

OBTENCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE PLANTAS MEDICINALES

OBTAINING BIOACTIVE COMPOUNDS FROM MEDICINAL PLANTS

TRABAJO PRESENTADO EN EL EVENTO CNIC PRONAT 2022



J. Jesús Vargas Radillo^a (0000-0002-1638-469X)
 Mario Alberto Ruiz López^b (0000-0001-8413-5663)
 Bertha Carolina Vera Fuentes^a (0000-0002-0871-939X)
 Miguel Angel Briano Elías^a (0000-0002-3962-1117)
 Lucía Barrientos Ramírez^{a,*} (0000-0003-4451-8410)

^a Departamento de Madera, Celulosa y Papel, Universidad de Guadalajara.

^b Instituto de Botánica y Zoología, Universidad de Guadalajara, México.

*editorial.cenic@cnic.cu

Recibido: 24 de febrero de 2023;

Aceptado: 14 de mayo de 2023;

RESUMEN

Los recursos naturales, predominantemente los recursos vegetales, han sido utilizados desde épocas remotas y hasta nuestros días como remedio para aliviar diversos malestares de salud. El desarrollo del conocimiento y la investigación han permitido identificar los principios activos de diversos recursos naturales con propiedades médicas. Gran volumen de investigación se desarrolla a nivel mundial en la búsqueda de soluciones para diversas enfermedades. Algunos vegetales no solo tienen propiedades medicinales, sino que tienen propiedades alimenticias. En esta revisión presentamos los datos más relevantes de estudios realizados de 6 especies vegetales: *Physalis chenopodifolia* Lam (Tomatillo), *Enterolobium cyclocarpum* (Parota), *Acacia farnesiana* (Huizache), *Guazuma ulmifolia* Lam (Guacima), *Esenhardthya polystachya* (Palo Azul), y *Zea mays* L. (Maíces criollos), ampliamente utilizados como alimento, remedio tradicional o ambas, en la que se evaluó su contenido nutricional (químico proximal), composición química (fitoquímica), propiedades antioxidantes y antimicrobianas, con el objetivo de contribuir al conocimiento de estos recursos naturales.

Palabras claves: Proteínas, lípidos, fenoles, DPPH, ORAC.

ABSTRACT

Natural resources, predominantly plant, have been used since ancient times and up to the present day as a remedy to alleviate various health ailments. The development of knowledge and research have made it possible to identify the active principles of various natural resources with medical properties. A large volume of research is carried out worldwide in the search for solutions to various diseases. Some vegetables not only have medicinal properties, but also have nutritional properties. In this review present the most relevant data from studies carried out on 6 plant species: *Physalis chenopodifolia* Lam (Tomatillo), *Enterolobium cyclocarpum* (Parota), *Acacia farnesiana* (Huizache), *Guazuma ulmifolia* Lam (Guacima), *Esenhardthya polystachya* (Palo Azul), and *Zea mays* L. (Maize Creoles), widely used as food, traditional remedy or both, in which its nutritional content (proximal chemical), chemical composition (phytochemical), antioxidant and antimicrobial properties was evaluated, with the aim of contributing to the knowledge of these natural resources.

Keywords: Proteins, lipids, phenols, DPPH, ORAC.

INTRODUCCION

La investigación a nivel mundial en la búsqueda de principios activos contra diversos malestares de salud es una de las más dinámicas y de mayor volumen y esfuerzo dentro de las actividades científicas en el mundo. En México es común el empleo consumo de plantas medicinales como remedio natural, lo cual es producto de la combinación de la herbolaria precolombina y la europea. En el uso de estas plantas la mayoría de las ocasiones se desconoce el principio activo que se relacionan con los beneficios que se atribuyen. En años recientes, diversos grupos de investigación realizan esfuerzos para identificar compuestos con actividad biológica en un intento de aportar mayor conocimiento a este campo. Sin embargo, la caracterización química exhaustiva de miles de especies utilizadas en la medicina tradicional está muy lejos de completarse (García de Alba, 2012). En muchas regiones, las plantas medicinales se consumen directamente o pueden prepararse como infusiones o en presentación homeopática (Martínez, 2013). Las terapias que incluyen remedios con plantas son prácticas comunes a nivel mundial. Se han escrito números compendios del uso etnobotánica, como los escritos por Argueta (1994) o Díaz (1976), entre otros. En México un alto porcentaje de la población utiliza plantas medicinales de forma empírica para aliviar diversos padecimientos debido a la riqueza y tradición herbolaria del país. A continuación, se presentan los resultados más importantes encontrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Physalis chenopodifolia Lam (Tomatillo)

Denominada tomate verde o tomatillo, es una especie ampliamente cultivada en México y en otras partes del mundo debido a su valor comercial y frutos dulces comestibles de valor nutrimental. Debido a su biodiversidad, en México se encuentra esta especie inclusive en estado silvestre. *Physalis* cuenta con potenciales propiedades medicinales, antibacterial, antiinflamatoria y anticancerígena (Rengifo y Vargas, 2013). El fruto (baya) es de color naranja, con tonalidades rojizas al madurar (Figura 1), de sabor dulce y ha sido sujeto de consumo por los Mazahuas del centro del país.



Fig. 1. Planta y fruto de *Physalis chenopodifolia*

El estudio realizado por nuestro grupo fue hecho en 2 etapas. En el primer estudio (Salcedo *et al.*, 2015) se efectuó un análisis fitoquímico en tallo, hojas, cáliz, y fruto de plantas silvestres, cultivadas para establecer una comparación en diferentes condiciones edafoclimáticas. Se encontró que el follaje y fruto de especies cultivadas presentaron mayor cantidad de minerales que las especies silvestres debido al tipo de suelo y fertilización. Asimismo, se reporta que en tallo, cáliz y hojas se presenta el mayor contenido de metabolitos de tipo fenólico, y en menor proporción alcaloides. Se establece que el mayor contenido de minerales en el fruto de *Physalis*, como fosforo, potasio, manganeso y hierro favorece la

calidad alimenticia de los frutos y la calidad alimenticia, mientras que los metabolitos con propiedades biológicas favorecen sus propiedades antioxidantes.

En el segundo estudio (Barrientos *et al.*, 2019), se evaluó la composición química y actividad antioxidante en hojas y frutos de plantas silvestres y cultivadas. Para ello, se recolectaron plantas en un predio de Cholula Puebla. Se separaron las semillas maduras y fueron cultivadas en un campo experimental del CUCBA-Universidad de Guadalajara, en surcos con acolchado plástico y riego por goteo, incorporando fertilizante de forma controlada e insecticida sistémico. Para el análisis, se secaron las hojas y los frutos completos, de plantas silvestres y cultivadas, en estufa de tiro forzado a 45 °C. Se hicieron extracciones con un sistema de metanol/agua (80/20) y ultrasonido. Se filtró y centrifugó.

Se evaluó el contenido de fenoles por el método de Folin-Ciocalteu. Los flavonoides fueron determinados por el método de cloruro de aluminio. La actividad antioxidante fue determinada usando el método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo) (Atanassova *et al.*, 2011) y ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) (Ou *et al.*, 2001). La prueba ORAC o de donación de átomos de hidrógeno es una de las más aceptadas para la medición de la capacidad antioxidante, ya que mide esta propiedad de inhibición de radicales peróxidos generados por oxidación y descomposición térmica del compuesto AAPH (2,2'-azobis (2-amidinopropano) dihidrocloruro), el cual reacciona con fluoresceína. Los contenidos obtenidos fueron mayores en las muestras silvestres que en las muestras cultivadas, a) muestras silvestres Polifenoles: hojas 196.46 mgEAG/100gms, fruto 9.44 mgEAG/100gms; Flavonoides: hojas 148.52 mgEC/100gms, fruto 23.10 mgEC/100gms, b) plantas de cultivo, Polifenoles: hojas 23.58 mgEAG/100gms, fruto 6.21 mgEAG/100gms; Flavonoides: hojas 6.01 mgEAG/100gms, fruto 3.79 mgEAG/100gms.

Las capacidades antioxidantes, expresadas en porcentaje de captación de radicales libres, fueron relativamente similares para la prueba DPPH, a) Muestra silvestre: hojas 8.28%, fruto 61.78%; b) muestra cultivada: hojas 11.50%, fruto 62.69%). Sin embargo, en el ensayo ORAC-fluoresceína (ORAC-FL), las muestras silvestres mostraron valores más elevados con 1396 μ MET/100 gms en hojas y 342 μ MET/100 gms (gramos muestra seca) en fruto contra los datos de las especies cultivadas de 156 μ MET/100 gms en hojas y 297 μ MET/100 gms en fruto, lo cual se explicaría por el mayor contenido de compuestos en las plantas silvestres. Las hojas de plantas silvestres presentaron el mayor contenido de polifenoles y flavonoides así como la mayor capacidad antioxidante mediante la prueba ORAC, lo que significa que podría ser una fuente potencial de compuestos benéficos para la salud.

***Enterolobium cyclocarpum* (Parota)**

Existe poca información relacionada con las características agroecológicas y de composición química, bajo diferentes condiciones climáticas, de algunas especies forestales silvestres en México, con potencial forrajero, que pueden ser alternativas para alimento animal, como puede ser el caso de *E. cyclocarpum*. Es un árbol nativo de América, de regiones tropicales y templadas cálidas, con amplia presencia en México, constituye una de las especies conocidas por la forma de la vaina como "oreja de elefante", en varios países americanos se conoce también por los nombres comunes Huanacastle y Parota. Es un árbol grande de 20 a 30 m de altura, diámetro de hasta 3 m y semillas ovoides (Figura 2) contenidas en vainas en forma de oreja (Pennington y Sarukhan 1968). La utilización etnobotánica de esta especie maderable radica en el aprovechamiento de la corteza como infusiones, para curar el sarpullido y atenuar las reacciones alérgicas cutáneas. La goma es un fuerte adhesivo y se puede utilizar como sustituto de goma arábica; también se emplea para aliviar la bronquitis y el resfriado. Los frutos verdes son astringentes y se usan en caso de diarrea o para ayudar la digestión. La

flor es melífera, útil en la apicultura y la raíz se usa en algunas regiones cuando se padecen hemorroides (Rzedowski y Rzedowski J. 2005).



Fig. 2. A) Árbol, B) vaina y C) semilla de E. cyclocarpum.

Originario de América, se distribuye en los trópicos de todo el mundo. En México se distribuye en las costas del Golfo de México, en las áreas costeras del pacífico, y en las riberas de los ríos y corrientes de agua (Pennington y Sarukhan 2005). En el estado de Jalisco, localizado en la parte centro-occidente, la especie se localiza principalmente en la zona costera del océano pacífico, aunque se puede encontrar también en el centro del estado en religios fragmentados en la Sierra Madre Occidental y en el sistema volcánico Transversal (Sedeur 2014). En el estudio desarrollado por nuestro grupo de trabajo (Barrientos *et al.*, 2015) se evaluaron las propiedades nutrimentales de las semillas maduras tomadas de árboles de Parota en 5 diferentes zonas en el estado de Jalisco, México, determinando datos fisiográficos, vegetación asociada, condiciones ambientales, tipo de suelo, así como su contenido mineral y orgánico con diferentes condiciones climáticas y de suelo, con el propósito de evaluar la posibilidad de aprovechar las semillas de esta leguminosa como alimento humano por su contenido proteínico, y el follaje como forraje para alimento animal en los diferentes ecosistemas estudiados.

Para esto se evaluó el contenido nutricional de las semillas mediante el método de composición proximal, perfil de aminoácidos, minerales y degradabilidad de la proteína *in vivo* en los diferentes sitios de muestreo, encontrando semillas con 19.56-30.34% de Proteína cruda, Fibra 8.14%-14.55%, lípidos 1.42-3.22%, Nutrientes digeribles totales de 75.95%, Energía metabolizable 1549.2 kJ, índice de eficiencia proteica 1,5 % y digestibilidad de la materia seca 62,1%. Los porcentajes de proteína son similares a leguminosas de uso común como frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y guisante verde (*Pisum sativum* L.), y comparable a cereales como el maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum vulgare* L.).

El contenido evaluado de fibra cruda, carbohidratos y lípidos fueron, en algunos casos, equivalentes e incluso un poco más altos. Los aminoácidos de mayor porcentaje encontrados en las semillas fueron aspárticos 9.77% (g/100 materia seca), leucina 7.84%, arginina 7.38%, siendo los de menor contenido la fenilalanina (4.08%) y la metionina (2.35%). Estos resultados confirman a las semillas de *E. cyclocarpum* como una fuente alternativa alimenticia similar a alimentos cotidianos (Barrientos *et al.*, 2015). Otros estudios han ponderado el contenido fitoquímico de esta especie. Tiene alto contenido de saponinas en madera, mientras que las hojas contienen saponinas triterpenoides (Wina *et al.*, 2005). También se ha encontrado que los extractos acuosos de la madera contienen monoterpenos como el limoneno y el eugenol, así como fenoles (Dao-Liang *et al.*, 2015).

Acacia farnesiana (Huizache)

Acacia farnesiana (huizache), es una leguminosa que tiene un papel importante en la alimentación debido a su alto contenido proteico, el cual se fundamenta en la composición de sus aminoácidos constitutivos (Alcantara *et al.*, 1986). Estos recursos han resuelto las restricciones de alimento en épocas críticas de sequía (Hermosillo *et al.*, 2008). En México se distribuye en la vertiente del pacífico, desde el sur de Sonora hasta Chiapas, y de forma discontinua en la vertiente atlántica, principalmente en el bosque tropical caducifolio, en climas cálidos y semicálidos (Rzedowski, 2005). Se trata de árboles pequeños de 3-8 m de altura (Figura 3) con troncos cortos de 40 cm de diámetro, ramificado, estípulas espinosas, ramillas de florescencias de 1-3 cm de largo, blancas y conspicuas, flores amarillas con olor dulce, sésiles en cabezuelas globosas de 0.7- a.0 cm de diámetro, fruto cilíndrico verde eventualmente negro, glabro o pubescente, de 4-8 cm de longitud, 1 cm espesor, ápice agudo, semillas en 2 hileras longitudinales (Mc Vaught, 1987).



Fig. 3. A) Árbol B) flores C) vaina d) semilla de *Acacia farnesiana* (huizache)

El huizache contiene aminoácidos, proteínas en semillas y cáscara, y taninos en hojas, madera y corteza. De hecho, una de las características de esta leguminosa arbustiva es el contenido de taninos, considerados como agentes antinutricionales, que podrían causar efectos desfavorables en el proceso digestivo como baja aceptación del alimento, disminución en la utilización de la proteína y en la metabolización y degradabilidad de la materia seca en el ganado (Barahona *et al.*, 1997). Sin embargo, los taninos condensados podrían mejorar el desempeño productivo de animales con parasitosis (Romero *et al.*, 2000), y aumentar el nivel de aminoácidos azufrados (Ceconello *et al.*, 2003). Los taninos pueden aprovecharse en la industria farmacéutica para uso biomédico, o en la elaboración de productos químicos (Pedraza-Bucio y Rutiaga-Quñones, 2011).

En un estudio hecho por este grupo de trabajo, Barrientos *et al.* (2012), se estudió la composición química de semilla y cascara, y la degradabilidad *in vivo* en borregos pelibuey. Asimismo, se cuantificó el contenido de taninos como un subproducto útil. Se encontró en semilla 23% de proteína y 61.7% de fibra, mientras que la cáscara tuvo 17.4% de proteína y 59.3% de fibra. Los aminoácidos mayormente presentes fueron histidina, valina, treonina y leucina, tanto en semilla como en cáscara. La degradabilidad fue de 60% para semilla y de 59.2% para cáscara. Por otra parte, la semilla presentó 1.8% de taninos condensados (proantocianidinas) y 2.2 % de taninos curtientes, y la cáscara 11.6% de taninos curtientes y 9.7 % de taninos condensados (Índice de Stiasny). El huizache es un recurso que puede ser

una opción para alimento a bajo costo, previa extracción de los taninos, los cuales pueden ser aprovechados como un subproducto útil.

Guazuma ulmifolia Lam (Guácima)

La guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), Malvaceae, conocida como guácima, mutamba, caulote o aquiche es un árbol que alcanza hasta 15 m de altura y 70 cm de diámetro (Figura 4), con hojas rasposas en el haz y sedosas en el envés, flores amarillas y fruto de color café oscuro (Conabio, 2014). El fruto (vaina) es redondo o elíptico con cápsulas que abren en el ápice, con tonalidad oscura cuando maduran, con 40-80 semillas grises de 3-5 mm de diámetro, con propiedades astringentes. Los frutos son dulces, mucilaginosos y comestibles, aunque en exceso pueden causar diarrea. Se utiliza tradicionalmente para tratar hemorragias, infecciones y dolores uterinos (Jalpa *et al.*, 2012). Es nativa de América Tropical y posee un alto potencial forrajero; es común en áreas de pastizales de zonas tropicales y subtropicales (Weaver, 1990) y en bosques disturbados. En México crece a lo largo de la costa del océano Pacífico desde los 27° de latitud hacia el sur, hasta el Istmo de Tehuantepec a lo largo de la costa del Golfo de México, (Pennington y Sarukhán, 2005). Se le atribuyen propiedades medicinales para padecimientos como la tos y la bronquitis, y tiene acción antioxidante, antifúngica y antibacteriana (Conabio, 2014). La corteza, frutos y hojas tienen propiedades antifúngicas, antibacterianas y antiinflamatorias (Maldini *et al.*, 2013). En muchos casos, estas sustancias sirven como mecanismos de defensa frente a la depredación por microorganismos, insectos o herbívoros (Jamil *et al.*, 2007).

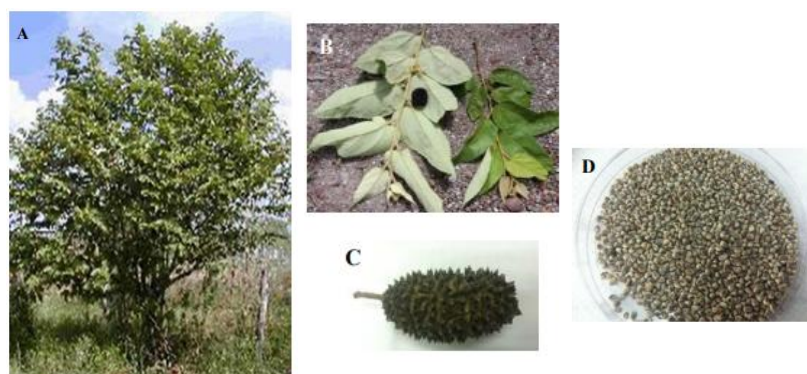


Fig. 4. A) Árbol. B) hojas; C) fruto; D) semillas

Las restricciones al uso de agroquímicos o microbicidas de origen sintético para el control de plagas agrícolas, debido al peligro que representan ambientalmente y para la salud humana, han orientado los esfuerzos en el uso de extractos inocuos de plantas con propiedades bactericidas y fungicidas para el control de plagas fitopatógenas. Nuestro grupo de investigación (Ramírez *et al.* 2014), evaluó la actividad antifúngica y antibacteriana de péptidos bioactivos extraídos por medio de sistemas bufferizados (Turrini *et al.*, 2004), así como de extractos crudos orgánicos de hoja de guácima sobre los hongos *Sclerotium cepivorum* (se desarrolla en ajo y cebolla causando la podredumbre blanca), *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder & Hansen (causante del marchitamiento vascular por fusarium en melón), y sobre las bacterias *Xanthomonas campestris* Pammel 1895, Dowson, 1939 (causante de la mancha bacteriana en pimientos y tomates) y *Pseudomonas aeruginosa*. La actividad

antifúngica fue evaluada por inhibición del desarrollo micelial *in vitro*, por medio de la medición del crecimiento micelial a diferentes concentraciones de extractos orgánicos y péptidos bioactivos. La actividad antibacteriana se evaluó por el método de dilución de caldo de cultivo en tubos con tripticasa de soya (Mueller and Hinton, 1941) a diferentes concentraciones de extractos y péptidos. Se obtuvieron los siguientes resultados inhibitorios: *Sclerotium cepivorum* 30.8% con péptidos y 88.4% con extracto metanólico; *Fusarium oxysporum*, 22.0% con extractos hexánicos y 60% con péptidos; *Xanthomonas campestris* 86.5% con extractos bufferizados (pépticos) y 80% con extracto hexánico; *Pseudomonas aeruginosa* 42.0% con péptidos y 70.0% con extracto hexánico. Estos resultados indican que los extractos de mayor actividad antibacteriana fueron los bufferizados y los hexánicos. El peso molecular de los pépticos fue de aproximadamente 24.9 kDa. Los extractos naturales son una fuente alternativa promisoría para el control de plagas.

***Esenhardthya polystachya* (Ortega) Sarg. (1892) (Palo Azul)**

Fabaceae, perteneciente a la familia Leguminosae esta planta es conocida como palo azul, palo dulce, taray, varaduz. Árbol pequeño o arbusto de 3 a 6 m de altura (Figura 5), diámetro de 15 cm o más. Hojas alternas, compuestas, pinnadas. Tallos ramificados café oscuros, corteza externa amarilla rugosa, escamosa cuando se seca. Inflorescencias en racimos de 5-7 cm de largo, corola blanca. Vaina curvada, pubescente de 7-9.5 mm de largo, frágil e indehiscente. Especie secundaria de selva baja caducifolia, abundante en zonas semicálidas de diversas zonas ecológicas desde áridas y semiáridas hasta trópico subhúmedo, se encuentra desde el sureste de Arizona hasta Oaxaca (Rzedowski *et al.*, 2005; Martínez, 1979).

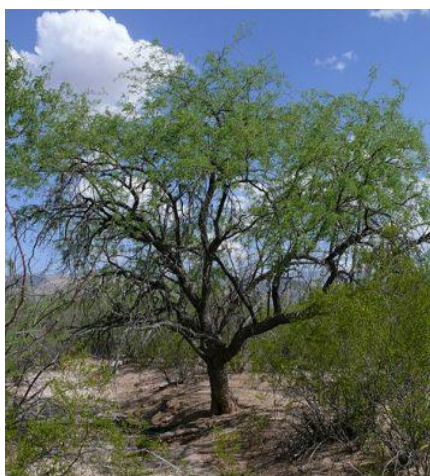


Fig. 5. *Palo dulce (Esenhardthya polystachya)*, árbol y tronco

Es una planta medicinal muy conocida en la medicina tradicional mexicana utilizada como diurético, relajante estomacal, contra los cólicos, como antipirético etc. (Martínez 1969). Otros reportes mencionan que es utilizada de forma común en el tratamiento de nefrolitiasis (cálculos renales), así se le atribuyen propiedades contra enfermedades renales y de vesícula, como la litiasis renal, se utiliza como depurativo de la sangre para combatir trastornos diuréticos y antirreumáticos (Pérez *et al.*, 1998). infusiones de corteza y partes aéreas presentan propiedades hipoglucémicas (Andrade, 1995). Estudios fitoquímicos indican la presencia de fenoles e isoflavonas aislados de la madera (Burns *et al.*, 1984), chalconas a

partir de madera y corteza (Alvarez *et al.*, 1999), otros compuestos que se han encontrado son catequina, epicatequina, quercetina, afzelequina, eriodictiol (Narvaez *et al.*, 2008), y ácido acetiloleanólico al que se le atribuye el efecto antigluccémico *in vitro* al disminuir el contenido de glucosa en ratas diabéticas inducidas por STZ con daño en hígado, riñón y páncreas (Narvaez *et al.*, 2006).

Nuestro equipo de trabajo ha evaluado esta materia prima en proyectos internos y de tesis. En este caso (Hipólito Velasco, 2017, tesis licenciatura), fue evaluada la composición química de madera de palo azul en una fracción no estudiada de esta especie, los compuestos no polares. La madera se recolectó en la localidad de Tanhuato de Guerrero en Michoacán México. El material pulverizado y tamizado se extrajo con hexano. La fracción acuosa se concentró y se trató secuencialmente mediante extracción líquido-líquido con disolventes de polaridad creciente: hexano, diclorometano y metanol, para obtener los compuestos menos polares.

Se analizaron los extractos de forma individual para identificar los metabolitos mediante cromatografía de capa fina y RMN (Bruker modelo Avance, 400 Mhz) para ^{13}C en metanol deuterado. Se identificaron una mezcla de compuestos tipo chalcona, triterpenos, y compuestos aromáticos simétricos. Entre los metabolitos identificados se pueden mencionar a amirina (triterpeno pentacíclico) presente en la pared vegetal, linoleato de aceite de cicloeucaleno, y el estigmaterol. Estos compuestos presentan niveles de genotoxicidad ya que se consideran mecanismos de defensa de las plantas. La amirina presenta actividad citotóxica, siendo previamente ya reportada en la madera de *E. polystachya* (Meira, 2011). Dado el alto consumo de esta especie, resulta relevante evaluar el uso de los vegetales con bases científicas para evitar el posible daño colateral que pueda ocasionar su uso frecuente.

Maíces criollos de México

El maíz en Mesoamérica es más que un cultivo o un alimento. Si bien proporciona alimentos, forraje y materias primas, también es un legado ancestral. El Teocintle, antecesor del maíz, es nativo de Mesoamérica por lo que México es considerado la zona originaria del maíz (*Zea mays* L.). En México se ubica la mayor diversidad de maíz del mundo (Conabio 2020). Alrededor de 50 de las 220-300 razas de maíz del continente americano crecen en México (Sánchez *et al.*, 2000). Es un pasto de la familia Poaceae o Gramineae. Se utilizan sus hojas (totomoxtle), mazorcas (élotl) y sus granos (cintle) en muchas maneras distintas (se han identificado 600 formas de procesarlo en México). Primero se nixtamaliza (cocido con cal), lo cual lo vuelve más nutritivo, y se convierte en masa, tortillas, tacos, tamales, panuchos, sopes, tostadas, tlacoyos, chilaquiles, salbutes etc. el grano entero se consume como pozole, en menudos y el maíz molido en bebidas como el pozol, pinole y atoles. El maíz fermentado en bebidas como el tepache, tejuino (Conabio 2020).

Las razas de maíz mexicanas presentan granos de diferentes coloraciones (Figura 6): blancos, amarillos, rojos, azules y negros (Bello-Perez, 2016). Relativo al contenido de pigmentos, principalmente antocianinas. Estos compuestos son deseables por sus propiedades en las industrias alimentaria, cosmética, farmacéutica. Es por ello que se presentan reportes de investigaciones hechas sobre estas especies vegetales, (Barrientos *et al.*, 2018), en el que se analizó la composición de antocianinas en granos de maíz rosa, abundante en muchas regiones en México, con interesantes propiedades biológicas debido a estos compuestos y otros polifenoles.



Fig. 6. Planta y razas pigmentadas criollas de maíz.

La muestra fue recolectada en el poblado de Nextipac, Zapopan, Jalisco, de un cultivo en condiciones de fertilización controlada. Se muestrearon 30 piezas para obtener los granos, los cuales fueron lavados, pulverizados y secados. Se realizó el proceso de extracción con ultrasonido (UAE) en metanol acidificado con 0.1% HCl. El extracto fue filtrado y concentrado, purificado en columna de amberlita (Wang *et al.*, 2014). Se recuperaron las fracciones de antocianinas utilizando de forma repetida y secuencial con una mezcla de metanol:ácido acético (19:1) hasta que no hubo más separación de manchas en placas cromatográficas de capa fina. El extracto crudo se analizó por HPLC. Las fracciones obtenidas fueron analizadas con HPLC-MS. Los compuestos obtenidos incluyen cianidina, peonidina y pelargonidina. La antocianina más abundante encontrada fue cianidina-3-(6-malonil-glucosido) la cual es un derivado malónico de la cianidina. Ya que el maíz es originario de mesoamérica y base de la dieta mexicana, es importante un permanente estudio para promover el consumo de las diferentes variedades del maíz pigmentado, por sus beneficios a la salud.

CONCLUSIONES

En esta revisión presentamos el resultado del estudio de algunas especies medicinales y con propiedades nutritivas utilizadas tradicionalmente en México y en otros países, las cuáles han sido estudiados por nuestro grupo de trabajo, con el propósito de contribuir a la identificación de sus compuestos químicos activos y de sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas *in vitro*. Se presentó también la descripción botánica y en algunos casos se incluyó la distribución, origen e importancia ecológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcántara, S. E., Ochoa, E. S., Aguilera, B.A. & Perezgil F. (1986). Huizache (*Acacia farnesiana* Willd) as an alternative resource in goat feeding. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 36(1), 135-151.
- Alvarez, L. & Delgado, G. C. (1999). O-Glycosyl-cxhydroxydihydrochalcones from *Eysenhardtia polystachya*. *Phytochemistry*, 50, 681-7.
- Andrade-Cetto, A. (1995). Estudio Etnobotánico y Fitoquímico de plantas útiles en la región de Xochipala Guerrero para el tratamiento de la diabetes NID. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Argueta, V. A. (1994). Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana, vol. 3. Instituto Nacional Indigenista, México.

Atanassova, M., Giorgieva, S. & Ivancheva, K. (2011). Total phenolic and total flavonoid contents, antioxidant capacity and biological contaminants in medicinal herbs. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 46 (1), 81-88.

Badke, M. R, Budó, M. L. D., Alvim, N. A. T, Zanetti, G. D. & Heisler, E. V. (2012). Saberes e práticas populares de cuidado em saúde com o uso de plantas medicinais. *Rev. Texto Contexto Enferm, Florianópolis*, 21 (2), 363-70.j

Barahona, R., Lascano, C. E., Cochran, R. C., Morril, J. L. & Titgemeyer, E. C. (1997). Condensed tannins in tropical legumes: Concentration, astringency and effects on the nutrition of ruminants. 18 Congreso internacional de pastizales. Winnipeg, Canadá.

Barrientos Ramírez, L, Arvizu, M. L., Salcedo Pérez, E., Villanueva Rodríguez, S., Vargas Radillo, J., Barradas Reyes, B. A. & Ruiz López, M. A. (2019). Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de *Physalis chenopodifolia* Lam. silvestre y cultivo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(51), 182-200. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.323>

Barrientos-Ramírez, L., Vargas-Radillo, J. J., Segura-Nieto, M., Manríquez-González, R., López-Dellamary, F. A. (2015). Nutritional evaluation of mature seeds of *Enterolobium cyclocarpum* (parota) from diverse ecological zones in western Mexico. *Bosque*, 36(1), 95-103. DOI: 10.4067/S0717-92002015000100010

Barrientos-Ramírez, L., Ramírez-Salcedo, H. E., Fernández-Aulis, M. F., Ruiz-López, M. A., Navarro-Ocaña, A., & Vargas-Radillo, J. J. (2018). Anthocyanins from rose maize (*Zea mays* L.) grains. *Interciencia*, 43(3), 188–192.

Barrientos-Ramírez, L., Vargas-Radillo, J. J, Rodríguez-Rivas A., Ochoa-Ruíz, H. G., Navarro-Arzate, F. & Zorrilla, J. (2012). Evaluación de las características del fruto de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) para su posible uso en curtiduría o alimentación animal. *Madera y Bosques*, 18(3), 23–35. doi: 10.21829/myb.2012.183356

Bello-Pérez, L. A., Camelo-Mendez, G. A., Agama-Acevedo, E. & Utrilla Coello, R. G. (2016). Nutraceutical aspects of pigmented maize: digestibility of carbohydrates and anthocyanins. *Agrociencia*, 50, 1041-1063.

Burns, D. T., Dalgarno, B. G., Ggargan, P. & Grimshaw, J. (1984). An isoflavone and a coumestan from *Eysenhardtia polystachya*-robert boyle's fluorescent acid-base indicator. *Phytochemistry*, 3, 167-9.

Ceconello, G., Benezra, M. & Obispo, N. E. (2003). Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrajeras leñosas de un bosque seco tropical. *Zootecnia Trop.*, 21(2), 149-165.

Chen, X. Y., Zhou, J. & Luo, L. P. (2015). Black rice anthocyanins suppress metastasis of breast cancer cells by targeting RAS/RAF/ MAPK pathway. *BioMed Res. Int.*, 1-11. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/414250>

Conabio (Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad). (2014). *Guazuma ulmifolia* Lam. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66-sterclm.pdf.

Conabio. (Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad). (2020). Maíces <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices>. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. de México. México. Contenido: Cecilio Mota Cruz, Caroline Burgeff y Francisca Acevedo Gasman. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices>

Dao-Liang, W., Abimbola, S., Yu-Chao, G., Shang, G., Hong-Bing, L. & Peter P. (2015). Enterolacaciamine as a potential O-GlcNAcase activator from the leaves of *Enterolobium cyclocarpum*. *Fitoterapia*, 105, 89-92. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.06.008>

Díaz, J. L. (Ed.). (1976). Índice y Sinonimia de las Plantas Medicinales Mexicanas (IMEPLAM). IMSS, Mexico, p. 358.

Eng, K. H., Azlan, A., Tang, S. T. & See, L. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr. Res.*, 61, 1361779. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>

García de Alba García, J. E., Ramírez Hernández, B. C., Robles Arellano, G., Zañudo Hernández, J., Salcedo Rocha, A. L. & García de Alba Verduzco, J. E. (2012). Conocimiento y uso de las plantas medicinales en la zona metropolitana de Guadalajara. *Desacatos*, 39, 29-44.

Hermosillo, G., Aguirre, O. J., Rodríguez, R. A., Ortega, A. C., Gómez, G. A. & Magaña, M. R. (2008). Métodos inductivos para maximizar la germinación de semilla de germoplasma nativo en vivero para sistemas silvopastoriles en Nayarit, México. *Zootecnia Trop.*, 26(3), 355-358.

Hipólito Velasco, J. C. (2017). Evaluación química y biológica de la madera del palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg.). Tesis licenciatura en Biología, Universidad de Guadalajara, México

Jalpa, G. P., Ashish, D. D., Patel, A. A. & Patel, N. M. 2012. Ethnomedicinal, phytochemical and preclinical profile of *Guazuma ulmifolia* Lam. *An Int. J. Pharma Sci. Monit.*, 4, 3947-3963.

Jamil, A., Shahid, M., Masud-Ul-Haq, K. M, & Ashraf, M. (2007). Screening of some medicinal plants for isolation of antifungal proteins and peptides. *Pakistan Journal of Botany*, 39(1), 211-221.

Li, D., Zhang, Y., Liu, Y., Sun & R., Xia, M. (2015). Purified anthocyanin supplementation reduces dyslipidemia, enhances antioxidant capacity, and prevents insulin resistance in diabetic patients. *J. Nutr.*, 145, 742-748. <https://doi.org/10.3945/jn.114.205674>

Maldini, M., Di Micco, S., Montoro, P., Darra, E., Mariotto, S., Bifulco, G., Pizza, C. & Piacente, S. (2013). Flavanocoumarins from *Guazuma ulmifolia* bark and evaluation of their affinity for STAT1. *Phytochemistry*, 86, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.10.011>

Martínez Avila, Y. & Gómez López, L. L. (2013). Impacto social de una estrategia de intervención sobre prescripción racional de medicina verde en *Céspedes durante*. *Rev Cuba Plantas Med.*, 18(4), 609-18

Martínez, M. (1969): Plantas medicinales de México, 5th edition, La Impresora Azteca, México D.F.

Martínez, M. (1979). Catálogo de los nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

McVaugh, R. (1987). Flora Novo- Galiciana, a descriptive account of the vascular plants of Western México. Ann Arbor the University of Michigan press. Ed. William, 5, p 176-170.

Meira, A. S. (2011). Estudo do potencial citotóxico de novos ésteres sintéticos derivados da misturatriterpenoídica α -/ β -amirina em modelos experimentais in vitro. Tesis de maestría. Universidad Federal de Ceará. Fortaleza, Brasil.

Mueller, H. J. & Hinton J. (1941). A protein-free medium for primary isolation of the Gonococcus and Meningococcus. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 48, 330-333.

Narvaez-Mastache, J. M., Garduño-Ramírez, M. L., Alvarez, L. & Delgado, G. (2006). Antihyperglycemic activity and chemical constituents of *Eysenhardtia platycarpa*. *J Nat Prod*, 69, 1687-91.

Narvaez-Mastache, J. M., Novillo, F. & Delgado, G. (2008). Antioxidant aryl-prenylcoumarin, flavan-3-ols and flavonoids from *Eysenhardtia subcoriacea*. *Phytochemistry*, 69, 451-6.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M. & Prior, R. L. (2001). Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent Probe. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49 (10), 4619–4626. doi: 10.1021/jf010586o.

Pedraza-Bucio, F. E. & Rutiaga-Quiñones, J.G. (2011). Extracto tánico de la madera de palo de Brasil. *Conciencia Tecnológica*, 42, 36-41.

Pennington, T. D. & Sarukhán, J. (1968). Árboles tropicales de México. México D.F., México. INIF/FAO, 413 p.

Pennington, T. D. & Sarukhán J. (2005). Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. 3ª edición. México D.F., México. Fondo de Cultura Económica, 523 p.

Perez, R. M., Vargas, R., Perez, G. S. & Zavala, S. (1998). Antiuro lithiatic activity of *Eysenhardtia polystachya* aqueous extract on rats. *Phytother Res*, 12, 144-5.

Ramírez, S. H. E., Virgen-Calleros, G., Vargas-Radillo, J. J., Salcedo-Pérez, E. & Barrientos-Ramírez, L. (2015). Actividad antimicrobiana in vitro de extractos de hoja de *Guazuma ulmifolia* Lam contra fitopatógenos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(27), 114-124. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/3963/3439>.

Rengifo, E. & Vargas-Arana, G. (2013). *Physalis angulata* L. (Bolsa Mullaca): A Review of its Traditional Uses, Chemistry and Pharmacology. *Boletín de estudios latinoamericanos y del Caribe*, 12(5), 431.

Romero Lara, C. E., Palma García, J. M. & Juan, L. (2000). Influencia del pastoreo en la concentración de fenoles totales y taninos condensados en *Gliricidia sepium* en el trópico seco. *Livestock Research for Rural Development*, 12(4), 1-9.

Rzedowski, G. C. & Rzedowski, J. (2005). Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª. Ed. Instituto de ecología A. C y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, p. 288

Salcedo-Pérez, E., Arvizu, M de L, Vargas-Radillo, J. J, Vargas-Ponce, O., Bernabe-Antonio, A & Barrientos-Ramírez. L. (2015). Contenido mineral y tamizaje fitoquímico en *Physalis chenopodifolia* Lam. en condiciones de desarrollo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6(28), 58-73.

Sánchez, J. J., Goodman, M. M. & Stuber, C. W. (2000). Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.*, 54, 43-59.

Sedeur (Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología). (2010). Plan de desarrollo de la región 11, Valles, Jalisco. 2da. edición. Jalisco, México. Gobierno de Jalisco. 211 p. Accessed on february 18, 2014. Available in http://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/plan_de_desarrollo_region_11_valles_vp1_0.Pdf

Turrini, A, Sbrana, C., Pitto, L. Ruffini, C. M., Giorgetti, L., Briganti, R., Bracci, T., Nuti, M. P. & Giovanneti, M. (2004). The antifungal Dm-AMP1 protein from *Dahlia Merckii* expressed in *Solanum melongena* is released in root exudates and differentially affects pathogenic fungi and mycorrhizal symbiosis. *New phytologist*, 163, 393-403.

Weaver, P. L. (1990). Tree diameter growth rates in Cinnamon Bay Watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science*, 26(1-2), 1-6.

Wina, E., Muetzel, S. & Becker, K. (2005). The Impact of Saponins or Saponin-Containing Plant Materials on Ruminant Production. A Review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53 (21), 8093–8105. doi: 10.1021/jf048053d.

Este artículo no presenta conflicto de interés

CONTRIBUCCION AUTORAL

J. Jesús Vargas Radillo: Autor principal.

Mario Alberto Ruíz López: Revisión de artículo y asesoría.

Bertha Carolina Vera Fuentes: Revisión.

Miguel Angel Briano Elías: Revisión.

Lucía Barrientos Ramírez: Revisión.