

La **chaya** como propuesta de **alimento funcional** para el manejo de la diabetes y enfermedades cardiovasculares

Maira Rubi Segura Campos
y Juan Pablo Quintal Martínez

1. Raíces, expansión y creaciones gastronómicas

La chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) ha sido parte de nuestra historia agrícola desde tiempos prehispánicos, cultivada con cariño por los mayas, bajo un proceso denominado siembra selectiva, lograron dar origen a plantas de hojas grandes, tallos succulentos y, lo mejor, con pocas espinas urticantes, permitiendo así, la domesticación de la chaya y siendo el origen de la variedad denominada “mansa” (Ross-Ibarra, 2003), que pueden apreciar en todo su esplendor en la Figura 1A.

Esta variedad en particular se extendió por la región que los mayas (Figura 1B) solían llamar hogar, abarcando Guatemala, Belice, Chiapas, Yucatán, Campeche y Quintana Roo (Ross-Ibarra, 2003). ¡Un viaje por toda la península y más allá! Pero eso no es todo, también podemos encontrarla cerca del golfo de México, desde Tamaulipas hasta Tabasco y asomándose en la

costa del Pacífico, desde Jalisco hasta Chiapas (Azurida, 2016). ¡La chaya parece haber tomado el sol por todo México!

Así que, la próxima vez que veas una chaya, recuerda que no es solo un arbusto; es una parte viva de nuestra historia, un regalo que los mayas nos dejaron, y que sigue siendo una joya verde en nuestros días por su valor nutricional y fácil accesibilidad.

¿Sabías qué estas hojas versátiles han protagonizado un repertorio impresionante de platillos?. Imaginen saborear una reconfortante sopa de chaya, chaya con pepita molida, chaya asada, paté de chaya o deleitarse con té de chaya, por mencionar algunas de sus reparaciones gastronómicas; curiosamente, es poco común encontrarlas actuando como verduras frescas en el escenario gastronómico (Carrillo Sánchez & Jiménez Bañuelo, 2021, 2022; Lendecky Grajales *et al.*, 2023).

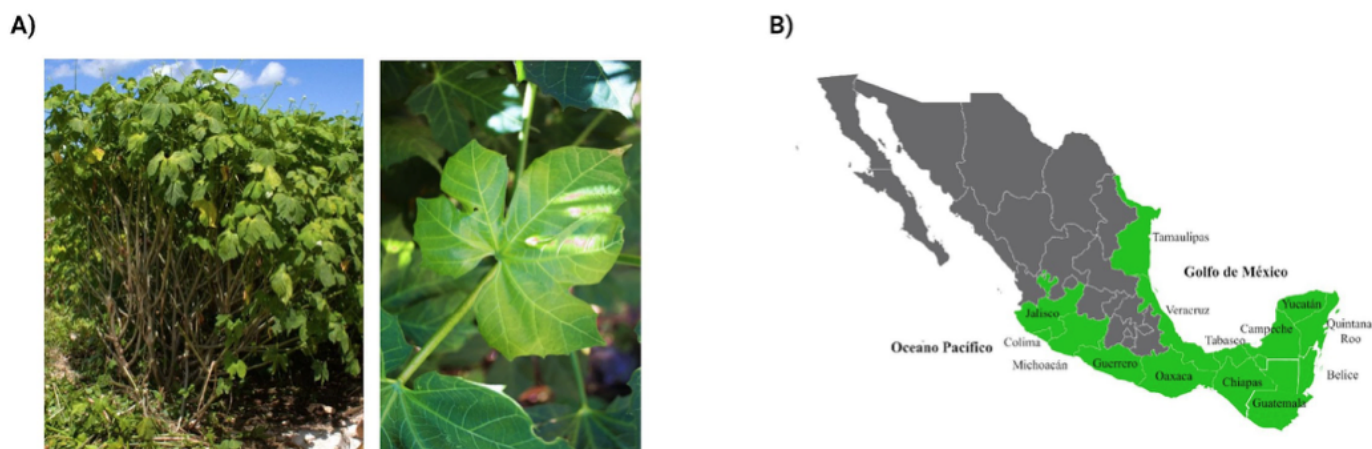


Figura 1. A) Ejemplar de chaya cultivado en Tixmehuac, Yucatán, México. B) Distribución de la chaya en México, Guatemala y Belice.

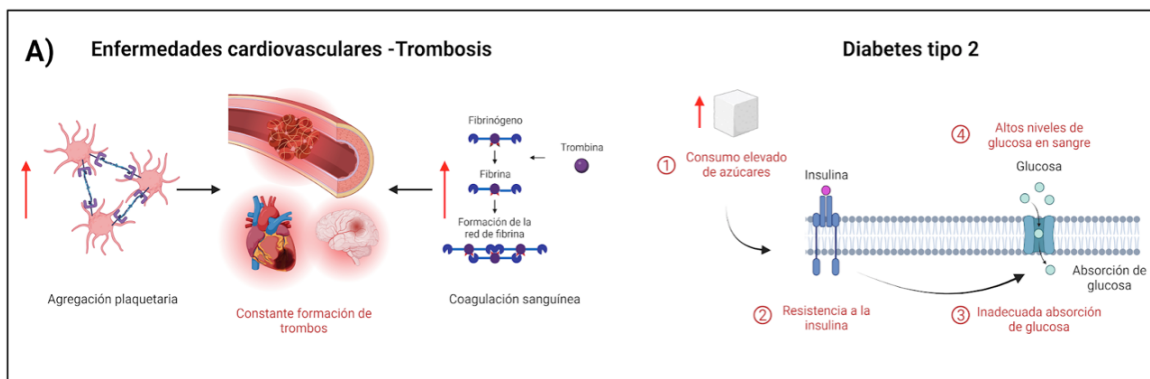
2. La chaya como la “espinaca maya”. Composición nutricional para el manejo de las enfermedades cardiovasculares y la diabetes

Los alimentos vegetales pueden ser aprovechados para la prevención de las enfermedades cardiovasculares y la diabetes. Las hojas de chaya son comúnmente denominadas “espinaca maya” debido a la similitud nutricional de ambas especies.

Las enfermedades cardiovasculares y la diabetes son la primera causa de mortalidad en México, representando el 22 y el 19% de los fallecimientos, respectivamente (IHME, 2019). La trombosis es la patología más frecuente de las enfermedades cardiovasculares y se caracteriza por la formación de trombos sanguíneos debido a la activación de la agregación plaquetaria y la coagulación sanguínea (Figura 2A). Los trombos pueden obstruir los vasos sanguíneos del corazón o cerebro, causando dolor e infarto (Sang *et al.*, 2021). Por otro lado, tal y como se ilustra en la Figura 2A, en la diabetes mellitus tipo 2 el cuerpo presenta complicaciones para mantener la azúcar sanguínea en sus niveles adecuados. La insulina es la hormona necesaria para que las células absorban y utilicen la glucosa (azúcar) como fuente de energía. En la diabetes tipo 2, debido al alto consumo de carbohidratos, las células desarrollan resistencia a la insulina y el páncreas no produce suficiente insulina para lograr la adecuada absorción de azúcar. Como resultado, se acumulan altos niveles de glucosa causando enfermedades cardiovasculares, daño a los riñones, problemas oculares, entre otros (Ojo *et al.*, 2023).

De acuerdo con diversos estudios presentados en la Figura 2B, las hojas de chaya y espinaca han demostrado contenidos comparables de proteína y aminoácidos esenciales. Por otro lado, las hojas de chaya se destacan por presentar un mayor contenido de vitamina C, B₃, B₆ y arginina. Las hojas de chaya contienen un porcentaje total de aminoácidos esenciales y no esenciales del 36 y 64%, respectivamente. La vitamina C contribuye a la síntesis de óxido nítrico endotelial, molécula que mejora el flujo sanguíneo. Por otro lado, esta vitamina mejora la sensibilidad a la insulina, permitiendo que las células empleen de manera eficiente la glucosa (Das, 2019). La arginina estimula la liberación de insulina para mantener los niveles adecuados de glucosa (Szlas *et al.*, 2022). La vitamina B3 (niacina) reduce los triglicéridos y aumenta las lipoproteínas de alta densidad, contribuyendo a mantener un perfil lipídico saludable, mientras que la vitamina B6 contribuye a la conversión del glucógeno en glucosa (Mikkelsen & Apostolopoulos, 2019).

Las hojas de chaya contienen el glucósido cianogénico linamarina. Este compuesto libera cianuro de hidrógeno mediante la acción de las enzimas intestinales, lo cual puede interferir con el transporte de oxígeno afectando el funcionamiento de órganos y tejidos. Por lo anterior, se han identificado diversos métodos para eliminar este compuesto. La linamarina se elimina mediante procesos de calor, propiciando la liberación de cianuro gaseoso. Estos métodos incluyen exponer las hojas a temperaturas entre 90 y 100°C durante 10 minutos, sumergirlas en agua hirviendo durante 10 minutos o secarlas al sol durante 4 días (Kuri-García *et al.*, 2017). Así, la eliminación de los glucósidos cianogénicos mediante procesos de calor es indispensable y justifica el consumo de la chaya en su forma cocida, asada o en sopas.



B) Chaya para el manejo de la trombosis y diabetes

Composición nutricional

| | Chaya | Espinaca |
|---|--|--|
| Proteína (g /100 g) | 19.20 – 34.02 (Markus et al., 2016; Kongphapa et al., 2021) | 15.63 -31.15 (Seal et al., 2023; El-Sayed, 2020) |
| Fibra cruda (g /100 g) | 8.54 – 9.33 (Markus et al., 2016; Ramírez Rodríguez et al., 2021) | 8.19 – 24.26 (Waseem et al., 2021; El-Sayed, 2020) |
| Vitamina C (mg/100 g) | 15.20 – 382 (Yusuf et al., 2022; Obichi et al., 2015) | 0.31 – 25.64 (Seal et al., 2023; El-Sharaa & Ben Mussa, 2019) |
| Vitamina B3 (mg/100g) | 0.140 (Obichi et al., 2015) | 0.0 (Seal et al., 2023) |
| Vitamina B6 (mg/100g) | 3.723 (Obichi et al., 2015) | 0.198 (Seal et al., 2023) |
| Arginina (mg/g de proteína) | 120.92 – 5170.0 (Ramírez Rodríguez et al., 2021; Markus et al., 2016) | 56.5 (Galla et al., 2015) |
| Aminoácidos esenciales totales (mg/g de proteína) | 317.85 – 361.97 (Markus et al., 2016; Ramírez Rodríguez et al. 2021) | 461.5 (Galla et al., 2015) |
| Aminoácidos no esenciales (mg/g de proteína) | 472.5 – 638.02 (Markus et al., 2016; Ramírez Rodríguez et al. 2021) | 538.4 (Galla et al., 2015) |
| % de aminoácidos esenciales | 36 – 40 (Markus et al., 2016; Ramírez Rodríguez et al. 2021) | 63 (Galla et al., 2015) |

Composición nutricional

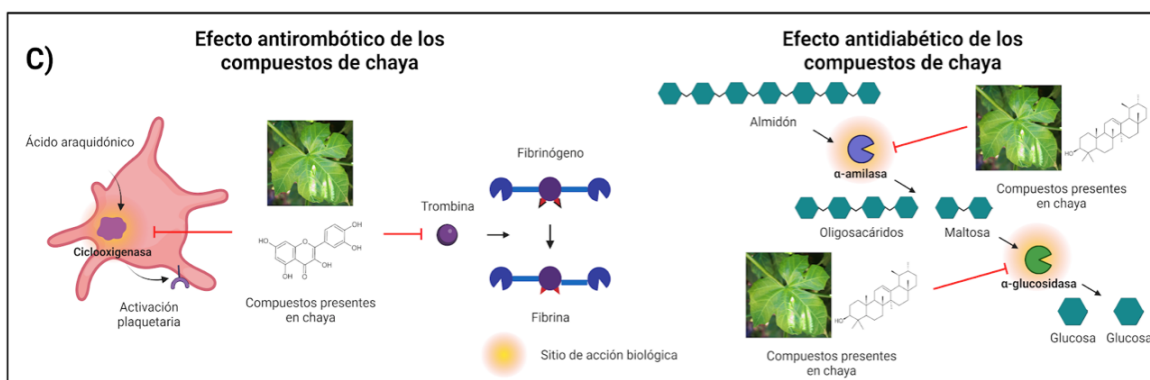


Figura 2. A) Representación esquemática de las generalidades de la trombosis y la diabetes. B) Chaya para el manejo de la trombosis y diabetes. Composición nutricional y metabolitos secundarios antitrombóticos y antidiabéticos de la chaya. C) Sitios de acción biológica de los compuestos de chaya a favor del efecto antitrombótico y antidiabético.

3. Valor funcional y medicinal de la chaya para la prevención de las enfermedades cardiovasculares y la diabetes

En la medicina tradicional, las hojas de chaya han sido utilizadas para tratar diversas afecciones, destacándose por sus efectos mejoradores de la circulación sanguínea y anti-diabéticos (Ross-Ibarra & Molina-Cruz, 2002). El efecto medicinal de las plantas ha sido atribuido a su contenido de metabolitos secundarios. Estos compuestos no están relacionados con las funciones básicas de la planta, como el crecimiento, la reproducción y la asimilación de nutrientes. En cambio, las plantas los utilizan como defensa contra la radiación ultravioleta, el calor y la sequía. Además, funcionan como protectores contra patógenos y atrayentes de polinizadores (Bhatla & Lal, 2023). Los artículos reportados por Quintal Martínez & Segura Campos (2023) y Manzanilla Valdez *et al.* (2021), tal como se ilustra en la Figura 2C, indican que el efecto antitrombótico y antidiabético de las hojas de chaya es atribuido a diversos metabolitos secundarios, tales como la quercetina, rutina, hesperidina, kaempferol, α -amirina y ácido oleanólico. El efecto antitrombótico de este tipo de compuestos está relacionado con la inhibición de la cliclooxigenasa y trombina, enzimas clave en la agregación plaquetaria y coagulación sanguínea, respectivamente (Kubatka *et al.*, 2022; Quintal Martínez & Segura Campos, 2023a). Por otro lado, el efecto antidiabético de los compuestos en chaya, como se muestra en la Figura 2C, está relacionado con la inhibición de α -amilasa y α -glucosidasa, enzimas clave en la transformación de carbohidratos complejos en azúcares simples (Zhang *et al.*, 2017; Zhu *et al.*, 2020).

El efecto antitrombótico de las hojas de chaya ha sido reportado por Quintal Martínez *et al.* (2021). Estos autores obtuvieron diversos extractos de chaya utilizando diferentes disolventes, y luego evaluaron su capacidad para prevenir la formación de coágulos sanguíneos. Descubrieron que el extracto hecho con etanol mostró el mayor efecto biológico. Posteriormente, en un estudio más detallado, identificaron los compuestos antitrombóticos presentes del extracto etanólico mediante un enfoque conocido como estudio biodirigido. En este tipo de estudios, los extractos son separados en fracciones químicamente más simples y los evalúan para identificar mediante diversas técnicas analíticas para lograr la purificación de los compuestos bioactivos. En el caso del extracto etanólico de chaya, identificaron dos compuestos claves: el flavonoide kaempferol-3-O-glucorhamnósido y el eicosanoide 15-hidroxeicosatetraenoico (Quintal Martínez *et al.*, 2023). Por otro lado, con relación al efecto antidiabético, Manzanilla Valdez *et al.* (2021) evaluaron diversos extractos de chaya por su efecto en la inhibición de la α -amilasa y α -glucosidasa, enzimas digestivas relacionadas con el metabolismo de la glucosa. Descubrieron que el extracto obtenido con acetato de etilo fue el más efectivo. Además, observaron que el extracto hexánico de hojas de chaya redujo los niveles de glucosa en un modelo de ratas con obesidad e hipertensión. En otro estudio, Guzmán *et al.* (2020) también encontraron una reducción en los niveles de azúcar en ratas diabéticas tratadas extractos acuosos de hojas de chaya.

Este estudio mostró además que estos extractos favorecieron la recuperación de los islotes de Langerhans presentes en las células pancreáticas. Esto promovió una mayor liberación de insulina, resultando en una mayor absorción de glucosa.

En resumen, la investigación científica ha evidenciado que los extractos de chaya poseen efecto anti trombótico y antidiabético tanto en modelos de laboratorio como en modelos de roedores. Sin embargo, se requieren esfuerzos adicionales y rigurosos para fortalecer las evidencias existentes. Estudios futuros deben evaluar las hojas de chaya en modelos clínicos humanos, consolidando el entendimiento de su potencial aplicación terapéutica.

4. La chaya como propuesta de alimentos funcional

La preparación medicinal de las hojas de chaya suele ser similar a su forma de consumo común, incluyendo preparaciones cocidas, infusiones y tés (Ross-Ibarra & Molina-Cruz, 2002). Por consiguiente, las hojas de chaya podrían representar una propuesta de alimento funcional para prevenir las enfermedades cardiovasculares y la diabetes. Un alimento se considera funcional si se demuestra satisfactoriamente que ejerce un efecto benéfico sobre una o más funciones fisiológicas más allá de su impacto nutricional (Granato *et al.*, 2020). Así, las hojas de chaya han sido empleadas para el desarrollo de diversos prototipos de alimentos funcionales. Un ejemplo de ello es el estudio realizado por Guillermo-Moreno *et al.* (2019) quienes formularon totopos de maíz enriquecidos con harina de chaya. Estos totopos fueron sometidos a evaluación sensorial, obteniendo en promedio un puntaje de “me gusta”. Asimismo, se han desarrollado galletas infantiles, las cuales contenían harina de chaya. La evaluación sensorial reveló que niños entre 8 y 12 años otorgaron calificaciones aceptables a dichas galletas (Pola *et al.*, 2017). Recientemente, se han reportado 3 formulaciones de galletas adicionadas con 7, 15 con 30% de harina de chaya. El aumento del

contenido de chaya promovió un alto contenido de proteína, fibra y ácidos grasos insaturados. Todas las formulaciones presentaron como compuesto fenólico mayoritario la quercetina y conforme aumentó el contenido de chaya, se observó mayor efecto antioxidante. En cuanto al análisis sensorial, se observó que aquellas con un contenido del 5% de harina de chaya exhibieron la mayor aceptación, mientras que las que contenían un 30% de harina registraron la menor aceptabilidad (Avila-Nava *et al.*, 2022). Lo anterior, demuestra la importancia de evaluar sensorialmente las formulaciones con chaya para lograr un equilibrio entre su funcionalidad y la satisfacción del consumidor.

En conclusión, las hojas de chaya representan una fuente de compuestos con efecto preventivo sobre las enfermedades cardiovasculares y la diabetes. Dada su composición nutricional y de metabolitos secundarios bioactivos, se sugiere el desarrollo de alimentos funcionales, que presenten propiedades sensoriales atractivas para diversos sectores de la sociedad. Futuros estudios deben incluir la evaluación biológica de los alimentos funcionales para posteriormente llevar a cabo estudios clínicos en humanos.



Agradecimientos. Al proyecto PRONACE 316633 de CONAHCYT.

Referencias

- Avila-Nava, A., Alarcón-Telésforo, S. L., Talamantes-Gómez, J. M., Corona, L., Gutiérrez-Solis, A. L., Lugo, R., & Márquez-Mota, C. C. (2022). Development of a Functional Cookie Formulated with Chaya (*Cnidoscopus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst) and Amaranth (*Amaranthus cruentus*). *Molecules*, 27(21), 7397. <https://doi.org/10.3390/molecules27217397>
- Azurida, C. (2016). Plantas mesoamericanas subutilizadas en la alimentación humana.
- Bhatla, S. C., & Lal, M. A. (2023). Secondary Metabolites. In S. C. Bhatla & M. A. Lal (Eds.), *Plant Physiology, Development and Metabolism* (pp. 765–808). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5736-1_33
- Carrillo Sánchez, L. E., & Jiménez Bañuelo, M. C. (2021). Los sabores del solar tradicional maya - Catálogo de recetas (A. C. Centro de Investigación Científica de Yucatán (ed.)).
- Carrillo Sánchez, L. E., & Jiménez Bañuelo, M. C. (2022). KO'OTEN A TÚUNTEJ - Ven a probar (C. de I. C. de Yucatán y S. de la C. y las A. de Yucatán (eds.)).
- Das, U. N. (2019). Vitamin C for Type 2 Diabetes Mellitus and Hypertension. *Archives of Medical Research*, 50(2), 11–14. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2019.05.004>
- El-Sayed, S. M. (2020). Use of spinach powder as a functional ingredient in the manufacture of UF-Soft cheese. *Heliyon*, 6(1), e03278. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03278>
- El Sharaa, I., & Ben Mussa, S. (2019). Determination of Vitamin C (Ascorbic Acid) Contents in Vegetable Samples by UV-Spectrophotometry and Redox Titration Methods and Estimation the Effect of Time, Cooking and Frozen on Ascorbic Acid Contents. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 15(2), 281–293.
- Galla, N. R., Karakala, B., Akula, S., & Pamidighantam, P. R. (2015). Physico-chemical, amino acid composition, fatty acid profile, functional and antioxidant properties of *Spinaca olerarea* L. leaf. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 3(2015), 27–37.
- Granato, D., Barba, F. J., Bursać Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11(1), 93–118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>
- Guillermo-Moreno, R., Durán-Mendoza, T., González-Cortés, N., & Jiménez-Vera, R. (2019). Calidad Sensorial de Totopos de Pozol Adicionados con Chaya (*Cnidoscopus aconitifolius*) y Hierba Mora (*Solanum nigrum*). *European Scientific Journal*, 15(3), 15–27. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n3p15>
- Guzmán, E. L., González, J. C. C., Flores, M. C., Carrillo, A. S., Pescador, M. G. N., & Cruz, F. J. M. (2020). Effect on hyperglycemia and pancreas cells of chaya aqueous extracts from two different regions in streptozotocin-induced diabetes rats. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 56. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902019000418782>
- IHME. (2019). Global burden of disease. Statistics. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>
- Kongphapa, J., Chupanit, P., Anutrakulchai, S., Cha'on, U., & Pasuwan, P. (2021). Nutritional and phytochemical properties of Chaya leaves (*Cnidoscopus chayamansa* Mc Vaugh) planted in Northeastern Thailand. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 27(01), 1–10.
- Kubatka, P., Mazurakova, A., Koklesova, L., Samec, M., Sokol, J., Samuel, S. M., Kudela, E., Biringer, K., Bugos, O., Pec, M., Link, B., Adamkov, M., Smejkal, K., Büsselberg, D., &
- Golubnitschaja, O. (2022). Antithrombotic and antiplatelet effects of plant-derived compounds: a great utility potential for primary, secondary, and tertiary care in the framework of 3P medicine. *EPMA Journal*, 13(3), 407–431. <https://doi.org/10.1007/s13167-022-00293-2>
- Kuri-García, A., Chávez-Servín, J. L., & Guzmán-Maldonado, S. H. (2017). Phenolic profile and antioxidant capacity of *Cnidoscopus chayamansa* and *Cnidoscopus aconitifolius*: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 11(45), 713–727.
- Lendechy Grajales, Á., Maza Rodríguez, L., Mass Góngora, L., & Méndez Aguilar, M. de J. (2023). La chaya, una alternativa para mejorar la alimentación familiar (E. U. A. de Yucatán (ed.)).
- Manzanilla Valdez, M. L., Acevedo Fernández, J. J., & Segura Campos, M. R. (2021). Antidiabetic and hypotensive effect of *Cnidoscopus aconitifolius* (Mill.) I.M Johnst leaves extracts. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6), 5245–5255. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01093-4>
- Markus, V., Paul, A., Yahaya, J., Zakka, J., Yatai, K., & Oladeji, M. (2016). An underexploited tropical plant with promising economic value and the window of opportunities for researchers: *Cnidoscopus aconitifolius*. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 3(6), 177–187. <http://www.openscienceonline.com/journal/fsnr>

- Mikkelsen, K., & Apostolopoulos, V. (2019). Vitamin B1, B2, B3, B5, and B6 and the Immune System. In *Nutrition and Immunity* (pp. 115–125). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16073-9_7
- Obichi, E., Monago, C., & Belonwu, D. C. (2015). Effect of *Cnidocolus aconitifolius* (Family Euphorbiaceae) Aqueous Leaf Extract on Some Antioxidant Enzymes and Haematological Parameters of High Fat Diet and Streptozotocin Induced Diabetic Wistar Albino Rats. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 19(1), 201–209. <https://doi.org/10.4314/jasem.v19i2.5>
- Ojo, O. A., Ibrahim, H. S., Rotimi, D. E., Ogunlakin, A. D., & Ojo, A. B. (2023). Diabetes mellitus: From molecular mechanism to pathophysiology and pharmacology. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 19, 100247. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2023.100247>
- Pola, G. P., Roque, A. C., Gordillo, P. I. M., Ramos, P. A., & Mondragón, M. P. R. (2017). Evaluación de galletas con base en chaya (*Cnidocolus aconitifolius* (Miller) I.M. Johnst., Euphorbiaceae) y chipilín (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn., Fabaceae). *Lacandonia*, 10(2), 47–52. <https://cuid.unicach.mx/revistas/index.php/lacandonia/article/view/418>
- Quintal-Martínez, J. P., Quintal-Ortiz, I. G., Alonzo-Salomón, L. G., Muñoz-Rodríguez, D., & Segura-Campos, M. R. (2021). Antithrombotic Study and Identification of Metabolites in Leaf Extracts of Chaya [*Cnidocolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst.]. *Journal of Medicinal Food*, 24(12), 1304–1312. <https://doi.org/10.1089/jmf.2021.0008>
- Quintal Martínez, J. P., Quintal Ortiz, I. G., Alonso Salomón, L. G., García-Sosa, K., Peña Rodríguez, L. M., Guerrero Analco, J. A., Monribot Villanueva, J. L., Vidal Limón, A. M., & Segura Campos, M. R. (2023). Bioassay-guided identification of antithrombotic compounds from *Cnidocolus aconitifolius* (Mill.) I. M. Jhonst.: molecular docking, bioavailability, and toxicity prediction. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/07391102.2023.2214214>
- Quintal Martínez, J. P., & Segura Campos, M. R. (2023a). Flavonoids as a therapeutical option for the treatment of thrombotic complications associated with COVID-19. *Phytotherapy Research*, 37(3), 1092–1114. <https://doi.org/10.1002/ptr.7700>
- Quintal Martínez, J. P., & Segura Campos, M. R. (2023b). *Cnidocolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst.: A Food Proposal Against Thromboembolic Diseases. *Food Reviews International*, 39(3), 1377–1410. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1934002>
- Ramírez Rodríguez, M. M., Metri Ojeda, J. C., González Díaz, M., & Baigts Allende, D. K. (2021). Use of Chaya (*Cnidocolous chayamansa*) Leaves for Nutritional Compounds Production for Human Consumption. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 65(1). <https://doi.org/10.29356/jmcs.v65i1.1433>
- Ross-Ibarra, J. (2003). Origen y domesticación de la chaya (*Cnidocolus aconitifolius* Mill I. M. Johnst): La espina-ca Maya. *Mexican Studies*, 19(2), 287–302. <https://doi.org/10.1525/msem.2003.19.2.287>
- Ross-Ibarra, J., & Molina-Cruz, A. (2002). The Ethnobotany of Chaya (*Cnidocolus aconitifolius* ssp. *Aconitifolius* Breckon): A Nutritious Maya Vegetable. *Economic Botany*, 56(4), 350–365. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2002\)056\[0350:TEOCCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2002)056[0350:TEOCCA]2.0.CO;2)
- Sang, Y., Roest, M., de Laat, B., de Groot, P. G., & Huskens, D. (2021). Interplay between platelets and coagulation. *Blood Reviews*, 46, 100733. <https://doi.org/10.1016/j.blre.2020.100733>
- Seal, T., Chaudhuri, K., & Pillai, B. (2023). Nutritional and toxicological aspects of selected wild edible plants and significance for this society. *South African Journal of Botany*, 159, 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.05.044>
- Szlas, A., Kurek, J. M., & Krejpcio, Z. (2022). The Potential of L-Arginine in Prevention and Treatment of Disturbed Carbohydrate and Lipid Metabolism—A Review. *Nutrients*, 14(5), 961. <https://doi.org/10.3390/nu14050961>
- Yusuf, A. B., Abubakar, J., & Lawal, A. (2022). Phytochemicals Screening and Nutritional Profile of *Cnidocolus aconitifolius* Leaves collected in Birnin Kebbi, Nigeria. *Scholars International Journal of Biochemistry*, 5(6), 85–89. <https://doi.org/10.36348/sijb.2022.v05i06.002>
- Zhang, B., Xing, Y., Wen, C., Yu, X., Sun, W., Xiu, Z., & Dong, Y. (2017). Pentacyclic triterpenes as α -glucosidase and α -amylase inhibitors: Structure-activity relationships and the synergism with acarbose. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 27(22), 5065–5070. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2017.09.027>
- Zhu, J., Chen, C., Zhang, B., & Huang, Q. (2020). The inhibitory effects of flavonoids on α -amylase and α -glucosidase. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(4), 695–708. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1548428>
-
- Dra. Maira Rubi Segura Campos.** Profesora Investigadora de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán. Actualmente, cuenta con la distinción del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del CONAHCYT Nivel 3. Línea de investigación: Compuestos Bioactivos, Alimentos Funcionales y Salud.
- Juan Pablo Quintal Martínez.** Estudiante del Doctorado en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales Tropicales de la Universidad Autónoma de Yucatán.