

Familia *Malvaceae*: especies fundamentales en la industria agroalimentaria con potencial comercial, nutrimental y nutracéutico

Malvaceae family: fundamental species in agro-food industry with commercial, nutrimental and nutraceutical value

Miguel Tirso Robles-Valdivia¹  y María Guadalupe Sánchez-Otero^{1‡} 

¹ Facultad de Bioanálisis, Universidad Veracruzana. Calle Agustín de Iturbide s/n, col. Centro. 91700 Veracruz, Veracruz, México.

[‡] Autor para correspondencia (guadsanchez@uv.mx)

Editora de Sección: Dra. Gabriela Rodríguez Licea

RESUMEN

La familia *Malvaceae* cuenta con especies ampliamente distribuidas a nivel mundial, algunas de ellas, tales como el algodón (*Gossypium hirsutum*), el cacao (*Theobroma cacao*) y la jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) son utilizadas ampliamente en la industria agroalimentaria o la industria textil; aun así no todo el potencial bioactivo de estas especies ha sido aprovechado, tal es el caso de *H. sabdariffa*, ya que en su mayoría, las semillas son consideradas como desecho agroindustrial; existen otras especies de esta familia, tales como los miembros del género *Sterculia* y del género *Ceiba* que no han sido aprovechadas de manera masiva en diversas industrias pese a que hay numerosos estudios que demuestran su potencial nutracéutico y medicinal.

Palabras clave: ácidos grasos ciclopropenoicos, compuestos bioactivos, *Malvaceae*.

SUMMARY

The *Malvaceae* family has species widely distributed worldwide, some of them, such as cotton (*Gossypium hirsutum*), cacao (*Theobroma cacao*) and hibiscus (*Hibiscus sabdariffa*) are widely used in the agri-food industry and the textile industry; even so, not all the bioactive potential of these species has been exploited, such is the case of *H. sabdariffa*, since most of the seeds are considered as agro-industrial waste;

there are species of this family, such as some members of the *Sterculia* and *Ceiba* genus, that have not been exploited on a massive scale in various industries, despite the fact that there are numerous studies that demonstrate their nutraceutical and medicinal potential.

Index Words: cyclopropenoic fatty acids, bioactive compounds, *Malvaceae*.

INTRODUCCIÓN

La familia *Malvaceae* está ampliamente distribuida en diversas regiones tropicales, subtropicales y templadas del planeta, esta familia comprende especies herbáceas, subarbustos, e inclusive, árboles de gran tamaño. (Biodiversidad Mexicana, 2020) Existen más de 115 géneros con más de 2000 especies conocidas de esta familia, de los cuales, 413 variedades son nativas de México. (Llorente y Ocegueda, 2008)

Las flores o semillas de algunas plantas malvales son consideradas de alto valor en la industria alimentaria y en la medicina tradicional, tal es el caso de *Hibiscus sabdariffa*, conocida como jamaica, que se cultiva para la producción de sus cálices, mismos que gozan de amplia utilidad en la industria alimentaria; *Theobroma cacao*, conocido como cacao, cuyo uso es fundamental al ser la materia prima de la producción del chocolate, *Gossypium hirsutum*, conocido como algodón, cultivado para el aprovechamiento en la industria textil de sus fibras algodonosas, así como el uso de sus semillas en la producción de aceites. Adicionalmente,

Cita recomendada:

Robles-Valdivia, M. T. y Sánchez-Otero, M. G. (2022). Familia *Malvaceae*: especies fundamentales en la industria agroalimentaria con potencial comercial, nutrimental y nutracéutico. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-7. e943. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.943>

Recibido: 15 de marzo de 2021. Aceptado: 31 de enero de 2022.
Revisión. Volumen 40, agosto de 2022.

esta familia tiene otros géneros que poseen entre sus miembros a otras especies de potencial interés, tales como *Ceiba pentandra* y *Sterculia apetala*, que no han sido aprovechadas del todo. (Aguilera 2001; Ariza *et al.*, 2014; Parra *et al.*, 2017)

El presente trabajo tiene como finalidad puntualizar los conocimientos acerca del potencial comercial, nutrimental y nutraceutico de algunos géneros de la familia malvácea fundamentado en el estado del arte acerca de estos tópicos.

DESARROLLO DEL TEMA

Malváceas

Los integrantes de la familia Malvaceae poseen hojas alternas pecioladas, simples, enteras, lobuladas o digitadas, por lo general sus flores son pedunculadas, hermafroditas y aparecen en las axilas de las hojas. (Biodiversidad Mexicana, 2020) Tras años de adaptación algunos géneros, pueden producir frutos capsulares loculicidas o un esquizocarpo, mismos que les confieren protección a sus semillas ante aves e insectos polinizadores, garantizando así la viabilidad de la mayor parte de sus semillas. (Bayer y Kubitzki, 2003) El desarrollo de la mayoría de las malváceas está condicionado con ciertos requerimientos del suelo, entre los que predominan suelos húmedos, derivados de caliza y en algunas especies requieren suelos salinos a orillas de lagos o canales.

El cacao (*Theobroma cacao*), es una de las malváceas más populares, es un cultivo de elevada importancia económica, industrial, social, cultural y ambiental. México es el octavo productor de cacao a nivel mundial, con una producción de más de 17 mil toneladas cosechadas en 41 mil hectáreas repartidas entre los estados de Chiapas, Guerrero, Tabasco y Oaxaca principalmente. (SAGARPA, 2019)

El cacao no debe ser considerado sólo un cultivo fundamental en la industria alimentaria ya que, en las últimas décadas se ha convertido en el centro de investigaciones de grupos de trabajo con interés en la búsqueda de nutraceuticos, ya que esta especie produce entre sus metabolitos secundarios, una serie de compuestos bioactivos, tales como polifenoles y

alcaloides, que se encuentran principalmente en sus semillas y hojas en altas concentraciones; así, el cacao es fuente importante de flavonoides como epicatequina, catequina y procianidinas, compuestos que se ha probado que conferir protección cardio-metabólica, efectos antihipertensivos, antiplaquetarios, antioxidantes y antiinflamatorios, entre otros. (Corti, Flammer, Hollenberg y Lüscher, 2009; Montagna *et al.*, 2019)

Se ha reportado que la ingesta habitual de cacao reduce el riesgo de enfermedad coronaria, accidente cerebrovascular y diabetes, además, los flavonoides contenidos en el cacao mejoran la sensibilidad a la insulina, ya que promueven la supervivencia y función de las células β pancreáticas y al mejorar la vía de señalización de la insulina en las células hepáticas. (Cordero-Herrera, Martín, Bravo, Goya y Ramos, 2013) Estos efectos también han sido evaluados en modelos murinos, donde se ha reportado que el consumo de semillas de cacao, ricas en polifenoles y con alto contenido en fibra soluble, produce diversos beneficios, tales como efectos antihipertensivos, antiinflamatorios y antidislipidemias. (Téllez, 2010¹; Ramos, 2011²)

Las semillas tostadas de cacao contienen aproximadamente un 43% de lípidos, de estas se extrae la manteca de cacao, cuyo perfil de ácidos grasos está conformado principalmente por 23.9% de ácido palmítico, 38.2% de ácido esteárico, 33.9% de ácido oleico, 3.04% de ácido linoleico y 1% de ácido linoléico. Este hecho refuerza la riqueza nutrimental y nutraceutica del cacao, ya que no solo puede aportar a la dieta del consumidor compuestos bioactivos, sino también ácidos grasos esenciales requeridos para el desarrollo y el buen funcionamiento de diversos sistemas y el metabolismo general del cuerpo humano. (Parra *et al.*, 2017; Caponio *et al.*, 2020)

En relación a su cultivo, para tener un mejor aprovechamiento del espacio utilizado para el cultivo de árboles de *T. cacao*, se recomienda implementar cultivos asociados con diferentes plantas como; plátano, cacahuate, cedro o caoba. En México esto se ha impulsado desde el 2011 con la finalidad de rescatar la producción del cacao con la finalidad de satisfacer la demanda de la industria nacional e incrementar la exportación, por ello en octubre del 2020 la SAGARPA

¹ Téllez-Quiñones, M. M. (2010). *Efecto de Coccoanox, un cacao rico en polifenoles, en ratas espontáneamente hipertensas*. Memoria presentada por: M^a del Mar Quiñones Téllez para optar al grado de Doctor en Farmacología. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. Disponibles en: <https://core.ac.uk/download/pdf/36083147.pdf>

² Ramos-Romero, S. (2011). *Influencia de la ingesta de cacao en la respuesta inflamatoria aguda y crónica inducida en ratas*. Memoria presentada por Sara Ramos Romero para optar por el título de Doctor con mención europea por la Universitat de Barcelona, Facultat de Farmàcia. Universitat de Barcelona. Disponible en: <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/168064>

mediante el Programa Trópico Húmedo brindó apoyos económicos para los más de 40 mil productores de cacao de Chiapas, Tabasco, Oaxaca, y Veracruz. (SAGARPA, 2020)

Hibiscus sabdariffa, comúnmente conocida como Jamaica, es otra malvácea que se cultiva en regiones con climas cálido-seco y subtropicales; es un arbusto con abundantes tallos, ramificados y corteza roja, posee cálices rojos o verdes, aunque estos últimos son menos comunes. (Riaz y Rajni, 2018). *H. sabdariffa* se emplea como materia prima en la industria alimentaria, para la producción de agua fresca, té, jaleas entre otros productos alimentarios, adicionalmente, *H. sabdariffa* forma parte de la farmacopea mexicana ya que tiene diversas propiedades medicinales ancestralmente conocidas. (Schifter, 2010; Ramírez y Nicholls, 2014³) México ocupa el séptimo lugar en la producción mundial de cálices de Jamaica, para el año 2019, se cultivaron cerca de 18 mil hectáreas con un rendimiento de casi 8 toneladas de cálices secos al año, la producción se distribuye principalmente en los estados de Guerrero, Michoacán, Oaxaca y Puebla. (SIAP, 2021)

El extracto de los cálices de *H. sabdariffa* es una fuente importante de diversos compuestos bioactivos, de manera particular los compuestos con probada actividad antioxidante tales como: la vitamina C, diversos flavonoides y antocianinas, a los que se le atribuyen propiedades diuréticas, antiparasitarias y laxantes, entre otras. (Huang, Chang, Kao y Lin, 2015; Butler y Barrientos, 2020) Se ha reportado de manera amplia en la literatura que el extracto de los cálices secos de *H. sabdariffa*, tiene diversas propiedades medicinales tales como actividad anticancerígena, actividad regulatoria de la presión arterial y de los niveles de lípidos séricos, antiaterogénica, antidiabética, todas ellas coadyuvantes en la prevención y tratamiento de riesgo aterogénico y enfermedades cardiovasculares y crónico-degenerativas. (Guardiola y Mach, 2014; Cid y Guerrero, 2015; Pacheco, Ramirez, Pinto, Peraza y Orosco, 2019)

Sin embargo, a pesar de todo el potencial no solo alimenticio, sino nutracéutico de los cálices de Jamaica, la mayoría de las semillas de esta especie sólo son empleadas para la producción de nuevas plantas de *H. sabdariffa*, considerando el resto un residuo agroindustrial, que ha sido empleado como alimento para animales, e ignorando el potencial valor nutrimental y actividades biológicas presentes en ellas;

esta semillas contienen cerca del 33% de proteínas, 20% de grasa, 13% de carbohidratos y casi un 20% de fibra, con variaciones de acuerdo a su origen y las condiciones de cultivo. (Ismail, Khairul y Mohd, 2008; Singh, Khan y Hailemariam, 2017) Los ácidos grasos más abundantes en el aceite de las semillas de *H. sabdariffa* son principalmente el ácido palmítico, el ácido oleico y el ácido linoleico; es de relevancia indicar que también presenta ácidos grasos ciclopropenoicos (ácido malvático y estercúlico), estos ácidos grasos son inhibidores naturales de la esteroil-CoA desaturasa (SCD), una enzima que es la responsable de la síntesis de los ácidos grasos monoinsaturados palmitoleico (16:1) y oleico (18:1), ambos, componentes principales de los lípidos almacenados en los adipocitos. Esta enzima es considerada uno de los principales reguladores de la velocidad en la biosíntesis de ácidos grasos monoinsaturados; debido a este importante rol bioquímico, se han probado su uso en diversos modelos biológicos en la búsqueda de tratamientos que atenúen marcadores asociados a síndrome metabólico. (Ahmed y Hudson, 1982; Ortinau *et al.*, 2012; Perfield II *et al.*, 2013; Herrera-Meza *et al.*, 2014; Ramírez-Higuera *et al.*, 2020)

Al igual que otras muchas especies, *H. sabdariffa* puede ser incorporada como parte de un cultivo traspatio, para el consumo y sustento familiar; de igual forma, en grandes extensiones de cultivo, donde se recomienda utilizar cultivos asociados como tomate, frijol y maíz principalmente, todo ello favorecerá el aprovechamiento de la extensión de tierra sembrada. (Galicia, González, Castillo, Monroy y Cecon, 2019)

Gossypium hirsutum L., comúnmente conocido como algodón americano, es otra malvácea de gran importancia pero en la industria textil, ya que sus fibras son de alta calidad para la producción de hilos y telas, es la variedad de algodón más cultivada en el mundo, esto, por su precocidad y menor tamaño vegetativo, lo que le ha permitido colocarse como el componente de casi el 90% de la producción mundial. (Hernandez *et al.*, 2020). En México los principales estados productores de algodón son: Chihuahua, Baja California, Coahuila, Tamaulipas, Sonora y Durango, con una producción anual de 1.16 millones de toneladas en aproximadamente 240 000 hectáreas. El algodón ha sido considerado como “el cultivo social” ya que genera trabajo y sustento a familias en las regiones donde se cultiva. (SAGARPA, 2016) Es recomendable que, en

³ Ramírez-García, J. A., & Nicholls-Posada J. E. (2014). *Usos y aplicaciones medicinales e industriales de la flor de jamaica*. Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de Agrónomo. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Medellín, Antioquia, Colombia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10596/2727>

los cultivos de algodón, se utilicen cultivos asociados con maíz, sorgo, arroz, cereales o leguminosas; esto, para obtener el máximo aprovechamiento de la tierra ya que genera una protección a la erosión de la tierra, así como fijación de nutrientes como; nitrógeno, calcio, azufre, zinc, carbono, entre otros que le confieren a la planta el medio idóneo para incrementar su producción. (Espinoza, Lozano y Velásquez, 2007; FAO, 2018)

Las especies mencionadas anteriormente son ampliamente usadas y reconocidas por su alto valor, sin embargo, existen otras malváceas de interés y que aún no son aprovechadas a su máxima capacidad para consumo humano con potenciales beneficios nutraceúticos, tal es el caso de *Ceiba pentandra* y los miembros del género *Sterculia* que son endémicas de la zona sureste del país, tales como *Sterculia apetala*, *Sterculia foetida* y *Sterculia mexicana*.

El árbol de Pochota (*Ceiba pentandra*), integrante de la familia de *Malvaceae*, tiene un potencial poco aprovechado en la industria agroalimentaria en México. Es un árbol que alcanza alturas de 40 a 70 metros, cuenta con una corteza lisa o fisurada de color gris con lancetas protuberantes y espinas gruesas en las ramificaciones nuevas, presenta numerosas flores que miden entre 4 a 8 cm de largo; cálices verdes en forma de copa, grupo y carnosos, con pétalos rosados, tras la floración, de diciembre a junio, fructifica una capsula elipsoidal de aproximadamente 20 cm de largo por 10 de ancho, que contiene semillas negras envueltas en abundantes fibras blancas. (Aguilera, 2001) Se desarrolla en gran variedad de condiciones edáficas, desde suelos arenosos con drenaje muy rápido, hasta suelos arcillosos e inundables parte del año, aunque también prospera en terrenos calizos a menudo sobre litosoles, es por ello que, tiene una amplia distribución en la república mexicana entre los estados de Sonora, Tamaulipas, Chiapas, Tabasco, Yucatán y casi en todo el territorio de Veracruz. (Niembro, Torres y Sánchez, 2010)

Las hojas de *C. pentandra* son empleadas como forraje en ganado ovino y caprino, ya que, poseen aproximadamente 26% de proteínas disponibles. Las fibras blanquecinas que recubren las semillas son utilizadas en la producción de cinturones de seguridad, salvavidas, colchones, almohadas y aislamiento térmico. (Cordero y Boshier, 2003) Mientras que las semillas son empleadas en la producción de jabones y producción de aceite lubricante en la industria automotriz, ya que cuenta con un 20 a 25% de rendimiento de lípidos.

Este aceite posee características organolépticas y un perfil de ácidos grasos favorable para el consumo humano, que incluyen ácidos grasos como el ácido palmítico, el ácido oleico, el ácido linolénico y, una concentración que puedes ser biológicamente significativa, de ácidos grasos ciclopropenoicos (malválico y estercúlico). (Niembro *et al.*, 2010; Ong *et al.*, 2013)

De interés, no son sólo sus semillas, se ha reportado que los extractos, tanto de hojas como de tallos de *C. pentandra*, tienen efectos diuréticos, antioxidantes, hipoglucemiantes y hepatoprotectores, (Aderogba, Kapche y Mabusela, 2013) y en diversas regiones de Asia, Oceanía, África y Centro América, es utilizada en la medicina tradicional por sus efectos para tratar la diarrea, fiebre, infecciones parasitarias e infecciones bacterianas por *Neisseria gonorrhoea*. (Fitria, Afrizal y Efdi, 2015). También se han evaluado las propiedades medicinales en extractos de hojas, tallos, raíces e incluso toda la planta de *C. pentandra*, obteniendo resultados benéficos en el tratamiento de bronquitis, diabetes, diarrea, disentería, enfermedades dermatológicas, artritis, entre otras, así como su capacidad bactericida sobre *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e incluso *Pseudomonas aeruginosa*. (Elumalai, Mathangi, Didala, Kasaria y Venkatesh, 2012; Njokuocha y Ewenike, 2020)

Como parte de la familia de las malváceas, se encuentra el género *Sterculia*, en México se encuentran principalmente distribuidas tres de sus especies: *S. apetala*, *S. foetida* y *S. mexicana*; que son común e indistintamente conocidas como castaño; estos árboles se pueden encontrar en las selvas tropicales del sureste mexicano, particularmente las zonas selváticas de estados como Veracruz, Chiapas, Tabasco y Oaxaca. Son árboles que miden aproximadamente de 30 a 40 metros de altura, con ramas horizontales agrupadas en la parte superior del árbol, cuenta con hojas lobuladas, sus flores son de color amarillo con rayas rojas o moradas, el fruto es de color marrón y contiene de 10 a 15 semillas negras, cubiertas por una capsula urticante de color naranja. Las semillas son consumidas tostadas o hervidas, y en algunas regiones se utilizan para dar sabor al chocolate. (Ong *et al.*, 2013; Herrera-Meza *et al.*, 2014)

Se ha reportado que el extracto de la corteza de *S. apetala*, tiene entre sus componentes quercetina, rutina, ácido ascórbico, ácido tánico, gálico y cumárico, mismos que le confieren una gran capacidad antioxidante. (Mari,

Vadivu y Radha, 2016) Adicionalmente, también se han reportado otras propiedades nutraceuticas asociadas a compuestos presentes en los extractos de hojas, corteza y raíz de *S. apetala* y *S. foetida*; entre éstos están efectos antibacteriales, antifúngicos, antiparasitarios y antiinflamatorios. (Vital, Velascos, Demiguillo y Rivera, 2010) El aceite extraído de las semillas de especies de *Sterculia sp.* contiene principalmente ácidos grasos como; oleico, linoleico, linolénico y de manera relevante un gran contenido de ácidos grasos ciclopropanoicos lo que las ha hecho de interés para el estudio del efecto de su consumo en diversos modelos (Herrera-Meza *et al.*, 2013).

Entre esas investigaciones se encuentran trabajos como el reportado por Ortinou *et al.* (2012) que evaluaron el efecto del consumo de aceite estercúlico en ratas OLEFT obesas y reportaron una mayor tolerancia a la glucosa tras ingerir este aceite, así como una reducción de marcadores de inflamación asociados al síndrome metabólico, tales como los niveles de triacilglicéridos, colesterol y LDL-colesterol. En nuestro grupo de trabajo en red con otras instituciones se han realizado investigaciones utilizando aceite estercúlico de las plantas *Sterculia mexicana* y *Sterculia apetala*, administrado a diferentes modelos animales con síndrome metabólico. En un modelo de ratas espontáneamente hipertensas se demostró que después de la administración del aceite estercúlico, hubo una reducción significativa en la presión arterial, así como también en los niveles circulantes de insulina, triglicéridos y colesterol (Herrera- Meza *et al.*, 2013)

En un trabajo más reciente se analizó el efecto de la coadministración de aceite estercúlico con fructosa al 30% sobre el desarrollo de síndrome metabólico en ratas Wistar, y se reportó que el aceite estercúlico ejerció un efecto protector contra la esteatosis hepática provocada por la fructosa. (Ramírez-Higuera *et al.*, 2020)

A pesar de todas estas bondades, las especies del género *Sterculia* y *Ceiba pentandra* no han sido aun cultivadas sistémicamente para aprovechar este potencial, que representaría una importante adición no solo en la industria agroalimentaria, sino a la batería de nutraceuticos disponibles. Estas especies no son cultivadas de forma organizada, solo se emplean para la reforestación de algunas zonas por ser arboles nativos de regiones tropicales y subtropicales de México, desaprovechando todas estas cualidades que presentan.

CONCLUSIONES

Por décadas las malváceas han estado inmersas en diferentes campos industriales, por lo que, en la actualidad podrían convertirse en pieza fundamental para la obtención de nuevos compuestos bioactivos que pueden incorporarse en la dieta de la población a fin de obtener diferentes beneficios en su salud.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

No aplicable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FONDOS

No aplicable.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: M.T.R.V. y M.G.S.O.
Investigación: M.T.R.V. y M.G.S.O. Escritura, preparación del borrador original: M.T.R.V. Escritura, revisión y edición: M.G.S.O.

AGRADECIMIENTOS

No aplicable.

LITERATURA CITADA

- Aderogba, M. A., Kapche, G. D., & Mabusela, W. T. (2013). Isolation and characterization of antioxidative constituents of *Ceiba pentandra* (KAPOK) leaves extract. *Nigerian Journal of Natural Products and Medicine*, 17, 83-90. <http://dx.doi.org/10.4314/njnp.v17i1.9>
- Aguilera, R. M. (2001). *Ceiba pentandra*. Consultado el 15 marzo, 2020, desde <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/899Ceiba%20pentandra.pdf>

- Ahmed-Abdel, W. K., & Hudson-Bertram, J. F. (1982). The fatty acid composition of *Hibiscus sabdariffa* seed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(12), 1305-1309.
- Ariza-Flores, F. R., Serrano-Altamirano, V., Navarro-Galindo, S., Ovando-Cruz, M. E., Vázquez-García, E., Barrios-Ayala, A., ... Otero-Sánchez, M. A. (2014). Variedades Mexicanas de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) 'Alma blanca' y 'rosaliz' de color claro, y 'cotzaltzin' y 'tecoanapa' de color rojo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(2), 181-185.
- Bayer, C., & Kubitzki, L. (2003). Malvaceae. In: K. Kubitzki, & C. Bayer (Eds.). *Flowering Plants. Dicotyledons. The Families and Genera of Vascular Plants vol.5*. Berlín, Germany: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-07255-4_28
- Biodiversidad Mexicana (2020). Algodones y jamaicas. Consultado el 10 de junio, 2020, desde <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gfamilia/135634/index>
- Butler, M. J., & Barrientos, M. R. (2020). The impact of nutrition on COVID-19 susceptibility and long-term consequences. *Brain, Behavior and Immunity*, 87, 53-54. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.04.040>
- Caponio, G. R., Lorusso, M. P., Sorrenti, G. T., Marcotrigiano, V., Difonzo, G., De Angelis, E., ... Portincasa, P. (2020). Chemical Characterization, Gastrointestinal Motility and sensory evaluation of dark chocolate: A nutraceutical boosting consumers' health. *Nutrients*, 12(4), 1-20. <http://dx.doi.org/10.3390/nu12040939>
- Cid-Ortega, S., & Guerrero-Beltran, J. (2015). Roselle calyces (*Hibiscus sabdariffa*), an alternative to the food and beverages industries: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 6859-6869. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1800-9>
- Cordero-Herrera, I., Martín, M. A., Bravo, L., Goya, L., & Ramos, S. (2013). Cocoa flavonoids improve insulin signaling and modulate glucose production via AKT and AMPK in HepG2 cells. *Molecular Nutrition Food Research*, 57(6), 974-985. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200500>
- Cordero, J., & Boshier, D. (2003). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Turrialba, Costa Rica: CATIE
- Corti, R., Flammer, A. J., Hollenberg, N. K., & Lüscher, T. F. (2009). Cocoa and Cardiovascular Health. *Circulation*, 119, 1433-1442. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.827022>
- Elumalai, A., Mathangi, N., Didala, A., Kasaria, R., & Venkatesh, Y. (2012). A review on *Ceiba pentandra* and its medicinal features. *Asian Journal of Pharmacy and Technology*, 2(3), 83-86.
- Espinoza, Y., Lozano, Z., & Velásquez, L. (2007). Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. *Interciencia*, 32(8), 554-559.
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations). (2018). *Más que algodón boletín trimestral*. Santiago, Chile: FAO. Consultado el 19 de julio, 2020, desde <http://www.fao.org/3/ca1330es/CA1330ES.pdf>
- Fitria, Z., Afrizal., & Efdi, M. (2015). Isolation and characterization of antioxidative constituent stem bark extract of *Ceiba pentandra* L. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(10), 257-260.
- Galicia-Gallardo, P., González-Esquivel, C. E., Castillo, A., Monroy-Sanchez, A. B., & Ceccon, E. (2019). Organic Hibiscus (*Hibiscus sabdariffa*), social capital and sustainability in an indigenous Non-Governmental Organization from La montaña, Guerrero, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 43(10):1106-1123, <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1539694>
- Guardiola, S., & Mach, N. (2014). Therapeutic potential of *Hibiscus sabdariffa*: A review of the scientific evidence. *Endocrinología y Nutrición*, 61(5), 274-295. <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2013.10.012>
- Hernandez-Terán, A., Navarro-Díaz, M., Benítez, M., Lira, R., Wegier A., & Escalante, A. E. (2020). Host genotype explains rhizospheric microbial community composition: the case of wild cotton metapopulations (*Gossypium hirsutum* L.) in Mexico. *FEMS Microbiology Ecology*, 96(8), 1-11.
- Herrera-Meza, M. S., Mendoza-López, M. R., García-Barradas, O., Sánchez-Otero, M. G., Silva-Hernandez, E. R., Angulo, J. O., & Oliart-Ros, R. M. (2013). Dietary anhydrous milk fat naturally enriched with conjugated linoleic acid and vaccenic acid modify cardiovascular risk biomarkers in spontaneously hypertensive rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(5), 1-12. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.763908>
- Herrera-Meza, S., Martínez, A. J., Sánchez-Otero, M. G., Mendoza-López, M. R., García-Barradas, O., Ortiz-Viveros, G. R., & Oliart-Ros, R. M. (2014). Fatty acid composition and some physicochemical characteristics of *Sterculia apetala* seed oils. *Grasas y Aceites*, 65(3), 1-7. <https://doi.org/10.3989/gya.0223141>
- Huang, T., Chang, Ch., Kao, E., & Lin, J. (2015). Effect of *Hibiscus sabdariffa* extract on high fat diet-induced obesity and liver damage in hamsters. *Food & Nutrition Research*, 59(1), 1-7. <https://doi.org/10.3402/fnr.v59.29018>
- Ismail, A., Khairul-Ikram, E. H., & Mohd-Nazri, H. S. (2008). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Seeds-Nutritional Composition, Protein Quality and Health Benefits. *Food*, 2(1), 1-16.
- Llorente-Bousquets, J., & Ocegueda, S. (2008). Estado del conocimiento de la biota. En J. Sarukhán (Coord.). *Capital Natural de México* (pp. 283-322). Distrito Federal, México: CONABIO. ISBN: 978-607-7607-02-1
- Mari, M. K., Vadivu, R., & Radha, R. (2016). Phytochemical Screening on the successive extracts of bark of *Sterculia foetida* Linn. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 2(4), 288-294.
- Montagna, M. T., Diella, G., Triggiano, F., Caponio, G. R., De Giglio, O., Caggiano, G., ... Portincasa, P. (2019). Chocolate, "Food of the Gods": History. *Science, and Human Health International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 1-21. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16244960>
- Niembro-Rocas, A., Torres-Vázquez, T., & Sánchez-Sanchez, O. (2010). *Árboles de Veracruz: 100 especies para reforestación estratégica*. Distrito Federal, México: Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y el Centenario de la Revolución Mexicana. ISBN 978-607-33-0000-1
- Njokuocha, R. C., & Ewenike, E. A. (2020). Antibacterial and phytochemical properties of crude leaf extracts of *Moringa oleifera* Lam., *Pterocarpus santalinoides* L'Herit DC and *Ceiba pentandra* L. on some clinical bacterial isolates in

- Nigeria. *Journal of Complementary and Alternative Medical Research*, 10(4), 1-15. <https://doi.org/10.9734/jocamr/2020/v10i430168>
- Ong, H. C., Silitonga, A. S., Masjuki, H. H., Mahlia, T. M., Chong, W. T., & Boosroh, M. H. (2013). Production and comparative fuel properties of biodiesel from non-edible oil: *Jatropha curcas*, *Sterculia foetida* and *Ceiba pentandra*. *Energy Conversion and Management*, 73, 245-255. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2013.04.011>
- Ortinou, L. C., Taylor-Pickering, R., Nickelson, J. K., Stromsdorfer, K. L., Naik, C. Y., Haynes, A. R., ... Perfield II, J. W. (2012). Sterculic oil, a natural SCD1 inhibitor, improves glucose tolerance in obese ob/ob mice. *International Schoraly Research Network*, 2012,1-11. <https://doi.org/10.5402/2012/947323>
- Pacheco-Coello, F., Ramirez-Azuaje, D., Pinto-Catari, I., Peraza-Marrero, M., & Orosco-Vargas, C. (2019). Properties of the roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), a rich source of polyphenols. *SABER*, 31, 240-247.
- Parra O., Gallego, A. M., Urrea, A., Rojas, L. F., Correa, C., & Atehortúa, L. (2017). Biochemical precursor effects on the fatty acid production in cell suspension cultures of *Theobroma cacao* L. *Plant Physiology and Biochemistry*, 111, 56-66. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.11.013>
- Perfield II, J. W., Ortinou, L. C., Pickering, R. T., Ruebel, M. I., Meers, G. M., & Rector, R. S. (2013). Altered hepatic lipid metabolism contributes to nonalcoholic fatty liver disease in leptin-deficient Ob/Ob mice. *Journal of obesity*, 2013, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2013/296537>
- Ramírez-Higuera, A., Peña-Montes, C., Herrera-Meza, S., Mendoza-López, R., Valerio-Alfaro, G., & Oliart-Ros, R. M. (2020). Preventive action of sterulic oil on metabolic syndrome development on a fructose-induced rat model. *Journal of Medicinal Food*, 23(3), 305-311. <https://doi.org/10.1089/jmf.2019.0177>
- Riaz, G., & Rajni, Ch. (2018). A review on phytochemistry and therapeutic uses of *Hibiscus sabdariffa* L. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 102, 575-586. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.03.023>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2016). *Planeación agrícola nacional Algodón Mexicano*. Ciudad de México, México: SAGARPA Consultado el 10 de junio, 2020, desde https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257068/Potencial-Algod_n.pdf
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2019). *Planeación Agrícola Nacional del CACAO 2017-2030*. Ciudad de México, México: SAGARPA Consultado el 10 de junio, 2020, desde https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256425/B_sico-Cacao.pdf
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2020). SAGARPA de la mano con productores de CACAO. Consultado el 10 de junio, 2020, desde <https://www.gob.mx/agricultura%7Cchiapas/prensa/sagarpa-de-la-mano-con-productores-de-cacao-en-chiapas>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2021). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Consultado el 11 de agosto, 2021, desde <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Schifter-Aceves, L. (2010). La farmacopea mexicana. *Guardiana de un patrimonio nacional viviente. Casa del tiempo*, 29, 63-67.
- Singh, P., Khan, M., & Hailemariam, H. (2017). Nutritional and health importance of *Hibiscus sabdariffa*: a review and indication for research needs. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 6(5),125-128. <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2017.06.00212>
- Vital, P. G., Velascos, R. N., Demiguillo, M. J., & Rivera, W. L. (2010). Antimicrobial activity, cytotoxicity and phytochemical screening of *Ficus septica* Burm and *Sterculia foetida* L. lead extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(1), 58-63.