



TLATEMOANI
Revista Académica de Investigación
Editada por Eumed.net
Año 13, no. 40 – Agosto 2022.
España
ISSN: 1989-9300
revista.tlatemoani@uaslp.mx

CHAYA: FUENTE EMERGENTE DE POTENCIAL NUTRACEÚTICO Y FUNCIONAL

CHAYA: EMERGENT SOURCE OF NUTRACEUTICAL AND FUNCTIONAL POTENTIAL

AUTORES:

BQ. Yesenia Vianey Villegas Hernández

yesenia.villegas@uaslp.mx

Dr. Abigail Reyes Munguía

abigail.reyes@uaslp.mx

FEPZH-UASLP

RESUMEN

La búsqueda de nuevas fuentes de fitoquímicos con potencial biológico y nutrimental se ha incrementado en los últimos años contribuyendo como estrategia de salud para prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles. Responsables de más del 71% de muertes a nivel mundial y con mayor incidencia en países en vías de desarrollo. Por lo tanto, las plantas medicinales presentan una posible solución a este problema. No obstante, existen gran variedad de plantas poco explotadas, como la chaya (*Cnidoscolus chayamansa*), y con presencia de

TLATEMOANI, No. 40, agosto 2022.
<https://www.eumed.net/es/revistas/tlatemoani>

compuestos bioactivos de relevancia médica. El objetivo fue proporcionar información relevante acerca de *Cnidoscolus chayamansa* y sus beneficios a la salud. Planta endémica de Mesoamérica y utilizada principalmente como alimento para los animales por la calidad nutricional y en el tratamiento de enfermedades. Presenta metabolitos primarios y secundarios los cuales pueden ser aislados y protegidos para ser administrados como nutraceuticos con un fin fisiológico particular. Entre las actividades biológicas destacan la hipoglucémica, antioxidante, antiinflamatoria y cardioprotectora. Finalmente, la aplicación de los compuestos bioactivos presentes en la planta puede contribuir al diseño de alimentos con potencial funcional.

PALABRAS CLAVES: chaya, chay, alimento funcional, actividad biológica, nutraceutico

ABSTRACT

The search for new sources of phytochemicals with biological and nutritional potential has increased in recent years and contributed to a health strategy for preventing chronic non-communicable diseases. Responsible for than more 71% deaths in worldwide and with incidence in developing countries. Therefore, medicinal plants present a possible solution to this problem. However, there is a great variety of little exploited plants, such as chaya (*Cnidoscolus chayamansa*), and with the presence of bioactive compounds of medical relevance. The aim was to provide relevant information about *Cnidoscolus chayamansa* and its health benefits. Plant endemic to Mesoamerica and used mainly as food for animal for its nutritional quality and in treating diseases. It presents primary and secondary metabolites which can be insolated and protected to administered as nutraceuticals for a particular physiological purpose. Biological activities include hypoglycemic, antioxidant, anti-inflammatory, and cardioprotective. Finally, the application of the bioactive compounds present in the plant can contribute to the design of foods with functional potential.

KEYWORDS: chaya, chay, functional food, biological activity, nutraceutical

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la comunidad científica muestra interés en la búsqueda e identificación de fuentes naturales, por ejemplo, las plantas medicinales, que presenten fitoquímicos con relevancia biológica y con perfil nutrimental superior a los alimentos industrializados (Álvarez-Poblano et al., 2020; Pérez-Loredo et al., 2017; Wang et al., 2018). Para aplicarlos al diseño de fármacos o alimentos que puedan contribuir a la prevención, o inclusive, en el tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles (ENT). Las ENT son enfermedades adquiridas por la combinación de diversos factores (genéticos, ambientales y fisiológicos) que requieren tratamiento y cuidados de por vida, provocando discapacidad o muerte prematura (Organización Mundial de la Salud, 2021). Las principales son cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y respiratorias crónicas, responsables del 71% del total de muertes alrededor del mundo y dominando con 14 el top de las 20 causas de muertes en la región de las Américas en el 2019 (Organización Mundial de la Salud, 2021; Organización Panamericana de la Salud, 2021). En México, en el primer semestre del año 2021 se informó a través del Sistema Único Automatizado de Vigilancia Epidemiológica más de un millón y medio de casos de ENT (Secretaría de Salud, 2021).

En conjunto, se ha incrementado el consumo de plantas medicinales por la población (Acosta-Recalde et al., 2018; de los Ángeles et al., 2020; Seetaloo et al., 2019). Las plantas medicinales han sido indispensables para el ser humano a lo largo de la historia, principalmente para el tratamiento de heridas o malestares (Alonso-Castro et al., 2017; Mazumder & Rahman, 2008). Para que pertenezcan a la clasificación “medicinal” toda la planta o una parte de ella debe presentar alguna actividad biológica, demostrada científicamente. México tiene una amplia diversidad de plantas medicinales, aproximadamente 4,500, y solo el 5% han sido evaluadas farmacológicamente (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021). Entre las plantas poco exploradas científicamente se encuentra la chaya, cuyo interés está aumentando debido al posible potencial de actividades biológicas que

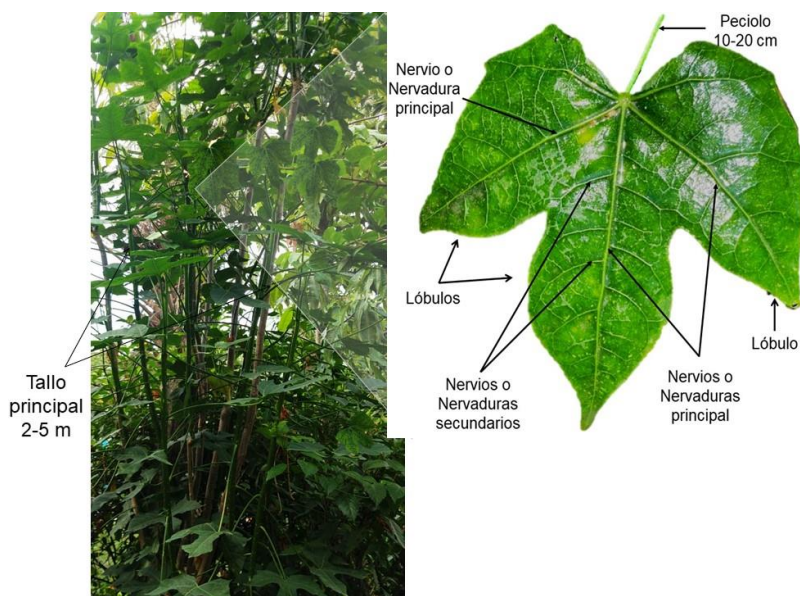
se les atribuyen, por ejemplo, la reducción de los niveles de glucosa en la sangre (García-Rodríguez et al., 2014; Herrera et al., 2019). Sin embargo, hasta el momento su aplicación está basada en conocimiento empírico que ha trascendido de generación en generación. A través del intercambio de información por comunicación oral, publicaciones en páginas online y en recetarios. Excluyendo conocimiento de los compuestos bioactivos responsables de las propiedades que brindan beneficio a la salud, así como, si estos pueden llegar a ser tóxicos o si existe presencia de compuestos peligrosos en la planta. El presente artículo tiene como objetivo proporcionar al lector información relevante a cerca de las generalidades y usos tradicionales de la chaya e información de su posible aplicación como fuente de nutraceuticos y beneficios a la salud sustentados científicamente.

2. Acerca de la chaya

Cnidoscolus chayamansa Mc Vaugh o *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill) son los nombres científicos aceptados para la planta cuyo nombre común es chaya (Chin-Chan et al., 2021; Herrera et al., 2019). Además, es conocida por “árbol espinaca”, “quelite” o “chay” (Bendaña, 2020). Pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, las especies del género *Cnidoscolus* spp. se diferencian por la cantidad de lóbulos y forma de sus hojas. En el caso de la chaya, sus hojas presentan tres lóbulos asociados a una estructura, llamada peciolo, que las une al tallo principal (Figura 1). Es un arbusto que puede llegar a crecer hasta los 5 o 6 m de altura, dependiendo de las características del suelo y factores ambientales (Palma & Torres, 2020; Rodrigues et al., 2020).

Es endémica de Centro América, específicamente originaria de la Península de Yucatán. Sin embargo, debido a la facilidad de su crecimiento su cultivo se ha ampliado a más zonas, por ejemplo, en territorio mexicano a los estados de Hidalgo, San Luis Potosí, Sonora, Jalisco, Guerrero, entre otros (Bendaña, 2020; Herrera et al., 2019), inclusive se ha comenzado a cultivar en Belice, Guatemala, Estados Unidos, Nigeria y África (Chin-Chan et al., 2021; Herrera et al., 2019).

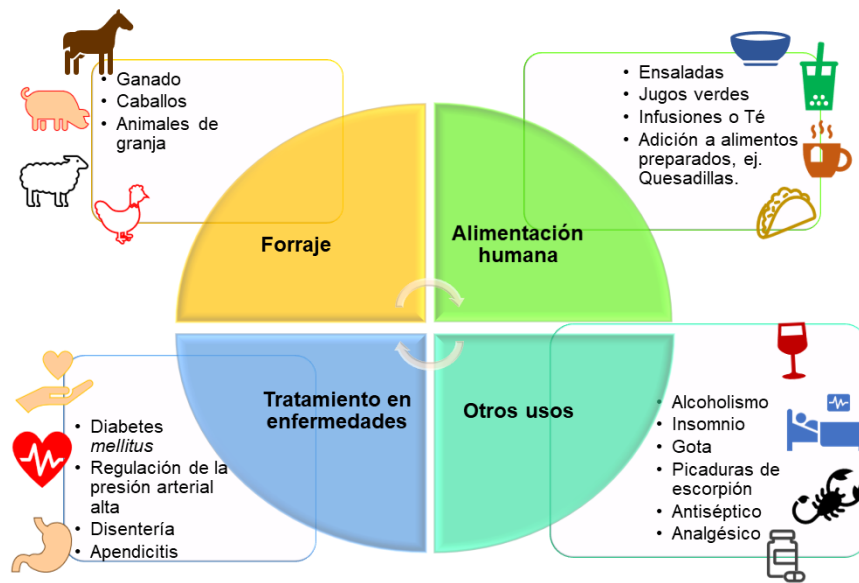
Figura 1. Árbol de chaya y características de su hoja. Fuente: Elaboración propia



3. Usos tradicionales

La chaya tradicionalmente ha sido utilizada como alimento para animales de campo, como el ganado y caballos. Historiadores han encontrado manuscritos mayas en donde se menciona que inclusive se utilizaba en su alimentación, debido a la calidad nutricional que presentan las hojas (Bendaña, 2020). Su calidad nutricional destaca en el contenido de proteínas mayor al 5%, formadas por siete de los nueve aminoácidos esenciales, y contenido de fibra cruda mayor al 2% (Herrera et al., 2019; Somade et al., 2021). Por lo cual, las personas incorporan en su alimentación las hojas de chaya o ingieren en forma de té. Se recomienda que las hojas sean sometidas a tratamiento térmico antes de su consumo debido a la presencia de glucósidos cianogénicos, compuestos dañinos para los seres vivos pero necesarios para el mecanismo de defensa contra depredadores de la planta (Bendaña, 2020; Valenzuela Soto et al., 2017). La preparación de infusiones o té a partir de las hojas se realiza principalmente como agente medicinal en el tratamiento de la diabetes *mellitus*. Además, los tallos y raíces pueden ser utilizados para la preparación de tés (Herrera et al., 2019), otras aplicaciones tradicionales de la chaya se muestran en la Figura 2.

Figura 2. Usos tradicionales de la chaya. Elaboración propia



4. Fuente de nutraceuticos

Un nutraceutico se define como el compuesto bioactivo aislado de diversas fuentes, por ejemplo, biológica (cepas probióticas) o botánico (antioxidantes), con efecto fisiológico específico posterior a ser ingerido como suplemento o complemento en forma de cápsulas, tabletas, extracto líquido o polvo (Almada, 2019). El género *Cnidoscolus* spp. presenta un limitado número de especies estudiadas, pero se han encontrado metabolitos primarios y secundarios con relevancia nutraceutica. Por ejemplo, Moura et al. (2019) efectuó una revisión etnobotánica y etnofarmacológica del género *Cnidoscolus* spp., a partir de artículos publicados por diversos autores. Entre todos los artículos analizados los metabolitos secundarios flavonoides, triterpenos, taninos, cumarinas y esteroides, se aislaron principalmente. Estos metabolitos posiblemente participan en los mecanismos de acción de diferentes actividades biológicas.

En cuanto, al metabolismo primario las hojas de chaya presentan mayor contenido de proteínas en comparación con otras plantas, como la espinaca, además presenta

vitaminas (tiamina, riboflavina y niacina), minerales (calcio, fósforo y hierro), aminoácidos y lípidos (Pérez-González et al., 2021). Los compuestos identificados pueden ser protegidos de la degradación durante el procesamiento y almacenamiento por diversos sistemas de encapsulación. Entre estos sistemas se encuentran las emulsiones nanoestructuradas, microencapsulación, coacervación, liofilización, entre otros (Feng et al., 2018; Gómez-Mascaraque et al., 2016; Tarhan & Spotti, 2021). Además, estos sistemas pueden mejorar la administración de los nutraceuticos al aumentar su estabilidad y funcionalidad en matrices alimentarias y en la aplicación farmacéutica.

5. Efectos en la salud

La forma tradicional de preparación de las infusiones es utilizando agua, a pesar de ser disolvente universal, existen compuestos que no son extraídos con ella. Por ello, se utilizan otras sustancias para la extracción, por ejemplo, solventes como el metanol, etanol, acetona, entre otros. Principalmente, se han evaluado las hojas solas en extractos acuosos y con solventes reportando diversos efectos de interés en el área de la salud. Por ejemplo, Adebayo et al. (2019) suplementaron con hojas la dieta de ratas Wistar, y encontraron que esta dieta presentaba un efecto neuroprotector al disminuir los niveles de acetilcolinesterasa en el cerebro. La actividad hipoglucémica, es decir, la disminución de los niveles de glucosa en sangre ha sido evaluada en conjunto con la reducción de los niveles de colesterol y triglicéridos en donde los extractos etanólicos de las hojas de chaya han presentado resultados efectivos (Achi et al., 2017). Recientemente, Somade et al. (2021) reportan que el extracto etanólico de chaya y el ascorbato presentan efecto de protección contra la toxicidad renal y testicular inducida por dimetilnitrosamina.

Además, presenta actividad antioxidante, antiinflamatoria y cardioprotectora, considerando como responsables de estas actividades a los esteroides, flavonoides, cumarinas y saponinas (García-Rodríguez et al., 2014).

6. Aplicación en alimentos funcionales

Actualmente, como estrategia de salud se promueve el consumo de alimentos que proveen de algún beneficio fisiológico sobre determinadas enfermedades, es decir, con potencial funcional. El potencial funcional estará dado por el ingrediente bioactivo seleccionado y su actividad biológica. Un alimento con potencial puede ser desarrollado a partir de nuevas formulaciones, incorporarse a alimentos ya en existencia y suplementando materias primas (Konstantinidi & Koutelidakis, 2019; Santos-Buelga et al., 2019; Zhu et al., 2020). Previamente, se ha utilizado las hojas de chaya en la elaboración de galletas, las cuales presentaron mayor contenido de proteínas en comparación con galletas comerciales (Johnst et al., 2016). También, en la alimentación de peces tilapia las hojas de chaya se han usado como sustituto del alimento balanceado, mostrando resultados favorables sin afectar su crecimiento (Poot-López et al., 2012).

Aún existe más estudios por realizar enfocados a la identificación de todos los compuestos bioactivos presentes en la planta, las técnicas de aislamiento y purificación, considerar la matriz alimentaria a incorporar el ingrediente y sobre todo realizar la validación, tanto del perfil nutrimental básico como de la biofuncionalidad del alimento (Hurtado-Romero et al., 2020). Para ello, se debe realizar estudios *in vivo* o clínicos en humanos y cumplir con las especificaciones de la regulación nacional del país en donde se desarrolla y se desea exportar el alimento (Almada, 2019; Wu & Chen, 2021). Lo anterior se debe a la inexistencia de una regulación internacional de estos alimentos.

7. Conclusión

La chaya presenta calidad nutricional y diversas actividades biológicas resultando en una opción novedosa de fuente de compuestos bioactivos con aplicaciones en la producción de nutraceuticos y alimentos con potencial funcional contribuyendo como estrategia en la prevención y tratamiento de las enfermedades crónicas no transmisibles. Asimismo, la validación de ambas aplicaciones debe de ser realizada y para confirmar realmente la funcionalidad es necesario realizar estudios clínicos en humanos.

8. Referencias

- Achi, N. K., Ohaeri, O. C., Ijeh, I. I., & Eleazu, C. (2017). "Modulation of the lipid profile and insulin levels of streptozotocin induced diabetic rats by ethanol extract of *Cnidocolus aconitifolius* leaves and some fractions: Effect on the oral glucose tolerance of normoglycemic rats". *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 86, 562–569. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.11.133>
- Acosta-Recalde, P., Vera, G. Z., Morinigo, M., Maidana, G. M., & Samaniego, L. (2018). "Uso de plantas medicinales y fitoterápicos en pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2". *Memorias Del Instituto de Investigaciones En Ciencias de La Salud*, 16(2), 6–11. [https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2018.016\(02\)06-011](https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2018.016(02)06-011)
- Adebayo, O. G., Ajayi, A. M., & Onasanwo, S. A. (2019). "The Impact of *Cnidocolus aconitifolius* (Linn)-Supplemented Diet on Cognitive Function, Oxidative stress and Histological changes in Wistar Rats". *IBRO Reports*, 7, 26–27. <https://doi.org/10.1016/j.ibror.2019.09.056>
- Almada, A. L. (2019). "Nutraceuticals and functional foods: innovation, insulation, evangelism, and evidence". *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and around the World*, 3–11. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816467-9.00001-0>
- Alonso-Castro, A. J., Zapata-Morales, J. R., Ruiz-Padilla, A. J., Solorio-Alvarado, C. R., Rangel-Velázquez, J. E., Cruz-Jiménez, G., Orozco-Castellanos, L. M., Domínguez, F., Maldonado-Miranda, J. J., Carranza-Álvarez, C., Castillo-Pérez, L. J., Solano, E., Isiordia-Espinoza, M. A., del Carmen Juárez-Vázquez, M., Argueta-Fuertes, M. A., González-Sánchez, I., & Ortiz-Andrade, R. (2017). "Use of medicinal plants by health professionals in Mexico". *Journal of Ethnopharmacology*, 198, 81–86. <https://doi.org/10.1016/J.JEP.2016.12.038>
- Alvarez-Poblano, L., Roman-Guerrero, A., Vernon-Carter, E. J., & Alvarez-Ramirez, J. (2020). "Exogenous addition of muicle (*Justicia spicigera* Schechtendal) extract to white maize tortillas affects the antioxidant activity, texture, color, and in vitro starch digestibility". *LWT*, 133, 110120. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.110120>
- Bendaña, G. (2020). *La chaya. valor nutritivo, cultivo, utilización*. [En línea] https://www.researchgate.net/publication/338902144_LA_CHAYA_VALOR_NUTRITIVO_CULTIVO_UTILIZACION
- Chin-Chan, T., Ortiz-García, M. M., Ruiz-Gil, P. J., & Martínez-Castillo, J. (2021). "Diversidad genética de la Chaya (*Cnidocolus aconitifolius* (Mill.) I. M. Johnst. ssp. *aconitifolius*) en Yucatán, México, su posible centro de domesticación". *Polibotánica*, 0(51), 185–201. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.51.12>
- de los Ángeles, M., Minchala-Urgilés, R. E., Ramírez-Coronel, A. A., Aguayza-Perguachi, M. A., Torres-Criollo, L. M., Romero-Sacoto, L. A., Pogyo-Morocho, G. L., Sarmiento-Pesántez, M. M., González-León, F. M., Abad-Martínez, N. I., Cordero-Zumba, N. B., & Romero-Galabay, I. M. (2020). "La medicina herbaria como

prevención y tratamiento frente al COVID-19". *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 39(8), 948–953.

- Feng, Z. Z., Li, M. Y., Wang, Y. T., & Zhu, M. J. (2018). "Astaxanthin from *Phaffia rhodozyma*: Microencapsulation with carboxymethyl cellulose sodium and microcrystalline cellulose and effects of microencapsulated astaxanthin on yogurt properties". *LWT*, 96, 152–160. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.04.084>
- García-Rodríguez, R. V., Gutiérrez-Rebolledo, G. A., Méndez-Bolaina, E., Sánchez-Medina, A., Maldonado-Saavedra, O., Domínguez-Ortiz, M. Á., Vázquez-Hernández, M., Muñoz-Muñiz, O. D., & Cruz-Sánchez, J. S. (2014). "Cnidoscopus chayamansa Mc Vaugh, an important antioxidant, anti-inflammatory and cardioprotective plant used in Mexico". *Journal of Ethnopharmacology*, 151(2), 937–943. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.12.004>
- Gómez-Mascaraque, L. G., Miralles, B., Recio, I., & López-Rubio, A. (2016). "Microencapsulation of a whey protein hydrolysate within micro-hydrogels: Impact on gastrointestinal stability and potential for functional yoghurt development". *Journal of Functional Foods*, 26, 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.08.006>
- Herrera, J. L., López, O. D., Bocanegra, M., Cervantes, M., & Lozano, E. (2019). *Chaya: usos y beneficios*. CONACYT. [En línea] <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=69>
- Hurtado-Romero, A., del Toro-Barbosa, M., Garcia-Amezquita, L. E., & García-Cayuela, T. (2020). "Innovative technologies for the production of food ingredients with prebiotic potential: Modifications, applications, and validation methods". In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 104, pp. 117–131). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.007>
- Johnst, M. I. M., Pola, G. P., Roque, A. C., Ivett, P., Gordillo, M., Ramos, P. A., Paola, M., & Mondragón, R. (2016). "Evaluación de galletas con base en chaya (*Cnidoscopus aconitifolius* (Miller) I.M. Johnst., Euphorbiaceae) y chipilín (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn., Fabaceae)". 10(2002), 47–52.
- Konstantinidi, M., & Koutelidakis, A. E. (2019). "Functional Foods and Bioactive Compounds: A Review of Its Possible Role on Weight Management and Obesity's Metabolic Consequences". *Medicines (Basel, Switzerland)*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/medicines6030094>
- Mazumder, M. E. H., & Rahman, S. (2008). "Pharmacological Evaluation of Bangladeshi Medicinal Plants for Antioxidant Activity". *Pharmaceutical Biology*, 46, 704–709. <https://doi.org/10.1080/13880200802215735>
- Moura, L. F. W. G., da Silva Neto, J. X., Lopes, T. D. P., Benjamin, S. R., Brito, F. C. R., Magalhães, F. E. A., Florean, E. O. P. T., de Sousa, D. de O. B., & Guedes, M. I. F. (2019). "Ethnobotanic, phytochemical uses and ethnopharmacological profile of genus *Cnidoscopus* spp. (Euphorbiaceae): A comprehensive overview". *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 109, 1670–1679. <https://doi.org/10.1016/J.BIOPHA.2018.10.015>

- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Enfermedades no transmisibles*. [En línea] [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases#:~:text=Los principales tipos de ENT,el asma\) y la diabetes.](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases#:~:text=Los principales tipos de ENT,el asma) y la diabetes.)
- Organización Panamericana de la Salud. (2021). *Principales causas de mortalidad y pérdida de la salud a nivel regional, subregional y de país en la Región de las Américas, 2000-2019*. Portal de Datos ENLACE. <https://www.paho.org/en/enlace/leading-causes-death-and-disability>
- Palma, J. M., & Torres, J. A. (2020). *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable II*. UNIVERSIDAD DE COLIMA. [En línea] http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Recursos-arbores-II-DIGITAL_495.pdf
- Pérez-González, M. Z., Gutiérrez-Rebolledo, G. A., Jiménez-Arellanes, M. A., & Cruz-Sosa, F. (2021). "The chemical constituents and biological activities of *Cnidoscopus chayamansa* McVaugh, a Mexican medicinal species, and plant cell cultures for the production of bioactive secondary metabolites". *Studies in Natural Products Chemistry*, 68, 317–346. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819485-0.00009-8>
- Pérez-Loredo, M. G., Jesús, L. H. de, & Barragán-Huerta, B. E. (2017). "Extracción de compuestos bioactivos de pitaya roja (*Stenocereus stellatus*) aplicando pretratamientos con microondas, ultrasonido y enzimáticos". *Agrociencia*, 51(2), 135–151.
- Poot-López, G. R., Gasca-Leyva, E., & Olvera-Novoa, M. A. (2012). "Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidoscopus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado". *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(4), 835–846. <https://doi.org/10.3856/vol40-issue4-fulltext-2>
- Rodrigues, L. G. G., Mazzutti, S., Siddique, I., da Silva, M., Vitali, L., & Ferreira, S. R. S. (2020). "Subcritical water extraction and microwave-assisted extraction applied for the recovery of bioactive components from Chaya (*Cnidoscopus aconitifolius* Mill.)". *Journal of Supercritical Fluids*, 165, 104976. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.104976>
- Santos-Buelga, C., González-Paramás, A. M., Oludemi, T., Ayuda-Durán, B., & González-Manzano, S. (2019). "Plant phenolics as functional food ingredients". In *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 90). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.012>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *Plantas medicinales de México*. [En línea] <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/plantas-medicinales-de-mexico?idiom=es>
- Secretaría de Salud. (2021). *PANORAMA EPIDEMIOLÓGICO DE LAS ENFERMEDADES NO TRANSMISIBLES EN MÉXICO, JUNIO 2021*. [En línea] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/665694/PanoEpi_ENT_Junio_2021.pdf

- Seetaloo, A. D., Aumeeruddy, M. Z., Rengasamy Kannan, R. R., & Mahomoodally, M. F. (2019). "Potential of traditionally consumed medicinal herbs, spices, and food plants to inhibit key digestive enzymes geared towards diabetes mellitus management — A systematic review". *South African Journal of Botany*, 120, 3–24. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2018.05.015>
- Somade, O. T., Ugbaja, R. N., Idowu, M. A., & Akinloye, O. A. (2021). "*Cnidoscopus aconitifolius* leaf extract and ascorbate confer amelioration and protection against dimethyl nitrosamine-induced renal toxicity and testicular abnormalities in rats". *Toxicology Reports*, 8, 1098–1108. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.05.011>
- Tarhan, O., & Spotti, M. J. (2021). "Nutraceutical delivery through nano-emulsions: General aspects, recent applications and patented inventions". *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 200, 111526. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFB.2020.111526>
- Valenzuela Soto, R., Morales Rubio, M. E., Verde Star, M. J., Oranday Cárdenas, A., Preciado- Rangel, P., Antonio González, J., & Esparza-Rivera, J. R. (2017). "*Cnidoscopus chayamansa* hidropónica orgánica y su capacidad hipoglucemiante, calidad nutraceutica y toxicidad". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), 815–825. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i4.621>
- Wang, T., Li, Q., & Bi, K. (2018). "Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate". *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 13(1), 12–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ajps.2017.08.004>
- Wu, P., & Chen, X. D. (2021). "Validation of *in vitro* bioaccessibility assays — a key aspect in the rational design of functional foods towards tailored bioavailability". In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 39, pp. 160–170). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.03.002>
- Zhu, Y. Y., Thakur, K., Feng, J. Y., Cai, J. S., Zhang, J. G., Hu, F., & Wei, Z. J. (2020). "B-vitamin enriched fermented soymilk: A novel strategy for soy-based functional foods development". In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 105, pp. 43–55). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.019>