron filtrados y se guardaron en frascos de vidrio hasta su uso para las pruebas cualitativas, cuantitativas y la actividad *in vivo*.

## 2.3. Pruebas cualitativas (determinación fitoquímica)

Las pruebas cualitativas se determinaron de acuerdo con Jiménez Zúñiga *et al* [7].

### 2.3.1. Determinación de fenoles

Para la determinación de fenoles se colocaron 100 µL del extracto y se colocaron en 5 tubos de ensaye; se añadieron 50 µL de agua destilada con la que se logró el color amarillo en el extracto, los tubos se consideraron de la siguiente forma: el 1º tubo fue testigo, el 2º tubo se adicionó 1 gota de cloruro férrico, 3º tubo se adicionó 2 gotas de cloruro férrico, 4º tubo se adicionó 3 gotas de cloruro férrico y en el 5º tubo se adicionó 4 gotas de cloruro férrico, la prueba se determinó de la siguiente manera: Ninguna reacción (no cambia de color), no hay presencia de fenoles o taninos. Cambio de color azul oscuro, fenoles o taninos pirogálicos (hidrosolubles). Cambio de color a verde oscuro, fenoles o taninos de tipo catecol (flavonoides o taninos concentrados) Jiménez Zúñiga *et al* [7].

### 2.3.2. Determinación de flavonoides

Se disolvió 0.5 mL del extracto en 2 mL de etanol absoluto y se dividió en 3 tubos:

El tubo 1 fue el testigo. El tubo 2 fue para la Reacción de Shinoda, se agregaron 2 gotas de ácido clorhídrico concentrado (la presencia de color rojizo presencia de auronas o chalconas). Si hay cambio de coloración, colocar 10 pequeños

trozos de magnesio metálico (cambiaría de color de naranja a rojo presencia de flavonas y si es magenta presencia de flavononas). El tubo 3 fue para la Reacción de hidróxido de sodio al 10%, se adicionaron 3 gotas de hidróxido de sodio (la presencia de coloración amarilla a rojo indica la presencia de xantonas y flavonas, café a naranja de flavonoides; de púrpura a rojizo de chalconas y azul de antocianinas) Jiménez Zúñiga *et al* [7].

## 2.3.3. Determinación de taninos

A 1 mL de extracto se adicionó 2 mL de agua destilada y 3 gotas de cloruro de sodio al 2%. Se calentó a ebullición durante 1 minuto, el extracto se enfrió y se filtró, el líquido filtrado se dividió en 4 tubos: El tubo 1 fue el testigo. El tubo 2 fue para la reacción con gelatina, se adicionó 2 gotas de reactivo de gelatina (si hay presencia de un precipitado blanco indica presencia de taninos). El tubo 3 fue para la reacción de cloruro férrico, se adicionó una gota de cloruro férrico al 1% (si hay la presencia o formación de coloración azul o negro indica presencia de derivados del ácido gálico y verdes de derivados del catecol). El tubo 4 se agregó 1 gota de ferrocianuro de potasio al 1% (si hay presencia de coloración azul, presencia de componente fenólicos) Jiménez Zúñiga *et al* [7].

## 2.4. Pruebas cuantitativas (cuantificación de metabolitos secundarios)

### 2.4.1. Cuantificación de fenoles totales

La cuantificación de fenoles totales se realizó de acuerdo con el método descrito por Singleton & Rossi [8]. En tubos de ensaye se adicionaron 100 µL de la muestra, 100 µL de agua destilada, 1000 µL del reactivo Folin-Ciocalteau 1N y 800 µL de carbonato de sodio al 7.5%, los tubos se agitaron en un Vortex y se dejaron reposar durante 30 minutos en la oscuridad, después se leyeron a 760 nm en un espectrofotómetro y se interpolan los valores en la curva tipo de ácido gálico expresándose los resultados en concentración de fenoles totales [mg eq. de ácido gálico/ 1 g de muestra].



# Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022

## 2.4.2. Cuantificación de flavonoides totales

La cuantificación de flavonoides totales se realizó por el método descrito por Chang *et al.*, [9]. En tubos de ensaye se adicionaron 500  $\mu\text{L}$  de la muestra, 1500  $\mu\text{L}$  de etanol 96 %, 100  $\mu\text{L}$  de cloruro de aluminio al 10%, 100  $\mu\text{L}$  de acetato de potasio 1M y 2800  $\mu\text{L}$  de agua destilada, los tubos se agitaron en un vortex y se dejaron reposar durante 30 minutos, después se leyeron a 415 nm en un espectrofotómetro y se interpolan los valores en la curva tipo de quercetina expresándose los resultados en concentración de flavonoides totales [ $\mu\text{g eq. de quercetina/1 g de muestra}$ ].

## 2.4.3. Cuantificación de taninos totales

La cuantificación de taninos totales se realizó por el método de Folin-Ciocalteau descrito por Makkar *et al.*, [10]. En tubos de ensaye se adicionaron 100  $\mu\text{L}$  de la muestra, 250  $\mu\text{L}$  del reactivo Folin-Ciocalteau 1N y 1250  $\mu\text{L}$  de carbonato de sodio al 20%, los tubos se agitaron en un vortex y se dejaron reposar durante 40 minutos, después se leyeron a 725 nm en un espectrofotómetro y se interpolan los valores en la curva tipo de ácido tánico expresándose los resultados en concentración de taninos [mg eq. de ácido tánico/ 1 g de muestra].

## 2.4.4. Cuantificación de la capacidad antioxidante por el método 2,2-Azinobis-3-Etilbenzotiazolin-6-Ácido Sulfónico

La cuantificación de la capacidad antioxidante se realizó por el método de 2,2-Azinobis-3-Etilbenzotiazolin-6-Ácido Sulfónico ABTS descrita por Re *et al.*, [11]. El radical ABTS se preparó tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2.45 mM) fueron incubados a temperatura ambiente ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ) y en oscuridad durante 16 horas. Una vez formado el radical ABTS se tomó 1 mL y se diluyó con etanol al 96 % hasta obtener un valor de absorbancia comprendido entre 0.70 ( $\pm 0.01$ ) a 734 nm en un espectrofotómetro. Todo el proceso ocurrió en total oscuridad.

Para la curva tipo, cada tubo se agitó con un vortex, se leyó a una absorbancia de 734 nm en

un espectrofotómetro, el blanco fue etanol. Se adicionaron en tubos de ensaye 40  $\mu\text{L}$  de los extractos y 1960  $\mu\text{L}$  del radical ABTS, los tubos se agitaron en un vortex y se leyeron a 734 nm en un espectrofotómetro, se interpolan los valores en la curva tipo de trolox expresando los resultados como % de inhibición.

## 2.5. Inducción de convulsiones modelo con pentilentetrazol

Para la prueba *in vivo* inducción de convulsiones con el pentilentetrazol (PTZ) se utilizaron ratones macho *Mus musculus* de la cepa CD-1 de  $29 \pm 5.4$  g de peso. Los ratones se dividieron en grupos de n=5 para formar 5 lotes, el primer grupo se formó con clonazepam 1 mg/kg [12], el segundo grupo con carbamazepina 100 mg/kg [13], el tercer grupo fue el extracto cetónico de *Mentha pulegium* 200 mg/kg, el cuarto grupo fue de *Mentha piperita* 200 mg/kg, dicha dosis se determinó a través de la dosis letal 50, demostrando que no hay muerte superando el gramo administrado y el quinto grupo se administró con solución salina, cada grupo con libre acceso al agua y alimento, manteniendo un ciclo de luz/oscuridad invertida de 12 h/12 h a una temperatura de entre 20-22 °C [14].

## 2.6. Tratamientos

Los extractos fueron secados a 45 °C durante 5 días hasta eliminar la mayor cantidad de acetona y agua, una vez realizado este proceso se pesó la cantidad para llegar a la concentración de 200 mg/kg de peso de ratón para ambos extractos, posteriormente se disolvieron en solución salina. Los fármacos se pesaron para llegar a una concentración de 1 mg/kg de peso de ratón para el clonazepam y 100 mg/kg de peso de ratón para la carbamazepina, todos los fármacos se disolvieron en solución salina [15].

El PTZ se preparó a una concentración de 70 mg/kg y se disolvió en solución salina, posterior a ello se administró a cada lote vía intraperitoneal (i.p.). Una vez administrado el PTZ se comenzó a observar las convulsiones de cada ratón por un periodo de 30 min, los resultados se interpretan basándose en la escala de Racine.



# Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022

La administración de los extractos y fármacos se realizó por vía oral, 1 hora antes de administrar el PTZ. El uso y cuidado de los animales se llevó a cabo siguiendo los lineamientos establecidos en la NOM-062-ZOO-1999 [16] que establece las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.

## 2.7. Análisis de datos

Se utilizó el programa Prism-GraphPad versión 5.0 para analizar los resultados de los experimentos presentados mediante un análisis de varianza ANOVA de una vía tomando en

cuenta la desviación estándar y realizando una prueba de DUNNETT, la diferencia significativa de los tratamientos con respecto al control ( $p<0.05$ ) está indicado encima de las barras en la gráfica.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Pruebas cualitativas (determinación fitoquímica)

El extracto cetónico presentó los siguientes metabolitos secundarios después de haber realizado el tamiz fitoquímico, la presencia de metabolitos secundarios se observa en la tabla 1.

**Tabla 1.** Tamiz fitoquímico e identificación de los metabolitos secundarios encontrados en los extractos.

Metabolito secundario	Reacción	Extracto	
		<i>Mentha piperita</i>	<i>Mentha pulegium</i>
Flavonoides	Reacción de Shinoda	ND	+
	Reacción de NaOH 10%	ND	+
Taninos	Reacción con gelatina	+	+
	Reacción de cloruro férrico	+	-

Nota: la siguiente simbología hace denotación a la presencia de los metabolitos secundarios (+) presencia, (+/-) poca presencia, (-) no hay presencia, ND no se detectó.

### 3.2. Pruebas cuantitativas (cuantificación de metabolitos secundarios)

Los extractos cetónicos de *Mentha piperita* y *Mentha pulegium* presentaron concentraciones que van de 0.166 mg equivalentes de ácido tánico, hasta 0.556 mg equivalente de quercetina, esto por mencionar a los metabolitos secundarios de *Mentha pulegium*, esta técnica se determinó por medio de un espectrofotómetro e interpolando los datos en la curva tipo para localizar la concentración de flavonoides y taninos como se observa en la tabla 2.

### 3.4. Cuantificación de la capacidad antioxidante por el método ABTS

El extracto cetónico de *Mentha piperita* presentó mayor porcentaje de inhibición del radical ABTS, esto se debe a que los metabolitos secundarios de la *Mentha piperita* pudo atrapar mayor cantidad de radicales libres, dando una neuroprotección, presentando un valor superior al 90%, mientras que el extracto cetónico de *Mentha pulegium* presentó una inhibición alrededor del 70%. Los miligramos equivalentes de trolox calculados de los extractos se muestran en la tabla 3.



## Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022

**Tabla 2.** Resultados de la cuantificación de flavonoides y taninos.

Metabolito secundario	Reacción	Extracto	
		<i>Mentha piperita</i>	<i>Mentha pulegium</i>
Flavonoides	$C_{FLAVONOIDEOS}$ mg eq. de quercetina/g de muestra*	0.000	$0.556 \pm 0.001$
Taninos	$C_{TANINOS}$ mg eq. de ácido tánico/g de muestra*	$0.377 \pm 0.0005$	$0.166 \pm 0.0003$

\*Los valores indican la media ± DS de una n=2 por triplicado en cada muestra.

**Tabla 3.** Resultados de la cuantificación de la actividad antioxidante por el método ABTS.

Extracto	% inhibición	Actividad antioxidante ( $\mu\text{mol ET/mg ext}$ )
<i>Mentha piperita</i>	$95.676 \pm 0.082$	$0.046 \pm 0.000045$
<i>Mentha pulegium</i>	$71.781 \pm 0.285$	$0.033 \pm 0.00015$

\*Los valores indican la media ± DS de una n=2 por triplicado en cada grupo, los valores presentados en esta tabla fueron medidos al instante de preparar la reacción.

### 3.5. Inducción de convulsiones modelo con pentilentetrazol (PTZ)

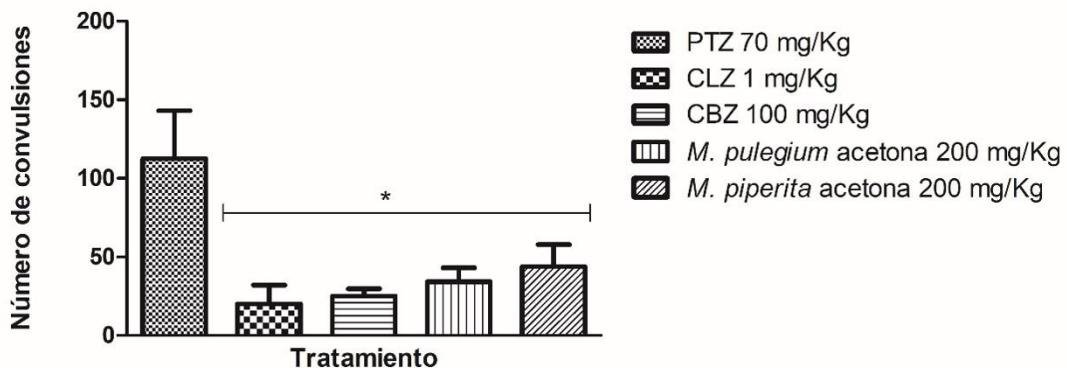
En relación con el análisis de la actividad anticonvulsiva de los extractos, se observó que los extractos de *Mentha piperita* y *Mentha pulegium* no presentaron diferencia significativa en comparación con el clonazepam y la carbamazepina, por lo que tienen el mismo comportamiento en la reducción de las convulsiones en los ratones. Contrario a lo que se observa si hay diferencia significativa con el PTZ, por lo que los extractos disminuyeron en número de convulsiones en los ratones, como se observa en la figura 1 y 2, resaltando que la comparación se realizó con control negativo (el pentilentetrazol) mostrando así un asterisco donde existe una diferencia significativa, al analizar cada uno de los datos de todos los tratamientos, en el caso de la figura 1 se muestra que todos tuvieron una diferencia significativa en comparación con el PTZ, esto da un indicio de que tuvo la neuroprotección adecuada tras la inducción de las convulsiones.

La presente investigación muestra que los extractos cetónicos de *Mentha piperita* y *Mentha pulegium* poseen flavonoides y taninos, así como la cuantificación de ambos metabolitos secundarios. De acuerdo con Shakeel *et al.*, [17] determinaron que el aceite esencial de *M. pulegium* y *M. piperita* contienen componentes como mentol, pulegona, mentona y mentol. Por otro lado, McKay & Blumberg [18], determinaron que los aceites esenciales de *M. piperita* pueden contener flavonoides, fenoles y algunos componentes bioactivos. De acuerdo con estudios realizados para *M. piperita*, esta cuenta con flavanonas dentro de las que se incluyen a la hesperidina y naringenina, misma que puede suprimir el inicio y duración de las convulsiones provocadas en modelos *in vivo*, además de que naringenina puede utilizarse como tratamiento restaurando el estado antioxidante del cuerpo que se observó en ratones epilépticos, específicamente en la zona del hipocampo [19], lo que nos indica que los flavonoides, fenoles tienen capacidad de proteger contra la epilepsia con la ayuda de metabolitos secundarios presentes en esta familia de planta.

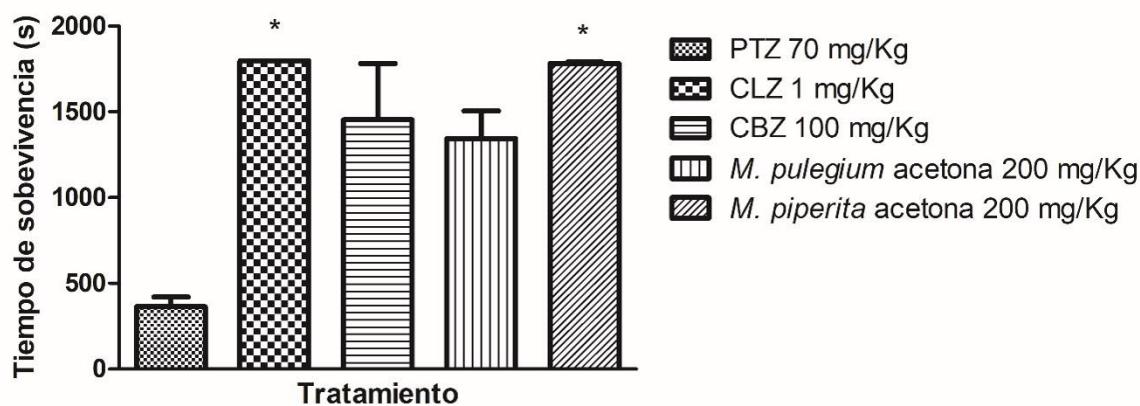


## Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022



**Figura 1.** Número de convulsiones de los extractos cetónicos de *Mentha piperita* y *Mentha pulegium* a dosis de 200 mg/kg, clonazepam 1 mg/kg, carbamazepina 100 mg/kg y pentilentetrazol a 70 mg/kg, los valores indican la media ± DS con n=5 en cada grupo con una p<0.05\* en comparación con PTZ, ANOVA de una vía DUNNETT.



**Figura 2.** Tiempo de supervivencia de los extractos cetónicos de *Mentha piperita* y *Mentha pulegium* a dosis de 200 mg/kg, clonazepam 1 mg/kg, carbamazepina 100 mg/kg y pentilentetrazol a 70 mg/kg, los valores indican la media ± DS con una n=5 en cada grupo con una p<0.05\* en comparación con PTZ, ANOVA de una vía DUNNETT.

En el estudio realizado por McKay & Blumberg [20], el contenido de polifenoles totales en las hojas de *M. piperita* es de entre 19-23 % aproximadamente, de los cuales el 12% corresponde a flavonoides, del 59-67% eriotrina y ácido rosmarínico, del 6-10% hesperidina y en cantidades pequeñas apigenina, pebrellina y

gardenina B. en los resultados obtenidos de la cuantificación de flavonoides el extracto de *M. pulegium* presentó  $0.556 \pm 0.001$ , esta cuantificación se realizó comparando la cantidad obtenida por equivalentes de quercetina por cada gramo de muestra.



## Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022

Los resultados de la actividad antioxidante por el radical ABTS demostraron que el porcentaje fue de 95.67 y 71.78 % para el extracto de *M. piperita* y *M. pulegium* respectivamente. De acuerdo con estudios realizados por Kumar & Mishra [21], se ha reportado que los extractos de *Menta piperita* han presentado un 50% de actividad antioxidante determinado por el método del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), cuantificando una concentración inhibitoria máxima (IC<sub>50</sub>) de 2.53 ug/mL, donde inhibieron la generación de radicales OH hasta del 24%. Los ensayos de DPPH y ABTS son métodos espectrofotométricos y ensayos de transferencia de electrones, generalmente este tipo de ensayos se realizan para muestras que contengan fenoles y flavonoides para determinar la capacidad antioxidante de las muestras en alimentos o muestras biológicas.

Kumar & Mishra [21], ha reportado que la hesperidina es un flavonoide que cuenta con actividad antioxidante y propiedades neuroprotectoras, antiinflamatorias y analgésicas, antibacterianas, antifúngicas y antivirales. Se ha informado que algunos flavonoides naturales poseen una afinidad selectiva al sitio de unión central de las benzodiazepinas en los receptores GABA<sub>A</sub>, los derivados de flavonas que son sintetizados con grupos electronegativos tienen una afinidad por el sitio de unión de las benzodiazepinas. Los resultados obtenidos de la actividad anticonvulsiva de los extractos cetónicos de *M. piperita* y *pulegium* mostraron una reducción en el tiempo de supervivencia en la prueba de inducción de convulsiones con PTZ, se observa que no existe diferencia significativa entre los extractos y los fármacos probados, por lo contrario existe diferencia significativa en el tiempo de convulsiones con el tratamiento con PTZ, donde se puede observar que los extractos reducen el tiempo y aumentan el tiempo de sobrevida de los ratones expuestos a PTZ. En el tiempo de sobrevida se observa que los animales tratados con PTZ no muestran diferencia significativa respecto al resto de los tratamientos probados, por lo contrario, los extractos muestran diferencia significativa con los

fármacos anticonvulsivos probados en dicho estudio.

De acuerdo con Shakeel *et al.*, [19], el aceite esencial de *M. piperita* mejoró los resultados sin ningún tipo de convulsión, ya que el porcentaje de supervivencia fue del 100 %, este grupo experimental no presentó ninguna convulsión después de la administración de PTZ. Por otro lado, el aceite esencial de *M. pulegium* arrojó un 86 % de supervivencia con un tiempo de latencia de 119±20 segundos de latencia en el tiempo de las convulsiones provocadas por el PTZ. De acuerdo con los resultados obtenidos el extracto de *M. piperita* presentó el 100 % de supervivencia con un tiempo de latencia de 1781.8±20 segundos, mientras que el extracto de *M. pulegium* presentó un 100 % de supervivencia con un tiempo de latencia de 1343.52±362.44 segundos.

### 4. Conclusión

Los extractos cetónicos de *M. piperita* y *M. pulegium* con una dosis de 200 mg/kg redujeron el número de convulsiones y mantuvieron el porcentaje de supervivencia en comparación con el pentilentetrazol, comportándose con el mismo efecto que los fármacos clonazepam y carbamazepina probados en el modelo de convulsiones con pentilentetrazol. Los flavonoides y antioxidantes podrían ser los metabolitos secundarios responsables de la actividad anticonvulsiva y neuroprotectora al momento de inducir las convulsiones

### 5. Agradecimientos

Al laboratorio de Farmacología del Departamento de Bioprocesos de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, por las facilidades prestadas para realizar los experimentos.

### 6. Referencias

- [1] Beghi, E., Giussani, G., Sander, J. W. The natural history and prognosis of epilepsy. Epileptic Disorders. 2015; 17(3): 243-253



## Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022

[2] Organización Mundial de la salud [Internet]. [consultado 01 ene 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy>

[3] Rabiei, Z. Anticonvulsant effects of medicinal plants with emphasis on mechanisms of action. Asian Pac J Trop Biomed. 2017; 7(2): 166-172

[4] Cruz-Álvarez, O., Martínez-Damián, M. T., Colinas-León, M. T. B., Rodríguez-Pérez, J. E., Ramírez-Ramírez, S. P. Cambios de calidad en poscosecha de menta (*Mentha x piperita* L.) almacenada en refrigeración. Rev. Chapingo Ser Hortic. 2013; 19(3): 287-299.

[5] Brahmi, F., Dahmoune, F., Kadri, N., Chibane, M., Dairi, S., Remini, H., Madani, K. Antioxidant capacity and phenolic content of two Algerian *Mentha* species *M. rotundifolia* (L.) Huds, *M. pulegium* L., extracted with different solvents. J Complement. Integr. Med. 2017; 14(4).

[6] Reis, F. R., de Moraes, A. C. S., Masson, M. L. Impact of foam-mat drying on plant-based foods bioactive compounds: A review. Plant Foods Hum. Nutr. 2021; 76(2), 153-160.

[7] Jiménez Zúñiga MI, Hurtado Mariles AJ, Castrejón Flores JL, Mondragón Herrera JA, Ramírez Sotelo MG, Cerón Montes GI, Gómez y Gómez YM. Antidepressant-Like Effects of *Dracocephalum moldavica* L. in Mouse Models of Immobility Tests. Pharmacog J. 2019; 11(5): 976-83.

[8] Singleton, V. L., Rossi, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic. 1965; 16(3): 144-158.

[9] Chang, C., Yang, M., Wen, H., Chern, J. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug Anal. 2002; 10(3), 178-182.

[10] Makkar, H. P., Blümmel, M., Borowy, N. K., Becker, K. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. J. Sci. Food Agric. 1993; 61(2): 161-165.

[11] Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 1999; 26(9): 1231-1237.

[12] Pérez de Alejo, J. L., Rodríguez Rodríguez, G., Miranda Flores, R. Actividad Anticonvulsionante de las Fracciones Butanólica y ácetato de etilo de la (*Indigofera suffruticosa* mill (añil cimarrón). Plant Med. 1998; 3(3), 7-11.

[13] Sridhar, S. K., Pandeya, S. N., Stables, J. P., Ramesh, A. (2002). A nticonvulsant activity of hydrazones, Schiff and Mannich bases of isatin derivatives. Eur. J. Pharm. Sci. 2002; 16, 129–132.

[14] Ramos-Morales, F. R., Correa-Basurto, J., Saavedra-Vélez, M., Acosta-Hernández, M. E., Gasca-Pérez, E., Pérez-Palacios, A., Trujillo-Ferrara, J. Modelo PTZ: un screening primario para el desarrollo de nuevas moléculas con actividad anticonvulsivante. Arch. Neurocienc. 2012; 17: 45-48.

[15] López-Duran, E., Villeda-Gutiérrez, E. A., Gómez y Gómez, Y. de las M., Jiménez-Zúñiga, M. I., & Hurtado-Mariles, A. J. Evaluación de la actividad antiepiléptica de extractos de menta en modelos inducidos con pentilentetrazol. Pädi bol. Cient. De cienc basic e ing Del ICBI. 2020; 8(Especial): 109-114.

[16] Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 [en línea]. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación. 22 ago 2001. [consulta: 01 ene 2022]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=764738&fecha=18/06/2001#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=764738&fecha=18/06/2001#gsc.tab=0)



## Artículo de investigación

Jiménez-Zuñiga et al., 2022

- [17] Koutroumanidou, E., Kimbaris, A., Kortsaris, A., Bezirtzoglou, E., Polissiou, M., Charalabopoulos, K., Pagonopoulou, O. Increased seizure latency and decreased severity of pentylenetetrazol-induced seizures in mice after essential oil administration. *Epilepsy Res. Treat.* 2013.
- [18] Mahendran, G., Rahman, L. U. Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological updates on Peppermint (*Mentha piperita* L.)—A review. *Phytother. Res.* 2020; 34(9): 2088-2139.
- [19] Shakeel, S., Rehman, M. U., Tabassum, N., Amin, U. Effect of naringenin (a naturally occurring flavanone) against pilocarpine-induced status epilepticus and oxidative stress in mice. *Pharmacogn. Mag.* 2017; 13(Suppl 1): S154.
- [20] McKay, D. L., Blumberg, J. B. A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.). *Phytother. Res.* 2006; 20(8): 619-633.
- [21] Kumar, A., Lalitha, S., Mishra, J. Hesperidin potentiates the neuroprotective effects of diazepam and gabapentin against pentylenetetrazole-induced convulsions in mice: Possible behavioral, biochemical and mitochondrial alterations. *Indian J. Pharmacol.* 2014; 46(3): 309.



## Artículo de investigación

Bautista-Cruz et al., 2022

Recibido: 01-12-2022

Revisado: 08-12-2022

Aceptado: 11-01-2023

Publicado: 13-01-2023

# ACTIVIDAD CICATRIZANTE DE LOS EXTRACTOS METANÓLICO Y CETÓNICO DE *Larrea tridentata* EN HERIDAS INCISAS DE RATONES CD-1

## HEALING ACTIVITY OF METHANOLIC AND KETONIC EXTRACTS OF *Larrea tridentata* IN INCISED WOUNDS OF CD-1 MICE

**M. H. Bautista-Cruz<sup>1</sup>, E. A. Villeda-Gutierrez<sup>1,3</sup>, A. J. Hurtado-Mariles<sup>2,1</sup>,  
Y. Gómez-y Gómez<sup>2</sup> y M. I. Jimenez-Zuñiga<sup>1,3\*</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Tecámac, División Químico Biológicas, 55740, Estado de México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Departamento de Bioprocessos, 07340, Ciudad de México.

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica de México, Campus Ecatepec, Facultad de Ciencias de la Salud, 55107, Estado de México.

\*Correspondencia: mjimenezz@uttecamac.edu.mx

### Resumen

La cicatrización se considera un proceso natural de reparación tisular, el tejido que ha cicatrizado genera cambios en la arquitectura de la zona cutánea lo que provoca en la piel que rodea a la cicatriz y que sea distinta y pueda tener características propias como color, grosor, elasticidad, textura y grado de contracción. Sin embargo, actualmente, el uso de plantas medicinales para cicatrizar heridas como *Larrea tridentata*, se relaciona con el contenido de mezclas químicas que los extractos llegan a poseer y que tienen actividad farmacológica. El presente proyecto evaluó el efecto cicatrizante de dos extractos de *Larrea tridentata* en la zona dorsal de ratones CD-1. Los extractos se obtuvieron por el método de sonicación, una vez obtenidos los extractos se realizaron pruebas de identificación y cuantificación de metabolitos secundarios, así como la actividad antioxidante, posteriormente se elaboró un gel y se adicionó una concentración de 0.5% del extracto crudo para comprobar el efecto cicatrizante en la zona dorsal de ratones CD-1. De los extractos se comprobó la presencia de taninos, fenoles y flavonoides. Los geles tuvieron efecto al séptimo día del procedimiento y con evidencias fotográficas se determinó la cicatrización de la herida aplicando el gel con los diferentes extractos, respecto al fármaco (sulfadiazina de plata) la cicatrización se dio a los 11 días al igual que el control negativo, por lo que se concluye que los geles tienen mejor efecto cicatrizante, ya que cicatiza en menor tiempo.

**Palabras clave:** Actividad cicatrizante, *Larrea tridentata*, Gobernadora.



# Artículo de investigación

Bautista-Cruz et al., 2022

## Abstract

Healing is considered a natural process of tissue repair, the tissue that has healed generates changes in the architecture of the skin area, which causes the skin surrounding the scar to be different and may have its own characteristics such as color, thickness, elasticity, texture and degree of contraction. However, currently, the use of medicinal plants to heal wounds such as *Larrea tridentata*, is related to the content of chemical mixtures that the extracts come to possess and that have known pharmacological activity. This project evaluated the healing effect of two extracts of *Larrea tridentata* in the dorsal zone of CD-1 mice. The extracts were obtained by the sonication method, once the extracts were obtained, identification and quantification tests of secondary metabolites were carried out, as well as the antioxidant activity, after a gel was prepared and a concentration of 0.5% of the crude extract was added to verify the healing effect in the dorsal zone of CD-1 mice. From the extracts the presence of tannins, phenols and flavonoids was verified. The gels took effect on the seventh day of the procedure and with photographic evidence the healing of the wound was determined by applying the gel with the different extracts. With respect to the drug (silver sulfadiazine), healing occurred at 11 days, the same as the negative control. Therefore, it is concluded that the gels have a better healing effect, since they heal in less time.

**Keywords:** Healing activity, Gobernadora, *Larrea tridentata*.

## 1. Introducción

Una herida se define como una disrupción celular y anatómica de un tejido que puede ser causado por diversos factores químicos, físicos, microbianos, daño térmico o inmunológico que le ocasiona al tejido. En función del tipo de herida formada, la epidermis y la dermis pueden quedar destruidas y tienen que ser restauradas mediante la reparación de la herida. Se trata de un proceso de complejidad que hoy día es todavía un objeto de una investigación intensiva. Esto debido a que las heridas tienen al menos cinco fases por las que se dividen: Respuesta vascular y coagulación de la sangre, Inflamación, Formación de tejido de granulación (reparación de la dermis), Epitelización (formación de una nueva epidermis) y Remodelación del tejido cicatricial [1]. La curación es la restauración de la estructura y función del tejido lesionado. Un manejo efectivo de la herida podría reducir el número de complicaciones y permite un rápido retorno a la función normal del tejido [2]. Un tratamiento para las cicatrices tiene en particular dos

objetivos: mejorar el aspecto y la función (movilidad) del tejido. Un reto importante depende principalmente del tipo y naturaleza de la cicatriz en cuestión [2].

Se ha comprobado científicamente el uso de diversas plantas medicinales en el tratamiento de heridas. Tal es el caso de *Larrea tridentata* (Gobernadora) que se caracteriza por ser un arbusto perenne y con hojas que contienen una resina espesa, que funciona como protección para la evaporación del agua. Dicha resina contiene metabolitos secundarios como lignanos, flavonoides y fenoles. Los usos de esta planta van desde fomentos para las escoriaciones y heridas de la piel, así como dolores reumáticos, hasta la fecha se saben de 57 compuestos aislados de esta planta que se distribuyen en las hojas y tallos, 3 principales compuestos están asociados a sus principales propiedades farmacológicas 3'dimetoxiguayacín, ácido dihidroguayaráctico, ácido meso dihidroguayaráctico y ácido nordihidro-guayaráctico (ANDG), cuyo principal uso farmacológico destaca el uso para aliviar



# Artículo de investigación

Bautista-Cruz et al., 2022

dolores reumáticos e infecciones mediante el uso de infusiones [3].

El propósito del presente estudio fue evaluar la actividad cicatrizante de los extractos crudos de *Larrea tridentata* (gobernadora) en heridas usando modelos *in vivo* en ratones CD-1.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Obtención del extracto por el método de sonicación

La planta de *Larrea tridentata* (Gobernadora) fue adquirida en el Mercado de Sonora de la Ciudad de México. Posteriormente se modificó la técnica de Hernández-Rodríguez *et al.*, (2020) [4] se pesaron 50 g de la planta seca y se adicionaron 500 mL de los solventes de metanol y acetona a cada muestra en un frasco cerrado y color ámbar, se pasaron por el sonicador a una frecuencia de 15 KHz por un tiempo de 15 minutos a temperatura ambiente, una vez terminado el proceso de extracción se filtraron los extractos y se separó la materia sólida del líquido, se recuperó el extracto filtrado en envases de cristal y se conservaron hasta su posterior uso.

### 2.2 Tamiz fitoquímico (pruebas cualitativas)

Para las pruebas de fenoles, flavonoides y taninos, las lecturas se efectuaron a las 24 h de realizar la prueba, todas las pruebas del tamiz fitoquímico se realizaron por triplicado [5].

#### 2.2.1 Determinación de flavonoides

Se disolvieron 0.5 mL del extracto en 2 mL de etanol y se dividió en 3 tubos. El tubo número 1 fue el testigo. Al tubo número 2 se realizó la reacción de Shinoda, se agregaron 2 gotas de ácido clorhídrico concentrado (si hay color rojizo existe la presencia de auronas o chalconas). Si hay cambio, colocar 10 pequeños trozos de magnesio metálico (de naranja a rojo presencia de flavonas y si es magenta presencia de flavononas). Al tubo número 3 se realizó la reacción de hidróxido de sodio 10%, se adicionaron 3 gotas de hidróxido de sodio (coloración amarilla a rojo presencia de xantonas y flavonas, café a naranja de flavonoides; de

púrpura a rojizo de chalconas y azul de antocianinas) [5].

#### 2.2.2 Determinación de fenoles

Se tomaron 100 µL del extracto y se repartieron en 5 tubos de ensayo; se añadieron 50 µL de agua destilada con la que se logró el color amarillo, los tubos se repartieron de la siguiente forma: el 1ro testigo, el 2do se adicionó 1 gota de cloruro férrico, 3ro se adicionó 2 gotas de cloruro férrico, 4to se adicionó 3 gotas de cloruro férrico y en el 5to se adicionó 4 gotas de cloruro férrico la prueba se determinó de la siguiente manera: en el caso de que no ocurra ninguna reacción (no cambia de color) = no hay presencia de fenoles o taninos. Cambio de color azul oscuro = fenoles o taninos pirogálicos (hidrosolubles). Cambio de color a verde oscuro = fenoles o taninos de tipo catecol (flavonoides o taninos concentrados) [5].

#### 2.2.3 Determinación de taninos

A 1 mL de extracto se adicionaron 2 mL de agua destilada y 3 gotas de cloruro de sodio al 2%. Se calentó a ebullición por 1 minuto. Se enfrió y se filtró, el filtrado se dividió en 4 tubos. El tubo número 1 fue el testigo. El tubo número 2 se realizó la reacción con gelatina, se adicionaron 2 gotas de reactivo de gelatina (precipitado blanco indica presencia de taninos). El tubo número 3 se realizó la reacción de cloruro férrico: se adicionó una gota de cloruro férrico al 1% (formación de coloración azul o negro indica presencia de derivados del ácido gálico y verdes de derivados del catecol). Al tubo número 4 se agregó 1 gota de ferricianuro de potasio al 1% (coloración azul, presencia de componente fenólicos) [5].

## 2.3 Cuantificación de metabolitos secundarios

### 2.3.1 Cuantificación de fenoles

Para la cuantificación de fenoles totales se determinó por el método descrito. Se realizó una curva tipo a concentraciones de 0.25, 0.125, 0.0625, 0.0312 y 0.0156 mg/mL de ácido gálico, cada tubo se agitó con un Vortex se dejó reposar en oscuridad durante 30 minutos y se leyó a una absorbancia de 760 nm [6].



# Artículo de investigación

Bautista-Cruz et al., 2022

Se adicionaron en tubos de ensaye 100  $\mu\text{L}$  de los extractos previamente diluidos 1:5, se interpolaron los valores en la curva tipo de ácido gálico expresando los resultados en concentración de fenoles totales [mg eq. de ácido gálico/ 1 g de muestra] [6].

### 2.3.2 Cuantificación de taninos

Se realizó la cuantificación por el método de Folin-Ciocalteau [7]. Se realizó una curva tipo a concentraciones de 2, 4, 6, 8 y 10  $\mu\text{g/mL}$  de ácido tánico, cada tubo se agitó con un vortex, se dejó reposar durante 40 minutos y se leyó cada tubo a una absorbancia de 725 nm.

Se adicionaron en tubos de ensaye 100  $\mu\text{L}$  de los extractos previamente diluidos, se interpolaron los valores en la curva tipo de ácido tánico expresando los resultados en concentración de taninos [mg eq. de ácido tánico/ 1 g de muestra] [7].

### 2.3.3 Cuantificación de flavonoides

Para la cuantificación se realizó por el método descrito [8]. Se realizó una curva tipo a concentraciones de 5, 10, 20, 30 y 40  $\mu\text{g/mL}$  de quercetina, cada tubo se agitó con un vortex y se dejó reaccionar por 30 minutos y se leyó a una absorbancia de 415 nm.

Se adicionaron en tubos de ensaye 500  $\mu\text{L}$  de los extractos previamente diluidos [8], se interpolaron los valores en la curva tipo de quercetina expresando los resultados en concentración de flavonoides totales [ $\mu\text{g}$  eq. de quercetina / 1 g de muestra].

## 2.4 Cuantificación de la actividad antioxidante (AAO)

### 2.4.1 Cuantificación de la capacidad antioxidante por el método ABTS

Se realizó la cuantificación de la actividad antioxidante por el método de ABTS [9]. El radical ABTS se obtuvo tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2.45 mM) incubados a temperatura ambiente ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ) y en oscuridad durante 16 horas. Una vez formado el radical ABTS se tomó 1 mL y se diluyó con etanol hasta

obtener un valor de absorbancia comprendido entre 0.70 ( $\pm 0.01$ ) a 734 nm. Todo el proceso ocurre en total oscuridad.

Se realizó una curva tipo, cada tubo se agitó con un vortex, se leyó a una absorbancia de 734 nm, el blanco fue etanol. Se adicionaron en tubos de ensaye 40  $\mu\text{L}$  de los extractos y 1960  $\mu\text{L}$  del reactivo ABTS, los tubos se agitaron en un vortex y se leyeron a 734 nm, se interpolaron los valores en la curva tipo de trolox expresando los resultados como % de inhibición [9].

### 2.4.2 Cuantificación de la capacidad antioxidante por el método DPPH

Se realizó la cuantificación de la actividad antioxidante por el método de DPPH modificado [10] el cual se basa en la reducción de la absorbancia a 517 nm del radical DPPH. Todo el proceso ocurre en total oscuridad. Se realizó una curva tipo, cada tubo se agitó con un vortex, se dejó reposar durante 30 minutos y se leyó a una absorbancia de 517 nm, el blanco fue metanol.

Se adicionaron en tubos de ensaye 50  $\mu\text{L}$  de los extractos y 2000  $\mu\text{L}$  del reactivo DPPH, los tubos se agitaron en un vortex y se dejaron reposar durante 30 min, se leyeron a 517 nm, se interpolaron los valores en la curva tipo de trolox expresando los resultados como porciento de inhibición [10].

## 2.5 Preparación de gel de *Larrea tridentata*

La preparación del gel se realizó pesando 1.3 g de carbopol y se disolvieron en 200 mL de agua destilada, se agitó constantemente hasta que se disolvieran los grumos, posteriormente se adicionó 1 mL de trietanolamina y se agitó vigorosamente hasta que la mezcla quedara homogénea, una vez realizado el gel se adicionaron 5 mL a cada frasco para la preparación del gel de extracto de metanol y acetona, posteriormente se almacenó en un lugar fresco hasta su uso para el modelo *in vivo* de cicatrización en ratas.

## 2.6 Proceso cicatrización en ratones

Se utilizaron ratones machos *Mus musculus* de la cepa CD-1 de 25 a 35 g de peso. Los ratones se



## Artículo de investigación

Bautista-Cruz et al., 2022

dividieron en grupos de n=3, con libre acceso al agua y alimento, manteniendo un ciclo de luz/oscuridad invertido de 12 h/12 h a una temperatura de entre 20-22 °C.

El uso y cuidado de los animales se llevó a cabo siguiendo los lineamientos establecidos en la NOM-062-ZOO-1999 [11] que establece las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.

Los animales utilizados en los experimentos fueron pesados y anestesiados con pentobarbital sódico 35 mg/Kg, posteriormente se depilaron en el área dorsal. Una vez rasurada el área dorsal, posteriormente en condiciones asépticas, mediante el uso de bisturí se realizó una lesión de 30 milímetros de diámetro y una profundidad de 2 milímetros [12].

La administración del gel y el fármaco se realizó tópicamente en la zona de incisión con un hisopo

estéril, 2 veces al día durante 11 días. Se evaluó la actividad cicatrizante frente a la producción de heridas incisas, se evaluó el cierre de las áreas frente a un modelo experimental de 11 días consecutivos.

### 2.7 Análisis estadístico

Se utilizó el programa ImageJ para la medición del área de las heridas. Posteriormente se utilizó el programa Prism-GraphPad versión 5.0 para analizar el área de las heridas mediante un análisis de varianza ANOVA de una vía tomando en cuenta la desviación estándar y realizando una prueba de DUNNETT, la diferencia significativa de los tratamientos en comparación con el control ( $p<0.05$ ).

## 3 Resultados y discusión

En el análisis fitoquímico se detectó la presencia de fenoles, taninos y flavonoides en los extractos metanólico y cetónico (tabla 1).

**Tabla 1.** Análisis fitoquímico de los extractos crudos metanólico y cetónico.

Metabolito	Prueba	Extracto metanol	Extracto acetona
Fenoles	Cloruro férrico	+	+
Flavonoides	Reacción de Shinoda	+	+
	NaOH al 10%	+	+
Taninos	Reacción de gelatina	-	-
	FeCl <sub>3</sub>	-	+
	Reacción de ferrocianuro de potasio	+	+

(-) ausente; (+) presente

En la tabla 2 se puede observar la cuantificación de los metabolitos secundarios presentes en los extractos metanólico y cetónico, se puede observar un incremento en los taninos y flavonoides, por otro lado, se observan los resultados de la actividad antioxidante por el método ABTS y DPPH, se observa que ambos extractos cuentan con un porcentaje de inhibición de la capacidad antioxidante superior al 85%.

En la tabla 3 se observan los parámetros de calidad analizados en el gel que contiene al

extracto de *Larrea tridentata*, los parámetros analizados van desde el aspecto fisicoquímico del gel el cual tuvo una consistencia homogena, ya que la matriz de carbopol y el extracto se homogenizaron de manera correcta al momento de formar el gel, se analizó el color a través de una plataforma de Pantone Studio donde arrojo que el color cercano al tono del extracto fue Copper, el olor del gel fue a una esencial herbal debido al extracto de Gobernadora, no se detectó la presencia de grumos en la base del gel y la untuosidad al tacto de la piel se reportó como viscoso penetrante.



## Artículo de investigación

Bautista-Cruz et al., 2022

**Tabla 2.** Cuantificación de metabolitos secundarios y de la capacidad antioxidante por el método DPPH y ABTS.

	Fenoles [ácido gálico] mg eq./g de muestra	Taninos [ácido tánico] mg eq./g muestra	Flavonoides [quer cetina] µg eq./g muestra	AAO % inhibición DPPH	AAO % inhibición ABTS
Extracto					
Metanol	13.469±0.009	1008.818±1.174	2071.125±1.348	88.526±0.085	98.775±0.081
Acetona	14.130±0.009	894.860±1.823	N/A	86.251±0.085	98.775±0.081

AAO: Actividad Antioxidante.

DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidracilo.

ABTS: ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico).

N/A: no aplica.

**Tabla 3.** Control de calidad y parámetros analizados al gel de extracto de *Larrea tridentata* (Gobernadora).

Formula farmacéutica	Concentración extracto	Aspecto	Color	Olor	Presencia de grumos	Untuosidad al tacto	Peso (g)
Gel (extracto metanol)	0.5 %	Homogéneo	Copper	Herbal	Negativo	Viscoso penetrante	100
Gel (extracto acetona)	0.5 %	Homogéneo	Copper	Herbal	Negativo	Viscoso penetrante	100

De acuerdo con Morales-Ubaldo *et al.*, (2021) [13], el extracto hidroalcohólico de *Larrea tridentata* contiene una composición química de terpenos, saponinas, taninos, quer cetina, kaempferol, ácido elágico, ácido gálico, resorcinol y catequinas. De acuerdo con los resultados obtenidos (tabla 1), se observa la presencia de fenoles de la familia fenoles o taninos hidrosolubles, flavonoides del tipo auronas y chalconas en la reacción de Shinoda, mientras que en la reacción de NaOH se localizaron chalconas, por otro lado, en los taninos en la reacción de cloruro férrico se entró la presencia de derivados de ácido gálico o catecol.

De acuerdo con Skouta *et al.*, (2018) [14], los extractos etanólicos de *L. tridentata* demostraron tener un potencial efecto de la actividad antioxidante por el método DPPH y ABTS, se ha reportado que la mezcla de solventes como etanol:agua existe la presencia potencial de la actividad antioxidante por los métodos antes descritos. De los resultados obtenidos de la actividad antioxidante de los extractos metanólico y cetónico en la tabla 2 se observa un porcentaje de inhibición superior al 80% por el método DPPH y superior al 90% por el método ABTS, lo que comprueba que los compuestos

antioxidantes extraídos con metanol y acetona como solventes no se ven perdidos o disminuidos durante el proceso de extracción de los metabolitos secundarios de la planta que contienen efectos farmacológicos.

En relación a la actividad cicatrizante, durante el periodo de 11 días, se observó que el modelo de incisión de herida circular en vía tópica disminuyó en el tratamiento con el gel del extracto de gobernadora se puede observar por la memoria fotográfica la disminución del área de herida y cierre en forma de cicatrización por acción de los metabolitos secundarios presentes en la planta, atribuidos a taninos, flavonoides y fenoles principalmente, por otro lado, el efecto de la capacidad antioxidante podría ayudar a la reparación de la piel en la herida de los ratones, se observó que el grupo con fármaco (sulfadiazina de plata) generó un efecto cicatrizante hasta el día 11, contrario con los extractos de gobernadora que realizaron el proceso de cicatrización en 7 días (tabla 4).

Los taninos favorecen el proceso de cicatrización de las heridas mediante las articulaciones celulares, esto puede incluir a moléculas como los radicales libres y de las especies reactivas de



## Artículo de investigación

Bautista-Cruz et al., 2022

oxígeno, lo cual ha demostrado el cierre del diámetro de las heridas, lo que puede implicar la aparición de nuevos capilares sanguíneos (un proceso conocido como angiogénesis) y el crecimiento de fibroblastos [12].

Se ha reportado que los compuestos fenólicos como los flavonoides, taninos, ácido fenólico

ejercen un trabajo vital en el proceso del cierre de una herida. Estos metabolitos secundarios trabajan en conjunto o disminuyendo radicales libres, lo que ayuda a promover el cierre de las heridas por las características secantes y antibacterianas [12].

**Tabla 4.** Actividad cicatrizante de los extractos metanólico y cetónico en incisión de herida por vía tópica en ratones CD-1.

Aplicación Grupo	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	11va
Sin tratamiento											
Sulfadiazina de plata											
Gel (metanol)											
Gel (acetona)											

Los taninos encontrados en la gran mayoría de las plantas poseen una capacidad astringente, la cual aumenta el número de enlaces que pueden cruzar entre las fibras de colágeno, lo que puede originar una matriz rica en colágeno. También se ha reportado el efecto antimicrobiano y estimulante del crecimiento de la epidermis, lo que puede ayudar al proceso de reepitelización, y que puede ayudar al proceso de proliferación y migración de las células que se encuentran en los extremos de la herida [12].

De acuerdo con Garg *et al.*, (2011) [15], la planta *Ficus benghalensis Linn.* (Familia: Moraceae) contiene metabolitos secundarios con propiedades antinflamatorias, astringente y cicatrizante, de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, el extracto etanólico a una concentración de 200 mg/Kg demostró reducir el proceso de cicatrización en el día 17.16, mientras que el extracto acuoso el proceso de cicatrización tardó 18.33 días, por otro lado, el efecto en comparación con el grupo control fue de 21.50 días. En comparación con los resultados obtenidos de los extractos de *Larrea tridentata* el



# Artículo de investigación

Bautista-Cruz et al., 2022

proceso de cicatrización finalizó en el día 7, obteniendo un proceso más rápido al momento de formar y regenerar el proceso de cicatriz en comparación con el grupo control y el fármaco de sulfadiazina de plata.

Se ha demostrado que la quercetina puede funcionar como un agente terapéutico para el proceso de cicatrización ocasionado por quemaduras, se ha sugerido que las especies

reactivas de oxígeno (ERO), producidas debido a la lesión por quemadura por los macrófagos y neutrófilos, podrían conducir a un daño oxidativo que afecta no solo a la piel, sino al área que rodea la herida. Es por ello que la quercetina inhibe el proceso llevado a cabo por los radicales libres en las células, por lo tanto, tiene un efecto protector durante el estrés oxidativo a las poblaciones celulares de tejido cutáneo, fibroblastos, queratinocitos y células endoteliales [2].

**Tabla 5.** Efecto cicatrizante de *Larrea tridentata* en un modelo de herida en ratones CD-1

Días posteriores a la herida	Control (mm <sup>2</sup> )	Sulfadiazina de plata (mm <sup>2</sup> )	Gel extracto metanol (mm <sup>2</sup> )	Gel extracto acetona (mm <sup>2</sup> )
1	54.66±1.15	48.66±0.57***	46±1***	48.33±0.57***
2	47.66±1.52	31.33±0.57***	30.66±1.15***	36.33±1.52***
3	46.33±0.57	29±1***	26.33±0.57***	33.66±1.52***
4	43.33±0.57	24.33±0.57***	22±1***	26.66±1.52***
5	41.33±1.52	23±1***	19.33±1.15***	24.33±1.15***
6	38±1	30.66±1.15***	20.66±0.57***	17.33±1.15***
7	31.66±0.57	22.66±0.57***	16.66±0.57***	11.66±1.52***
8	30.66±0.57	18.66±0.57***	0±0***	0±0***
9	31±1	17.33±0.57***	0±0***	0±0***
10	27.33±0.57	16.33±0.57***	0±0***	0±0***
11	24±1	15.66±3.05***	0±0***	0±0***

n=3, los valores son expresado con una media ± DS; \*\*\*P<0.05 de significancia en comparación con el control.

## 4 Conclusión

Se concluye que los taninos, fenoles y flavonoides de los extractos metanólico y cetónico de *Larrea tridentata* presentan actividad cicatrizante con un mejor efecto en días en comparación con la sulfadiazina de plata. El proceso de cicatrización en heridas incisas sobre los ratones CD-1 fue de 7 días en comparación con la sulfadiazina que fue de 11 días.

## 5 Agradecimientos

Al laboratorio de Farmacología del Departamento de Bioprocessos de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, por las facilidades prestadas para realizar los experimentos.

## 6 Referencias

[1] Demilew, W., Adinew, G. M., & Asrade, S. Evaluation of the wound healing activity of the

crude extract of leaves of *Acanthus polystachyus* Delile (Acanthaceae). Evid.-based Complement. Altern. Med. 2018.

[2] Díaz-Solares, M., Castro-Cabrera, I., Lugo-Morales, Y., Prieto-Abreu, M., Altunaga-Pérez, N., López-Vigoa, O. Potencial antioxidante y cicatrizante de extractos frescos de *Morus alba*. Pastos y Forrajes. 2017; 40(2), 135-143.

[3] González, M. Plantas medicinales del noreste de México. Monterrey, México: IMSS-Vitro. 1998.

[4] Hernández-Rodríguez, S., Quiroz-Reyes, C. N., Ramírez-Ortiz, M. E., Ronquillo-de-Jesús, E., & Aguilar-Méndez, M. Á. (2020). Optimización del proceso de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de *Justicia spicigera Schlechl.* mediante la metodología de superficie de respuesta. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 23.



## Artículo de investigación

Bautista-Cruz et al., 2022

- [5] Jiménez Zúñiga MI, Hurtado Mariles AJ, Castrejón Flores JL, Mondragón Herrera JA, Ramírez Sotelo MG, Cerón Montes GI, Gómez y Gómez YM. Antidepressant-Like Effects of *Dracocephalum moldavica* L. in Mouse Models of Immobility Tests. *Pharmacog J.* 2019; 11(5): 976-83
- [6] Singleton, V. L., Rossi, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic.* 1965; 16(3): 144-158.
- [7] Makkar, H. P., Blümmel, M., Borowy, N. K., Becker, K. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *J. Sci. Food Agric.* 1993; 61(2): 161-165.
- [8] Chang, C., Yang, M., Wen, H., Chern, J. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J. Food Drug Anal.* 2002; 10(3), 178-182.
- [9] Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 1999; 26(9): 1231-1237.
- [10] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 1995; 28(1), 25-30.
- [11] Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 [en línea]. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación. 22 ago 2001. [consulta: 01 ene 2022]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=764738&fecha=18/06/2001#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=764738&fecha=18/06/2001#gsc.tab=0)
- [12] Vélchez Cáceda, H. A., Inocente Camones, M. A., Flores López, O. B. Actividad cicatrizante de seis extractos hidroalcohólicos de plantas en heridas incisas de *Rattus norvegicus albinus*. *Rev. Cuba. de Medicina Mil.* 2020; 49(1).
- [13] Morales-Ubaldo, A. L., Rivero-Perez, N., Avila-Ramos, F., Aquino-Torres, E., Prieto-Méndez, J., Hetta, H. F., Zaragoza-Bastida, A. Bactericidal activity of *Larrea tridentata* hydroalcoholic extract against phytopathogenic bacteria. *Agronomy.* 2021; 11(5), 957.
- [14] Skouta, R., Morán-Santibañez, K., Valenzuela, C. A., Vasquez, A. H., Fenelon, K. Assessing the antioxidant properties of *Larrea tridentata* extract as a potential molecular therapy against oxidative stress. *Molecules.* 2018; 23(7), 1826.
- [15] Garg, V. K., Paliwal, S. K. Wound-healing activity of ethanolic and aqueous extracts of *Ficus benghalensis*. *J Adv Pharm Technol Res.* 2011; 2(2), 110.



## Artículo de investigación

Hernández-Robledo et al., 2022

Recibido: 30-11--2022

Revisado: 08-12-2022

Aceptado: 18-01-2023

Publicado: 20-01-2023

# OBTENCIÓN DE UNA INFUSIÓN DE LA HOJA DE VERDOLAGA (*Portulaca Oleracea L.*) Y SU CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y ANÁLISIS SENSORIAL

## OBTAINING AN INFUSION FROM THE PURSLANE LEAF (*Portulaca Oleracea L.*) AND ITS PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND SENSORY ANALYSIS

V. Hernández-Robledo<sup>1\*</sup>, M. G. Bustos-Vázquez<sup>1</sup>, J. A. Del Ángel del Ángel<sup>1</sup>, R. I. Torres-Acosta<sup>1</sup>, P. Rojo-Ángeles<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. Departamento de Biotecnología. Blvd. E. Cárdenas González. No. 1201 Pte. Col. Jardín. C. P. 89840. Ciudad Mante, Tamaulipas, México.

\*Correspondencia: vero.hernandez@docentes.uat.edu.mx

### Resumen

La verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) es una planta comestible, donde hojas y tallos se utilizan en la preparación de diferentes platillos, se puede consumir cruda o cocida, no necesita condiciones específicas para su crecimiento, respecto al valor nutricional presenta algunos nutrientes como proteínas, carbohidratos, ácidos grasos (omega 3 y 6), ácidos orgánicos, vitaminas, minerales, tocoferoles, y antioxidantes, el agua está presente en más del 90%, por lo que todos estos componentes hacen de la verdolaga un alimento funcional. Es considerada como una planta medicinal debido a sus propiedades diuréticas, digestivas y efecto antiinflamatorio, entre otras. Se distribuye en regiones tropicales del mundo, a pesar de que en otros lugares se considera como una mala hierba o maleza, en el país la podemos encontrar de forma natural al interior de cultivos, la producción de verdolaga a nivel nacional se realiza en parcelas o regiones productoras de verdolaga, y solo se comercializa como hortaliza. El objetivo del presente trabajo de investigación fue obtener una infusión a base de la hoja deshidratada de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*). Los resultados mostraron que no hubo una diferencia significativa entre las infusiones de hoja deshidratada de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) y hoja de té verde (*Camellia sinensis*) en los parámetros de °Brix y color. En la determinación de humedad y ceniza si hubo una diferencia significativa. La evaluación sensorial mostró que los atributos de apariencia, olor, color y textura no presentaron diferencia significativa, sólo el atributo de sabor



# Artículo de investigación

Hernández-Robledo et al., 2022

( $P>0.05$ ). La infusión de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) es un producto con las características de calidad. Sensorialmente es aceptada. En el mercado no existe una infusión a base de verdolaga, por lo que este producto representa una alternativa saludable para el consumidor.

**Palabras clave:** infusión, verdolaga, caracterización fisicoquímica, análisis sensorial.

## Abstract

Purslane (*Portulaca oleracea L.*) is an edible plant, where leaves and stems are used in the preparation of different dishes, it can be eaten raw or cooked, and it does not need specific conditions for its growth, regarding the nutritional value it presents some nutrients such as proteins, carbohydrates, fatty acids (omega 3 and 6), organic acids, vitamins, minerals, tocopherols, and antioxidants, water is present in more than 90%, which makes purslane a functional food. It is considered a medicinal plant due to its diuretic, digestive and anti-inflammatory properties, among others. It is distributed in tropical regions of the world, even though in other places it is considered a weed or weed, in the country we can find it naturally inside crops, the production of purslane at the national level is carried out in plots or Purslane-producing regions, and it is only marketed as a vegetable. The objective of this research work was to obtain an infusion based on the dried purslane leaf (*Portulaca oleracea L.*). The results showed that there was no significant difference between the infusions of dried purslane leaf (*Portulaca oleracea L.*) and green tea leaf (*Camellia sinensis*) in the parameters of °Brix, and color. In the determination of humidity and ash if there was a significant difference. The sensory evaluation showed that the attributes of appearance, smell, color, and texture did not present a significant difference, only the taste attribute ( $P>0.05$ ). Purslane infusion (*Portulaca oleracea L.*) is a product with quality characteristics. Sensorially it is accepted. There is no purslane-based infusion on the market, so this product represents a healthy alternative for the consumer.

**Keywords:** infusion, purslane, physicochemical characterization, sensory analysis.

## 1. Introducción

La verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) es una planta comestible de sabor ácido y agrio. Su valor nutricional es alto ya que contiene algunos componentes como proteínas, carbohidratos, ácidos grasos (omega 3 y 6), minerales, vitaminas, ácidos orgánicos, tocoferoles, todos estos nutrientes le confieren un importante valor funcional, además se encuentran presentes otros como flavonoides, alcaloides y terpenoides [1,2]. Se puede consumir cruda o cocida, o como ingrediente de platillos con tradición cultural, además de las hojas, los tallos también pueden ser utilizados. Su consumo está dirigido tanto

para humanos y animales [3] y es considerada como una planta medicinal de las más utilizadas a nivel mundial, incluso la Organización Mundial de la Salud la ha nombrado “Panacea Global” [4].

Algunas de las propiedades que se le atribuyen son la mejora en la circulación, o como diurético, digestivo, analgésico por su efecto antiinflamatorio, reduce los niveles de glucosa, y otras propiedades como su poder antioxidante (contiene flavonoides, fenoles totales, taninos, antocianinas), actividades inmunomodeladoras, y previene enfermedades gastrointestinales, trastornos neurodegenerativos, enfermedades hepáticas y renales, así como complicaciones en



# Artículo de investigación

Hernández-Robledo et al., 2022

la diabetes [5-7]. Respecto a su comercialización, sólo algunas variedades se siembran en la región de la Ciudad de México, en condiciones de riego y temporal. En los estados de Morelos, Baja California y Ciudad de México se obtienen rendimientos medios de 19.1, 10.1 y 9.4 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente; aunque se han reportado rendimientos de 30 a 40 t ha<sup>-1</sup> para la producción de la Ciudad de México [8].

En la actualidad, el consumo de alimentos funcionales ha ido en aumento, con éstos se busca combatir algunos problemas de salud derivados de enfermedades crónicas como sobrepeso, obesidad, diabetes, dislipidemias, ya que se han convertido en un problema de salud pública en el país, es por ello que constantemente se están generando alternativas y fuentes alimenticias de origen natural que tengan un efecto positivo en la salud del consumidor [9]. Una opción es el uso y consumo de infusiones, las cuales se caracterizan por ser un producto líquido que se extrae de sustancias solubles de especies vegetales, al ser bebidas no alcohólicas estas son las segundas bebidas más consumidas después del agua a nivel mundial, y

se debe a sus propiedades atribuidas a plantas medicinales, existen estudios que han demostrado tener un efecto positivo en la salud, además se debe destacar que una buena salud no sólo se logra con el consumo de frutas y verduras ricas en antioxidantes, sino que también se puede obtener de este tipo de plantas [10-16].

El objetivo principal de esta investigación fue obtener una infusión de la hoja deshidratada de Verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) y determinar su calidad fisicoquímica (pH, sólidos solubles totales (°Brix) y color) y evaluación sensorial.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Materia prima

La materia prima utilizada fue verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) (Figura 1) obtenida de cultivos a campo abierto en las instalaciones de la Unidad Académica Multidisciplinaria Mante de Ciudad Mante, Tamaulipas, México. Como muestra control, se utilizó la hoja deshidratada del té verde (*Camellia sinensis*) de una marca comercial.



**Figura 1.** Verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) sembrada en campos de cultivo de la Unidad Académica Multidisciplinaria Mante, Tamaulipas, México. **Fuente:** Fotografía por P. Rojo-Ángeles (2022).

### 2.2 Métodos

#### 2.2.1 Deshidratado de la hoja de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*)

El proceso de deshidratado de la hoja de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) (Figura 2) se realizó basándose en el método por Lastarria Mendoza, JF., el cual consistió en someter la hoja preparada a una temperatura de 65°C por 4.30 h. [17].

#### 2.2.2 Determinación de humedad y cenizas de hoja deshidratada

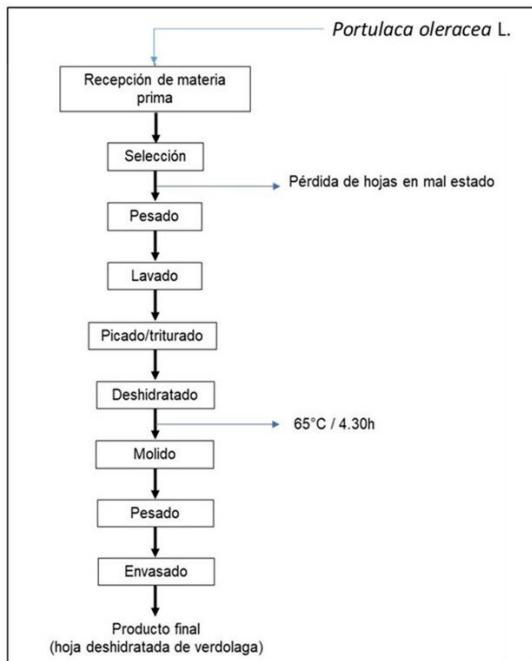
El porcentaje de humedad se determinó tras la pérdida de peso por secado a 105°C en un horno (AACC 44-15A, 2000) [18]. El contenido de cenizas se determinó por incineración de residuos a 550°C (AACC 08-01.01, 1995) [19]. Las dos determinaciones se hicieron por triplicado de



# Artículo de investigación

Hernández-Robledo et al., 2022

cada muestra de hoja deshidratada de verdolaga y hoja verde, esta última utilizada como muestra control.



**Figura 2.** Diagrama de proceso de deshidratación de la hoja de Verdolaga (*Portulaca oleracea L.*). Fuente: Adaptado de Lastarria Mendoza, JF. (2019).

## 2.2.3 Proceso de preparación de la infusión

Para la preparación de infusiones se añadieron 3.0 g., de hoja deshidratada de verdolaga y 3.0 g de hoja triturada de té verde por separado a 250 ml de agua a 95°C y se dejó reposar durante 5 min. Las hojas se retiraron por filtración. Las infusiones se mantuvieron a 4°C en refrigeración hasta su análisis fisicoquímico [20].

## 2.2.4 Caracterización fisicoquímica de la infusión

### 2.2.4.1 Determinación de pH

Se midió por triplicado para cada unidad de infusión de 50 ml. Se utilizó una solución buffer a pH 4.01 y un pH metro (JENWAY, model 3505/pH) (AOAC, 1992) [21].

### 2.2.4.2 Sólidos solubles totales (concentración de °Brix)

Se utilizó un refractómetro (Mettler Toledo, EE. UU.) de acuerdo al método oficial de la AOAC

AOAC (2000) para determinar la concentración de sólidos solubles totales. Los resultados se expresaron como concentración en °Brix. Las lecturas se realizaron por triplicado para cada unidad de infusión [22].

### 2.2.4.3 Medición de color

La medición de color de las muestras de infusión se realizó en las 5 horas posteriores a su preparación. Se determinaron los valores de L (luminosidad), a y b con el colorímetro SpectroPhotmeter (CM-600d KONICA MINOLTA OPTICS, INC. JAPAN). El color se midió por triplicado obteniendo un dato promedio [23].

### 2.2.5 Evaluación sensorial

El análisis sensorial de las muestras se realizó mediante una escala hedónica de 9 puntos por un panel de 40 personas de la Unidad Académica Multidisciplinaria Mante de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. La evaluación sensorial y la aceptabilidad general se calculó como el promedio de todos los atributos (apariencia, olor, color, textura y sabor).

## 2.3 Análisis estadístico

Para la caracterización de la hoja deshidratada (humedad y ceniza) se realizó una prueba de normalidad, posteriormente se analizaron mediante la prueba de suma de rangos de Kruskal-Wallis, similarmente a la caracterización de las infusiones, cuyos valores por triplicado; pH, °Brix y Color (L, a y b), al no cumplir con los supuestos de normalidad, se analizaron mediante el mismo método.

Respecto a los valores sensoriales, se realizó una prueba de homogeneidad de varianza usando Fligner-Killeen. Posteriormente se contrastaron mediante la prueba suma de rangos de Wilcoxon. Todas las pruebas se realizaron considerando una significancia del 5% en el programa estadístico R (Core Team, 2022. Austria).

## 3. Resultados y discusión

El aseguramiento de la calidad de los alimentos depende de las características fisicoquímicas, por lo que es necesario conocer algunas propiedades



# Artículo de investigación

Hernández-Robledo et al., 2022

y su comportamiento en los mismos, ya que éstos contribuirán en gran medida a definir que un alimento es apto para uso y consumo humano.

### 3.1 Caracterización de la materia prima (*Portulaca oleracea* L.)

El rendimiento de la planta de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) se obtuvo de la hoja de la planta deshidratada [17]. Por cada 1,000 g de hoja fresca se obtuvieron 87.68 g de hoja deshidratada de verdolaga, lo que representa el 8.76%.

Los resultados en la determinación de humedad mostraron que la hoja deshidratada de verdolaga obtuvo un valor de 4.1% en comparación con el valor de la hoja de té verde, el cual obtuvo un valor de 2.18%. Esta determinación es muy utilizada, puesto que determina la estabilidad de un producto alimenticio. En otro estudio se obtuvieron valores de 12% de humedad [24]. Los valores de humedad obtenidos para los dos tipos de hojas se encuentran dentro de los límites máximos permitidos de acuerdo con la NMX-F-293-1982 la cual menciona que es del 12% como máximo [25].

La cantidad de cenizas totales, determina los residuos orgánicos que están presente en los alimentos, después de calcinar la materia orgánica. Los resultados de la determinación de este parámetro mostraron una diferencia significativa entre las muestras (18.85% para la hoja deshidratada de verdolaga y 5.21% para la hoja de té verde), otros autores reportaron un 8% de cenizas para hoja de té verde aromatizado [26]. Mientras que valores de 4.9 y 5.2% se obtuvieron para hoja verde y hoja procesada respectivamente. La cantidad de cenizas depende del tipo de la composición química y del tipo de procesamiento de la hoja fresca, la hoja deshidratada de verdolaga sólo se deshidrató de forma simple en comparación con la muestra de hoja verde, que es una muestra comercial ya procesada. La NMX-F-293-1982 menciona que el límite máximo será del 10% respecto al contenido de ceniza, por lo que solo la sólo la hoja verde

(*Camellia sinensis*) cumple con este parámetro [25]. Estos resultados se muestran en la Tabla 1.

### 3.2 Caracterización fisicoquímica de la infusión

#### 3.2.1 Determinación de pH

De acuerdo con la Tabla 2, la muestra de infusión que presentó mayor valor de pH es la que corresponde a la infusión de hoja de té verde (6.20), en comparación con la infusión de la hoja deshidratada de verdolaga (5.62). Estos valores son similares a los reportados por otro estudio donde se analizó el pH de infusiones de 5.79 para té verde, 5.70 para té oolong y 5.34 para té negro [26]. Este parámetro fisicoquímico permitió obtener el valor de acidez de las soluciones de infusiones de los dos tipos de hojas. Por ejemplo, el té negro se obtiene a partir de hojas fermentadas, por lo que al prepararse el pH de estas infusiones es menor, es probable que la hoja deshidratada de verdolaga ya presentara algunos signos de fermentación, otra causa es que al momento de prepararse la infusión, se extrajeran algunos compuestos como grupos carboxílicos, aminoácidos, ácidos orgánicos y fenoles, responsables de dar el pH ácido [27-28].

#### 3.2.2 Sólidos solubles totales (concentración de °Brix)

La medición de ° Brix es un análisis muy conocido en la industria de alimentos y bebidas, entre otras. En sentido estricto, constituye la determinación del contenido de sacarosa pura en el agua: 1 grado Brix (° Bx) = 1 g de sacarosa/en 100 g de solución. Esta determinación se realizó en muestras por triplicado de los dos tipos de infusión. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2, el valor más alto lo obtuvo la infusión de hoja de té verde (0.55), mientras que la infusión de la hoja deshidratada de verdolaga fue de 0.50. Otros estudios reportan valores de 0.63 para infusiones combinadas de té rojo con té mora [29].

#### 3.2.3 Determinación de color

El color es una de las cualidades importantes de cualquier tipo de té o de infusión, ya que este atributo es cuestión de percepción, no existe una escala física para medirlo, se determina mediante instrumentos específicos para así obtener



## Artículo de investigación

Hernández-Robledo et al., 2022

resultados con mayor precisión [30]. En la Tabla 2 se muestran los valores obtenidos, respecto a la luminosidad (L) (escala de 0 a 100) se encontró que la infusión de hoja de verdolaga presentó un valor de 100.62, que fue ligeramente mayor a la

infusión de hoja de té verde (100.53). El valor de a, obtuvo -0.21 y -0.20 respectivamente. Para el valor de b, fue de -0.20 (infusión de hoja de verdolaga) y -0.007 (infusión de hoja de té verde).

**Tabla 1.** Contenido de humedad y cenizas en las muestras de hoja deshidratada.

Tipo	Humedad	Ceniza
	<i>M (R.I.C)*</i>	<i>M (R.I.C)*</i>
Hoja de verdolaga ( <i>Portulaca oleracea L.</i> )	4.1 (0.29) <sup>a</sup>	18.85 (0.88) <sup>a</sup>
Hoja verde ( <i>Camellia sinensis</i> )	2.18 (0.21) <sup>b</sup>	5.21 (0.01) <sup>b</sup>

*M*: mediana, *R.I.C.*: Rango intercuartílico, \*: columnas con diferente letra son estadísticamente significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Tabla 2.** Caracterización fisicoquímica de las infusiones.

Infusión	<i>pH</i> <i>M (R.I.C)*</i>	<i>ºBrix</i> <i>M (R.I.C)*</i>	Color		
			L	<i>M (R.I.C)*</i> a	<i>M (R.I.C)*</i> b
Hoja de verdolaga ( <i>Portulaca oleracea L.</i> )	5.62 (0.13) <sup>b</sup>	0.50 (0.04) <sup>a</sup>	100.62 (0.015) <sup>a</sup>	-0.21 (-0.02) <sup>a</sup>	-0.20 (-0.0435) <sup>a</sup>
Hoja verde Té verde ( <i>Camellia sinensis</i> )	6.20 (0.03) <sup>a</sup>	0.55 (0.05) <sup>a</sup>	100.53 (0.025) <sup>b</sup>	-0.20 (0.0) <sup>a</sup>	-0.007 (-0.019) <sup>a</sup>

*M*: mediana, *R.I.C.*: Rango intercuartílico, \*: columnas con diferente letra son estadísticamente significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ).

### 3.3 Evaluación sensorial

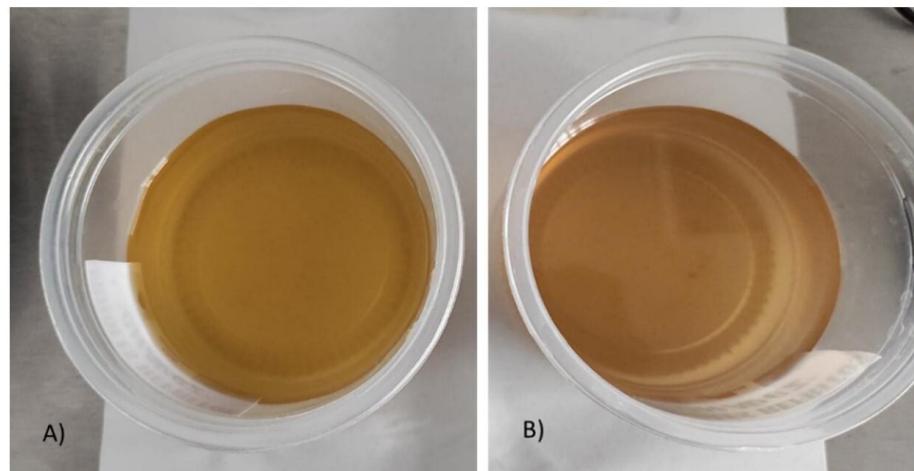
El análisis sensorial fue realizado con 40 personas de la Unidad Académica Multidisciplinaria Mante, a las cuales se les entregó un formato con las instrucciones necesarias para que evaluaran las muestras de infusión de hoja de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) y de hoja de té verde (*Camellia sinensis*) (Figura 3). En la Figura 4 se muestra los resultados del análisis sensorial de las infusiones (apariencia, olor, color, sabor y

textura), los valores obtenidos fueron similares. Respecto al atributo de sabor, la infusión de hoja de té verde (*Camellia sinensis*) tuvo un valor de 3.35 de aceptación, lo que dentro de la escala se traduce como desagrado moderado, en cambio la infusión de hoja de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) obtuvo un valor de 6.65 que va de un gusto ligero a moderado, por lo que si hubo una diferencia significativa (W:321, p value: 0.00096).

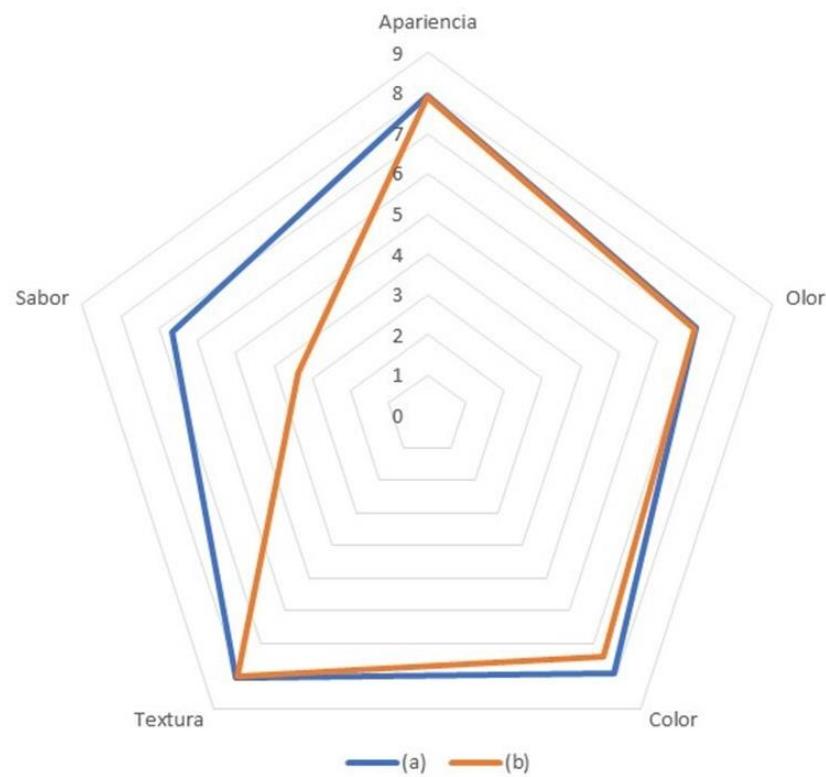


## Artículo de investigación

Hernández-Robledo et al., 2022



**Figura 3.** (A) Infusión de hoja deshidratada de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) y (B) Infusión de hoja verde (*Camellia sinensis*). **Fuente:** Fotografía por P. Rojo-Ángeles (2022).



**Figura 4.** Evaluación sensorial de (a) Infusión de hoja deshidratada de verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) y (b) Infusión de hoja verde (*Camellia sinensis*).



# Artículo de investigación

Hernández-Robledo et al., 2022

## 4. Conclusión

Los resultados permitieron identificar que la infusión de verdolaga presenta características de calidad similares a la infusión de una marca comercial, aunque una limitación fue que solo se comparó con una muestra comercial. Además, los resultados del análisis sensorial mostraron que el sabor de la infusión de verdolaga tuvo una buena aceptabilidad por su sabor. Por lo que esta infusión puede ser comercializada como un producto alternativo a otro tipo de infusiones que son utilizadas con el mismo fin, ya que en el mercado no existe un producto similar.

## 5. Recomendaciones

Realizar la identificación de los principales componentes bioactivos de la hoja deshidratada de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) de acuerdo con las condiciones de deshidratado a la que fue sometida la materia prima.

## 6. Agradecimientos

Se agradece el apoyo para este trabajo de investigación al proyecto “Desarrollo y transferencia de tecnología para la producción orgánica de verdolaga autóctona (*Portulaca oleracea* L.) en el noreste de México, como una alternativa para disminuir la desnutrición, fomentando el uso y consumo regional” (CLAVE AS-388) aprobado por el Fondo Sectorial de Investigación CONACYT-SAGARPA 2017-05.

## 7. Referencias

- [1] Abdel Moneim A. The Neuroprotective Effects of Purslane (*Portulaca oleracea*) on Rotenone-Induced Biochemical Changes and Apoptosis in Brain of Rat. CNS & Neurological Disorders-Drug Targets. 2013 Aug 31;12(6):830–841.
- [2] Ali SI, Said MM, Hassan EKM. Prophylactic and curative effects of purslane on bile duct ligation-induced hepatic fibrosis in albino rats. Annals of Hepatology. 2011;10(3):340–346.
- [3] Melilli MG, Pagliaro A, Scandurra S, Gentile C, Di Stefano V. Omega-3 rich foods: Durum wheat spaghetti fortified with *Portulaca oleracea*. Food Bioscience. 2020 Oct;37:100730.
- [4] Farkhondeh T, Samarghandian S. The therapeutic effects of *Portulaca oleracea* L. in hepatogastric disorders. Gastroenterología y Hepatología. 2019. Feb;42(2):127–132.
- [5] Guzmán-Heras L, García-Mir V, Cuesta-Rubio O, Jaramillo-Jaramillo C, Ramón-Japón G. Composición química y actividad antiinflamatoria de extracto de partes aéreas de *Portulaca oleracea* (verdolaga). Revista Cubana de Farmacia [Internet]. 2017 [citado 30 Nov 2022]; 51 (1).
- [6] Chen B, Zhou H, Zhao W, Zhou W, Yuan Q, Yang G. Effects of aqueous extract of *Portulaca oleracea* L. on oxidative stress and liver, spleen leptin, PAR $\alpha$  and FAS mRNA expression in high-fat diet induced mice. Molecular Biology Reports. 2012 May 11;39(8):7981–7988.
- [7] D'Andrea RM, Andreo CS, Lara MV. Deciphering the mechanisms involved in *Portulaca oleracea* (C4) response to drought: metabolic changes including crassulacean acid-like metabolism induction and reversal upon re-watering. Physiologia Plantarum. 2014 May 12;152(3):414–430.
- [8] Montoya-García CO, Volke-Haller V, Trinidad-Santos A, Villanueva-Verduzco C, Sánchez-Escudero J. RESPUESTA DE LA VERDOLAGA (*Portulaca oleracea* L.) A LA FERTILIZACIÓN CON NPK. Revista Fitotecnia Mexicana. 2017 Sep 13;40(3):325–322.
- [9] Banwo K, Olojede AO, Adesulu-Dahunsi AT, Verma DK, Thakur M, Tripathy S, et al. Functional importance of bioactive compounds of foods with Potential Health Benefits: A review on recent trends. Food Bioscience. 2021 Oct; 43:101320.
- [10] Barman T, Barooah AK, Goswami BC, Sharma N, Panja S, Khare P, et al. Contents of Chromium and Arsenic in Tea (*Camellia sinensis* L.): Extent of Transfer into Tea Infusion and Health Consequence. Biological Trace Element Research. 2019. Sep 10;196(1):318–329.



## Artículo de investigación

Hernández-Robledo et al., 2022

- [11] Deka H, Barman T, Sarmah PP, Devi A, Tamuly P, Karak T. Impact of processing method on selected trace elements content of green tea: Does CTC green tea infusion possess risk towards human health. *Food Chemistry*: X. 2021 Dec; 12:100173.
- [12] Xu Y-Q, Zhang Y-N, Chen J-X, Wang F, Du Q-Z, Yin J-F. Quantitative analyses of the bitterness and astringency of catechins from green tea. *Food Chemistry*. 2018 Aug; 258:16–24.
- [13] Li S, Li S-K, Gan R-Y, Song F-L, Kuang L, Li H-B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of infusions from 223 medicinal plants. *Industrial Crops and Products*. 2013 Nov; 51:289–298.
- [14] Chen N, Han B, Fan X, Cai F, Ren F, Xu M, et al. Uncovering the antioxidant characteristics of black tea by coupling in vitro free radical scavenging assay with UHPLC–HRMS analysis. *Journal of Chromatography B*. 2020 May; 1145:122092.
- [15] Hodges JK, Sasaki GY, Bruno RS. Anti-inflammatory activities of green tea catechins along the gut–liver axis in nonalcoholic fatty liver disease: lessons learned from preclinical and human studies. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2020 Nov; 85:108478.
- [16] Chieng D, Kistler PM. Coffee and tea on cardiovascular disease (CVD) prevention. *Trends in Cardiovascular Medicine*. 2021 Aug; 32: 399–405.
- [17] Lastarria Mendoza JF. Determinación de tiempo y temperatura de deshidratado adecuado para la obtención y caracterización de harina a partir de las hojas de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en base a NTP.209.602.2007.” Universidad César Vallejo [Internet]. 2017 [cited 2022 Nov 30]; Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27081>.
- [18] AACC 44-15A. (2000). Moisture - air-oven methods. *Approved methods of analysis* (10th ed.). St. Paul: American Association of Cereal Chemists.
- [19] References AACC 08-01.01. (1995). In Ash – basic method. *Approved methods of analysis* (9th ed.). St. Paul: American Association of Cereal Chemists.
- [20] Zhu J, Chen F, Wang L, Niu Y, Yu D, Shu C, et al. Comparison of Aroma-Active Volatiles in Oolong Tea Infusions Using GC-Olfactometry, GC-FPD, and GC-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015 Aug 19;63(34):7499–7510.
- [21] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC), 1992. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry*, 11. AOAC, Washington, p. 1115.
- [22] The Association of Official Agricultural (AOAC) (2000). *Official Method of Analysis*, 17th518 ed.; AOAC: Washington, DC, USA, 2000
- [23] Carvalho de Castro JM, Nascimento Alves CA, de Lima Santos K, de Oliveira Silva E, María da Silva Araújo I, Barros de Vasconcelos L. Elaboration of a mixed beverage from hibiscus and coconut water: An evaluation of bioactive and sensory properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2021 Apr; 23:100284.
- [24] Lin S-D, Udompornmongkol P, Yang J-H, Chen S-Y, Mau J-L. Quality and Antioxidant Property of Three Types of Tea Infusions. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2014 Apr 25; 38(4):1401–1408.
- [25] NMX-F-293-1982. ALIMENTOS PARA USO HUMANO. MANZANILLA PARA INFUSIONES. FOODS FOR HUMAN USE. CAMOMILE FOR INFUSIONS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
- [26] Lee KW, Lee HJ, Lee CY. Antioxidant Activity of Black Tea vs. Green Tea. *The Journal of Nutrition*. 2002 Apr 1;132(4):785–785.
- [27] Tan, H.-L., Moses, O., Lee, L.-X., Easa, A.M., Quality characteristics of Green Tea's Infusion as influenced by Brands and Types of Brewing Water, HELIYON, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12638>.



## Artículo de investigación

Hernández-Robledo et al., 2022

[28] Wittig de Penna Emma, Zúñiga María José, Fuenzalida Regina, López-Planes Reinaldo. Caracterización sensorial y química de la calidad de TÉS (*Thea sinensis*) consumidos en Chile. ALAN [Internet]. 2005 Ene [citado 2023 Ene 16]; 55(1): 93-100. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222005000100013&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000100013&lng=es).

[29] Naranjo-Quimbiulco LD, Castillo-Altamirano CM. Desarrollo y evaluación de una infusión de té rojo (*Camellia sinensis*) con mora (*Rubus ulmifolius*) enriquecido con β-glucanos para el control de glicemia en personas diabéticas. [Tesis de Licenciatura] Zamorano, Honduras; Escuela Agrícola Panamericana. (2017): 38-38

[30] Espinosa-Manfugas J. Evaluación Sensorial de los alimentos. Plaza de la Revolución, Cuba: Editorial Universitaria. 2020.



## Anexos de la publicación

# GUÍA PARA AUTORES

Los autores que sometan artículos a la revista deberán incluir una carta de exposición de motivos donde expongan la congruencia de su manuscrito con la revista, así mismo, en la misma carta, deben exponer que los autores están de acuerdo con las políticas editoriales de la revista.

## Tipos de publicación

**Artículos de investigación:** Estos deberían incluir de forma completa, clara y concisa el estado del arte, metodología y los hallazgos experimentales obtenidos por el autor (o grupo de autores).

**Artículos de revisión:** Este tipo de publicación deberá ser producto de una rigurosa revisión bibliográfica y, como fruto de ella debe ofrecer una clara prospectiva del tema. La extensión deberá ser entre las 5000 y 10000 palabras (incluyendo bibliografía).

**Contribuciones cortas:** Esas serán aceptadas cuando se consideren un avance considerable de un hallazgo experimental y, por lo tanto, se hace de forma preliminar. Este tipo de contribución no debe exceder las 3000 palabras. También son aceptables artículos de revisión cortos (mini review) y estos no deben exceder las 5000 palabras (incluyendo bibliografía).

**Artículos de divulgación:** Se podrán abordar temas acordes a alguna de las áreas de la revista, su redacción deberá ser orientada hacia el público en general. Este tipo de contribución no debe exceder las 3000 palabras.

## Lenguaje

*La Mexican Journal of Technology and Engineering* aceptará indistintamente contribuciones en español e inglés. Investigadores con lengua materna diferente al inglés, deben presentar un certificado de revisión emitido por alguna agencia de servicio de traducción y corrección de estilo.

## Envío de manuscritos

Para enviar manuscritos a la revista es necesario que uno de los autores sea designado como autor de correspondencia. La dirección postal completa y correo electrónico debe señalarse dentro del manuscrito sometido. El autor de correspondencia deberá asegurarse de que el manuscrito sometido cumpla con todos los requerimientos señalados en la guía de autores y asegurarse de tener los siguientes documentos antes del envío:



## Anexos de la publicación

- El Archivo en Word del manuscrito.
- Archivos individuales de las imágenes utilizadas en el manuscrito en formato JPG o TIFF.
- Archivo JPG o TIFF con el resumen gráfico (opcional).
- En caso de someter en idioma inglés, el certificado de revisión.
- En caso de utilizar recursos visuales provenientes de otras fuentes debe incluir una carta de permiso para el uso del material de los autores originales o de la editorial responsable.

Todos los archivos deberán enviarse al correo electrónico [editorial@mexicanjournalte.com](mailto:editorial@mexicanjournalte.com). Las notificaciones relacionadas con la decisión del editor y el proceso de revisión serán enviadas al correo electrónico del autor de correspondencia.

## Árbitros

En todos los casos los manuscritos sometidos serán arbitrados de forma independiente. Para ello, los autores pueden enviar junto con el documento sometido, un escrito donde sugieran hasta tres árbitros; proporcionando, el nombre del investigador, adscripción y correo electrónico.

## Revisión por pares

La revista opera con un proceso de revisión de simple ciego. Todas las contribuciones serán revisadas por el editor de área y, una vez determinada la idoneidad del escrito sometido, se enviará para su revisión a un mínimo de dos revisores expertos quienes evaluarán la calidad científica. El editor del área será el responsable de la decisión final (aceptación o rechazo) de cada manuscrito.

## Estructura y formato de las contribuciones

### Aspectos generales

Todas las contribuciones que se propongan para su publicación en la *Mexican Journal of Technology and Engineering* deberán ser escritas a doble espacio (incluyendo tablas, figuras y referencias) y usando Times New Roman, tamaño 12, en todo el manuscrito. Los márgenes en todos los costados serán de 2.5 cm. Todas las cuartillas estarán numeradas en la esquina inferior derecha y deben terminar con palabras completas. Numerar cada renglón iniciando con 1 en cada página.

Los artículos deben estar divididos en secciones y subsecciones del artículo deben estar claramente definidas y debidamente numeradas (secciones: 1, 2, 3, ...; subsecciones: 1.1, 1.2, 1.3...). Los apartados básicos de la estructura principal del manuscrito se definen a continuación:



## Anexos de la publicación

**Título.** El título debe estar redactado en español e inglés. Deberá ser breve (20 palabras o menos), conciso e informativo, reflejando de forma sustanciosa el contenido de la contribución. El título deberá estar centrado, con mayúsculas (excepto por nombres científicos) y sin punto final. Evitar las abreviaciones, asteriscos y fórmulas a medida donde sea posible. Cuando sea el caso, nombres científicos de especies se escribirán con itálicas y con mayúscula en la primera letra del género.

**Nombres de los autores.** Los autores deben ser nombrados con un nombre y, posteriormente, el apellido (o apellido compuesto). Los autores deben estar separados por comas y al final del apellido se colocarán superíndices numéricos progresivos que indicarán la afiliación de cada autor. Su ubicación será centrada, inmediatamente debajo del título, sin grados académicos y sin cargos laborales.

**Afiliaciones.** Colocar las afiliaciones de forma numérica y en orden de aparición de los autores. Colocar la institución, el departamento, código postal y país.

**Autor de correspondencia.** El autor de correspondencia debe ser señalado con un asterisco en forma de superíndice. Sus datos de correspondencia deben contener: Institución, departamento, dirección postal, código postal, ciudad, país y correo electrónico.

**Resumen.** Debe ser redactado en español e inglés, con un máximo de 300 palabras de extensión. Debe estar redactado en el idioma en el que está escrito el artículo. Debe englobar los contenidos y conclusiones relevantes del artículo.

**Palabras clave.** Incluir términos que faciliten la búsqueda del artículo en línea, se aceptarán de tres a seis términos simples o compuestos, con mayúscula sólo los nombres propios, separados por comas, con punto al final de la última. Se ubicarán abajo del resumen alineadas al margen izquierdo del texto.

**Introducción.** Redactar el estado del arte que sustente la relevancia de la investigación y establecer de forma clara los objetivos del artículo.

**Materiales y métodos.** Redactar de forma detallada los procedimientos utilizados en el trabajo experimental y, en el caso de realizar procedimientos provenientes de otras fuentes de información, referenciarlos adecuadamente.

**Resultados y discusión.** Se presentarán los hechos derivados de la aplicación de las metodologías descritas, ordenados de manera lógica y objetiva. Los resultados deben ser descritos de forma clara y precisa, sin recurrir a la repetición de datos de tablas y figuras. En la discusión, se debe interpretar la relevancia de los resultados obtenidos y su comparación con la literatura publicada.

**Conclusiones.** Deben presentarse de forma categórica, breve y precisa, mencionando las aportaciones específicas al conocimiento con base en los resultados más relevantes del manuscrito.

**Agradecimientos.** En caso de que los autores lo consideren adecuado, en esta sección podrán reconocer a personas o instituciones que financiaron, asesoraron o auxiliaron en la investigación.



## Anexos de la publicación

**Referencias.** Las referencias deben presentarse en formato Vancouver.

**Tablas.** Colocar las tablas al final del manuscrito (como texto editable), en orden de aparición y debidamente numeradas. Las tablas deben de referenciarse en el manuscrito. Colocar encima de la tabla su descripción.

**Imágenes.** Las imágenes deben referenciarse en el manuscrito. Colocar al final del manuscrito los pies de imagen y enviar las imágenes en archivos independientes en formato JPG o TIFF. Las imágenes deben contener de 300 a 1000 dpi.