

Annona purpurea Moc. & Sessé ex Dunal native species of Mexico, underutilized

Annona purpurea Moc. & Sessé ex Dunal especie nativa de México, subutilizada

Vidal-Lezama, Eloísa^{1*}; Villegas-Monter, Ángel¹; Vaquera-Huerta, Humberto²;
Robledo-Paz, Alejandrina¹; Martínez-Palacios, Alejandro³

¹Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fisiología Vegetal, Programa de Recursos Genéticos y Productividad. ²Colegio de Postgraduados, Posgrado en Socio Economía, Estadística e Informática. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ³Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH. Tarímbaro, Michoacán, México. Km 9.5. Carr. Morelia-Zinapécuaro, C.P. 58880, Tarímbaro, Michoacán, México.

*Autor de correspondencia: villema53@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: A compendium was made about the recent knowledge related to the morphological characterization of fruits *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal, biochemical components and their bioactivity; as well as identifying the morphological and bromatological components, which describe the fruits and seeds.

Design/methodology/approach: An updated bibliography research was carried out, as well as the morphological data record of freshly collected fruits and using the methodology for bromatological analysis (AOAC, 2006), data were obtained about the pulp, peel and seeds.

Results: The main morphological characteristics of the fruit were indicated in terms of size, weight, number and weight of seeds. It was found that the pulp is an important source of sugars, fiber and protein and the oil content in seeds is very high. The main secondary metabolites reported were recorded, as well as their bioactivity.

Study limitations/implications: Being a semi domesticated fruit tree and of local consumption, the knowledge of it is also located in the distribution zones; while the published information is limited.

Findings/conclusions: The nutritional value of the fruits and the medicinal importance of leaves, stems, seeds, bark and fruits were evidenced. Also, it was highlighted the potential that has as a source of secondary metabolites among which include acetogenins, alkaloids and essential oils with different effects such as antitumor, antibacterial, antifungal, antioxidant, antiparasitic, cardiogenic, anxiolytic and insecticide. This last effect opens the possibility of expanding the supply of current biopesticides, essential input in the practice of sustainable agriculture.

Keywords: chincuya, head of black, anonacea, acetogenins, secondary metabolites.

RESUMEN

Objetivo: Analizar los conocimientos relacionados con la caracterización morfológica de frutos, componentes bioquímicos y bioactividad de *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal; así como identificar los componentes morfológicos y bromatológicos, que describen sus frutos y semillas.

Diseño/metodología/aproximación: Se analizó con el fin de actualizar el registro de datos morfológicos de frutos recién colectados *A. purpurea* y mediante la metodología de análisis bromatológico, se obtuvieron datos relacionados con la bioquímica de pulpa, cáscara y semillas.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 3, marzo. 2019. pp: 9-15.

Recibido: septiembre, 2018. **Aceptado:** diciembre, 2018.



Resultados: Se señalan las principales características morfológicas del fruto en términos de tamaño, peso, número y peso de semillas. Se encontró que la pulpa es fuente importante de azúcares, fibra, proteína y que el contenido de aceite en semillas es alto. Se registraron los principales metabolitos secundarios reportados, así como una aproximación a su actividad biológica.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Al ser un frutal semidomesticado y de consumo local, el conocimiento del mismo también está localizado en las zonas de ubicación, y la información publicada es limitada.

Hallazgos/conclusiones. Se evidencia el valor nutritivo de los frutos y la importancia medicinal de hojas, tallos, semillas, corteza y frutos. Así también, se resalta la potencialidad que tiene como fuente de metabolitos secundarios entre los que destacan acetogeninas, alcaloides y aceites esenciales con diferentes efectos, tales como la actividad antitumoral, antibacterial, antifúngico, antioxidante, antiparasitario, cardiotónico, ansiolítico e insecticida. Éste último, abre la posibilidad de que se amplíe la oferta de los actuales biopesticidas, insumo imprescindible en la práctica de una agricultura sustentable.

Palabras clave: chincuya, cabeza de negro, anonácea, acetogeninas, metabolitos secundarios.

INTRODUCCIÓN

La familia Annonaceae a la que Darwin llamó fósil viviente, es muy particular ya que tiene características arcaicas, tales como flores primitivas con número indefinido de partes florales libres, estambres dispuestos en espiral, carpelos libres, entre otros rasgos principales. Doyle y Le Thomas (1994), la consideraron como la familia palinológicamente más diversa y grande de las angiospermas, mientras que Chatrou (1999), la señala como una familia evolutiva, ecológica y económicamente muy importante. En número de especies, es por mucho la más grande del orden de las Magnoliales. Se distribuyen en el área tropical de América, Asia y África; esta última con el menor número de especies, mientras que en el neotrópico hay 900 (Chatrou, 1999). Recientemente (Thomas *et al.*, 2015) mencionaron 108 géneros y 2292 especies identificadas. La mayoría de las especies ocupan las partes bajas del bosque lluvioso, aunque *Annona* y *Duguetia*, son géneros adaptados a condiciones secas; también ha sido caracterizada como megatermal (Morley, 2000; citado por Thomas *et al.*, 2015). Otros autores han señalado alta correlación entre la diversidad de especies y la abundancia de lluvia y temperatura (Punyasena *et al.*, 2008; citados por Thomas *et al.*, 2015).

Los frutos se consumen como alimento, aportan carbohidratos, fósforo, ácido ascórbico y calcio principalmente; hojas, tallos, raíces, semillas y corteza se emplean en la medicina tradicional, de diferentes culturas en el mundo. La madera es flexible, fuerte, y es utilizada en la construcción, elaboración de papel, carpintería, cordelería y es combustible.

La mayoría de las especies de anonas frutales que se encuentran en México, están en estado silvestre, y en huertos comerciales únicamente se registran

a *A. muricata* L. (guanábana) y *A. cherimola* Mill. (chirimoya); mientras que a la ilama o papause (*A. macrophyllata* Donn. Smith., sinónimo de *A. diversifolia* Saff.), el saramuyo (*A. squamosa* L.), la chincuya (*A. purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal), la anona colorada (*A. reticulata* L.), o la amarilla (*A. reticulata* L. sinónimo de *A. lutescens* Saff.), es posible encontrarlas como especies frutales fomentadas, en los huertos de solar; distribuyéndose tanto en la costa del Pacífico como en el Golfo de México (Segura *et al.*, 2012; Escobedo-López *et al.*, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

En la localidad de Las Salinas, Chicomuselo, Chiapas, México, se recolectaron frutos el 10 de septiembre de 2014, de los árboles bajo resguardo de la familia Ríos Montejo. De veinte frutos se registró peso, largo y ancho, número de semillas normales, vanas, y el peso de semillas normales. En el laboratorio de Nutrición Animal del Dpto. de Zootecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo y mediante las metodologías de la AOAC (2006), en las semillas de un fruto (muestra compuesta), en cáscara de tres frutos y en pulpa de cuatro frutos, se determinó la analítica de humedad, materia orgánica, cenizas, grasas (extracto etéreo), proteína cruda y fibra cruda. El extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), se calculó restando a 100, la suma de cenizas, extracto etéreo, proteína cruda y fibra cruda.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Annona purpurea Moc. & Sessé ex Dunal.

La chincuya, tiene muchos nombres regionales (cabeza de negro, chincua, etc.) así como étnicos (pox, polbox, etc), una lista de ellos, fue compilada por Luna-Cázares y González-Esquinca (2015). Es

originaria de México (Dunal, 1817) y fue descrita por primera vez por José Mariano Mociño y Losada, Martín Sesé y Lacasta y publicado por Michel-Félix Dunal (ex) en "Monographie de la famille des Anonacées". Maas et al. (2011) actualizaron el Index de Géneros y Especies Neotropicales de la familia Annonaceae, en donde se indican tres sinonimias: *A. manirote* Kunth (1821), *A. involucrata* Baill (1868) y *A. prestoei* Hemsl (1897). Algunos detalles de la descripción de la planta los menciona Cabrera et al. (2004), como un árbol de hasta 10 m de alto, con la copa formada por ramas dispersas. Las flores (Figura 1A) extra axilares, solitarias, subsésiles, con tres sépalos triangular-ovados, acuminados; tres pétalos externos valvados muy gruesos y rígidos, cóncavos, usualmente acuminados, ferrugíneo-seríceos por fuera y teñidos de púrpura por dentro; tres pétalos internos de menor tamaño, imbricados, delgados, elíptico-oblongos con el ápice redondeado; estambres numerosos. Hojas simples, membranosas, deciduas, alternas de 12 a 30 cm largo y de 6 a 14 cm de ancho, obovadas a elípticas, con peciolos cortos (Figura 1B). Fruto de forma ovoide a esferoidal, cubierto de numerosas protuberancias piramidales, con un tomento parecido al fieltro, la pulpa es anaranjada, fragante, fibrosa con múltiples semillas.

En México, se distribuye según De la Cruz et al. (2016), en Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán y Veracruz. Cabrera et al. (2004) indican que en Yucatán se encuentra entre los 0 y 400 m de altitud en los municipios de Valladolid, Yaxcabá, Tunkas y en el poblado de Mahas, y que la especie se ubica en la selva mediana subperenifolia, mediana subcaducifolia y en vegetación secundaria derivada de éstas anteriores. Vidal et al. (2015), señalan que, en Veracruz, tiene un amplio rango de adaptabilidad edáfica y tolerancia al descortezador del tallo de guanábana, con la cual presenta afinidad, sugiriendo su uso como portainjerto; sin embargo, señalan que, debido a la presencia de sequías, huracanes, incendios, urbanización, ganadería, agricultura, plagas y enfermedades, está desapareciendo en el municipio de Emiliano Zapata.

Recolecta y características de frutos y semillas

Las Salinas es una localidad del municipio de Chicomuselo, Chiapas (15° 75' 21" N y 92° 26' 81" O, y 585 m altura), que presenta un clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano y precipitaciones pluviales de entre 1 000 y 1 500 mm; la población fomenta los árboles, por su vasta sombra, para consumir la fruta en fresco y venderlo en el mercado local. Usan las hojas para remedios,

la madera como combustible y cercos vivos de linderos. La floración se presenta entre abril y mayo y se cosechan los frutos en septiembre-octubre. El ciclo inicia entre diciembre-marzo con la defoliación de los árboles, dando paso a la brotación foliar, para que en mayo-junio inicie la floración.

Las evaluaciones realizadas en 20 frutos maduros, señalaron que, en promedio, registran 31.73 cm de largo y 47.17 cm de ancho, pesaron 1.23 kg y perdieron en siete días (a la sombra y 25 ± 2 °C), solo el 9.5% de peso fresco; el número de semillas por fruto fue de 138.4, el peso de una semilla fue de 1.51 g, y presentaron 140 semillas vanas, un poco más del 50%, respecto al número total de semillas. Las semillas representaron el 18.4% del total del peso del fruto, midieron 2.56 cm de largo, 1.27 cm de ancho y un grosor de 0.78 cm. Son de color café mate al momento de la cosecha, de apariencia leñosa, duras y muy difíciles de abrir (Figura 1C). Los frutos, son sincarpas, con numerosos carpelos uniseminados; se caracterizan por ser muy firmes al momento de la cosecha, la cual se realiza cuando las prominencias piramidales de la cáscara, se curvan hacia el peciolo (Figura 1D) y se desprenden con facilidad, al mismo tiempo la fruta se abre de la parte cercana al pedúnculo, "agrietándose" (Figura 1E) y desprendiendo un intenso olor característico.

La parte comestible, se compone de sarcotestas fibrosas que envuelven las semillas, esta pulpa es aromática y color anaranjado intenso (Figura 1D). El sabor es una interesante combinación de sabores mezclados semejantes a mango (*Mangifera indica* L.), plátano (*Musa balbisiana* x *M. acuminata*), maracuyá (*Passiflora* sp.) y papaya (*Carica papaya* L.). La cáscara, es muy gruesa, rugosa, dura y pesada (el peso de la cáscara fue del 32.25%, respecto al peso total del fruto). La peculiar cáscara, evita que el fruto pierda peso rápidamente después de la cosecha y el manejo de los frutos es menos delicado, si lo comparamos con otras anonas frutales; sin embargo, el gran tamaño, peso y textura de los frutos, dificultan el corte y manipulación. Una vez cortados, los frutos maduran entre tres a siete días a la sombra y temperatura media de 25 °C, el color verde disminuye y se torna rojizo-marrón. Del análisis bromatológico del fruto y semillas (Cuadro 1), destacan los valores de grasas en semillas, los carbohidratos en pulpa y los valores de proteína y fibra en cáscara.

Metabolitos secundarios en la familia Annonaceae

Los metabolitos secundarios (Ms) son compuestos

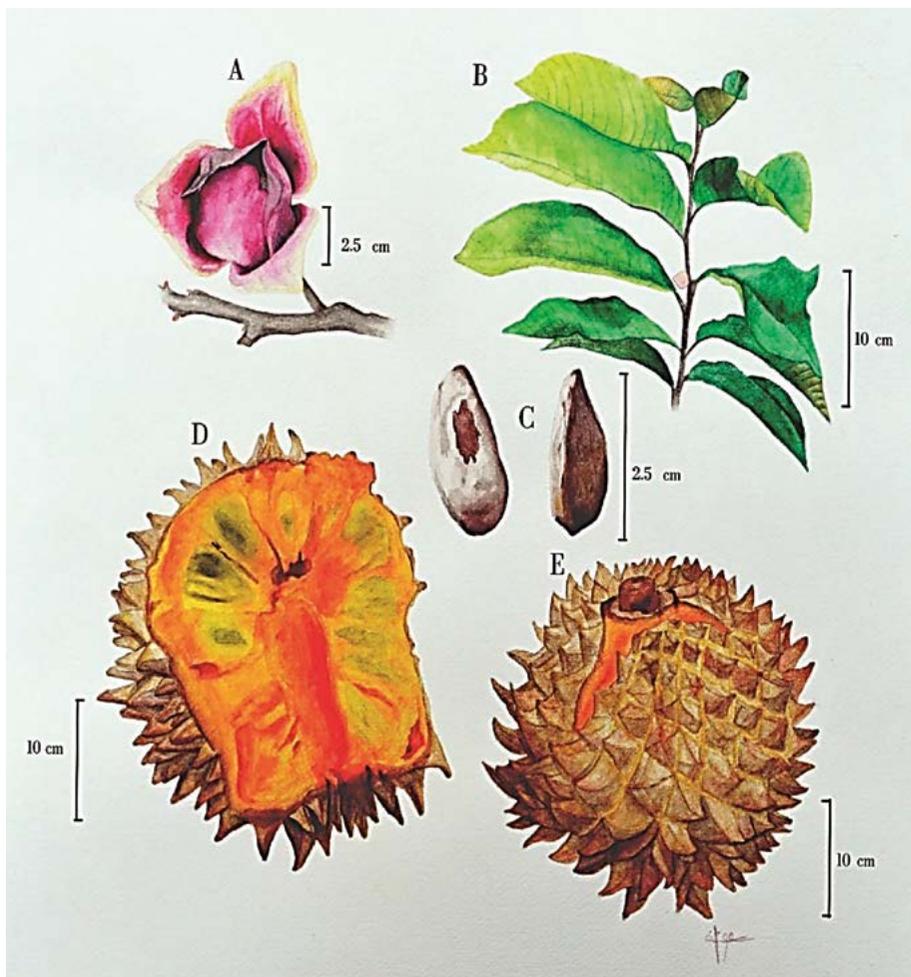


Figura 1. A. Flor abierta, mostrando tres pétalos externos y dos internos. B. Brote en pleno crecimiento. C. Semillas. Vista frontal y lateral. D. Fruto mostrando la pulpa fibrosa. E. Fruto maduro "cuarteado" y protuberancias encorvadas ("ganchos o espinas"). Composición de Diseñadora Violeta García Vidal.

complejos en estructura y función; proveen a la planta de habilidades que se requieren durante el crecimiento y desarrollo y su interacción con el medio ambiente; juegan un rol esencial en la defensa de patógenos y herbívoros y responden diferencialmente, en fun-

ción de un amplio rango de factores ambientales.

Se consideran compuestos multifuncionales, ya que un número reducido de rutas biosintéticas soportan grandes beneficios para el metabolismo primario; tienen funciones

ecológicas tales como atrayentes de entomófagos, polinizadores y dispersores de semillas. La denominación de Ms es imprecisa, ya que son productos muy importantes que permite a las plantas, asegurar la óptima respuesta a los retos bióticos o ambientales (Neilson *et al.*, 2013). Quizá la característica más distintiva de la familia Annonaceae, es su riqueza en Ms, los cuales se pueden encontrar en raíces, cortezas, tallos, semillas y frutos; y la naturaleza química es muy diversa e incluyen acetogeninas, alcaloides, megastigmananos, terpenoides, lectinas, flavonoides, aceites esenciales, ciclopéptidos y ácidos grasos. La bioactividad que presentan también es muy amplia, causando efectos tóxicos en mamíferos, insectos, virus, ácaros, bacterias, nemátodos, hongos y protozoarios; estos efectos son de diferentes magnitudes y han sido demostrados en ensayos *in vivo* e *in vitro*. Las acetogeninas (ACG), son compuestos, que contienen de 35 a 37 átomos de carbono; se caracterizan por poseer una cadena alifática larga con un anillo γ lactona α, β insaturado y uno, dos o tres anillos de tetrahydrofurano, localizados a lo largo de la cadena hidrocarbonada (Alali *et al.*, 1999). Otros compuestos policétidos, con la misma biogénesis, han sido identificados en aguacate y denominados también acetogeninas, pero la estructura química *sensu stricta* no es la misma.

En el campo de los productos naturales vegetales el descubrimiento, en la década de los ochenta, de las ACG ha sido un parteaguas, donde la lucha contra el cáncer encontró un gran aliado. El efecto antitumoral de las ACG, mostraron ser selectivamente tóxicas para varios tipos de células cancerígenas, incluidas

Cuadro 1. Componentes del fruto de chincuya (*Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal), en base a peso seco.

Variable	Cáscara ^z	Pulpa ^y	Semilla ^x
Cenizas (%)	6.329±0.14	6.512±1.09	2.562±0.01
Materia orgánica (%)	93.670±0.14	93.487±1.09	97.437±0.01
Proteína cruda (%)	10.756±1.61	7.317±1.00	13.965±0.14
Extracto etéreo (%)	0.984±0.80	0.667±0.19	44±0.03
Fibra cruda (%)	42.751±0.84	11.914±4.14	20.004±0.05
Extracto libre de nitrógeno (%)	39.177±2.15	73.587±3.41	19.470

^zMedia de 6 observaciones; ^yMedia de 8 observaciones; ^xMedia de dos observaciones.

líneas resistentes a fármacos; dado que su mecanismo de acción involucra la síntesis de ATP y que las células cancerosas tienen una mayor demanda de ATP que las células normales, la potencialidad de estos compuestos es enorme (Sun et al., 2014). Miao et al. (2016) encontraron cuatro nuevas ACG en semillas de *A. squamosa* L., concluyendo que la escuamocina-I fue el compuesto que exhibió la más potente actividad citotóxica. Xiao et al. (2017) realizaron una completa revisión respecto a *A. coriacea*, *A. crassifolia*, *A. hypoglauca*, *A. muricata*, *A. squamosa*, *A. sylvatica* y *A. vepretorum* como fuentes de agentes antitumorales, reportando los mecanismos de acción y discutiendo sobre las relaciones estructurales y su bioactividad. Otro efecto comprobado es el anticoagulante, donde Pautus et al. (2016) estudiaron a la annonacinona como un nuevo agente anti trombos, la cual resultó más potente que la tiplaxtinina el fármaco control. El efecto plaguicida se definió por la bioactividad insecticida por demás prometedor, algunos ejemplos demuestran su potencialidad. Domínguez et al. (2012), señalaron el alto poder toxicológico de las ACG, tanto en los géneros *Aedes* y *Anopheles*, como en *Pediculus humanus*, *Pulex irritans*, *Cimex lectularius* y *Blattella germanica*. La toxicidad la atribuyeron a un efecto anti alimentario, comparable al mostrado por la rotenona y superior al causado por extractos de *Azadirachta indica*. También Ribeiro et al. (2014 y 2014a), encontraron que los extractos de *A. montana*, *A. mucosa*, *A. muricata* y *A. sylvatica*, fueron efectivos contra *Trichoplusia ni*, *Myzus persicae* y *Panonychus citri*, los cuales exhibieron niveles de actividad superiores a los acaricidas botánicos comerciales probados. Por su parte Gonçalves et al. (2015), demostraron la actividad de extractos de semillas de *A. sylvatica* sobre *Zabrotes subfasciatus*, concluyendo que contienen sustancias protectoras de granos almacenados. De manera similar, Machado et al. (2015), comprobaron la actividad nematocida del extracto etanólico de hojas de *A. crassiflora* y sus fracciones. Otros como Ribeiro et al. (2016), demostraron el efecto tóxico del extracto etanólico de semillas de *A. mucosa* en crecimiento y desarrollo de *Spodoptera frugiperda*.

El contenido de aceites esenciales es responsable de los aromas que desprenden muchas especies, también a ellos se debe su efecto antibacterial, antifúngico y antiviral, además que por su fuerte sabor las plantas son menos palatables para los herbívoros (Yong-Lak & Jun-Hyung, 2016), los mismos autores señalan principalmente a mono y sesquiterpenos, pero también a fenoles, óxidos, ésteres, aldehídos y cetonas, como responsables de los aromas. Bomfim et al. (2016) indican que los constituyentes principales son α -pineno y β -pineno, mircenol, p-cimeno, limoneno, linalool, 1,8-cineol, cariofileno y óxido de cariofileno, y revisan la literatura sobre la composición química, bioactividad y usos de componentes volátiles, incluso la composición de sabor de diversas especies de anonas; los mismos autores identificaron los aceites esenciales de hojas de *A. vepretorum* y determinaron la citotoxicidad que inhibió el crecimiento, de líneas celulares tumorales de melanoma de ratón B16-F10.

Una propuesta más reciente es las de usar las semillas, como combustible verde. Con tal propósito, Reyes-Trejo et al. (2014) evaluaron el aceite de semillas de ilama como materia para preparación de biodiesel, logrando un producto de excelente calidad y rendimiento. También Schroeder et al. (2017),

evaluaron dos tipos de biodiesel, producidos del aceite de semillas de *A. muricata*, presentando excelentes resultados con respecto a los parámetros establecidos por la agencia oficial de control de calidad biodiesel de Brasil.

***Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal**

El uso medicinal de jugo, semillas, tallos, hojas y corteza de chincuya, han sido revisado por Luna-Cázares y González-Esquinca (2015), quienes mencionan el uso para tratar fiebre, tos, resfriados, disentería, diarrea, parásitos intestinales y congestión, así como para aliviar la ictericia, el dolor de cuerpo, de cabeza, las infecciones de la piel, la malaria, para controlar diabetes, enfermedades respiratorias, como cardiotónico, para riñones, como antiespasmódica, para bajar la presión arterial, como sedativa y su uso como insecticida, en específico contra piojos, chinches, polillas, cucarachas y pulgas. Los reportes científicos sobre la bioactividad de los compuestos de chincuya, son escasos. Cárdenas et al. (2005) comprobaron la actividad leishmanicida con estudios *in vitro* e *in vivo* de extractos alcohólicos, de hojas; además de efectos ansiolítico, antifúngico, citotóxico, antitumoral, antibacteriano, antiparasitario, cardiotónico e insecticida señalados por Luna-Cázares y González-Esquinca (2015), quienes mencionan el registro de 14 ACG identificadas hasta el año 1999, registrando en el año 2015, a 44 alcaloides, 27 aceites esenciales, cuatro flavonoides, dos esteroides, una purina y una lacto amida. Muñoz-Acevedo et al. (2016) comprobaron los efectos citotóxico y antioxidante de los aceites esenciales de hojas sobre modelos celulares humanos. Recientemente

González-Tepale et al. (2018), reportaron el aislamiento en semillas, de un nuevo ciclooctapéptido, denominándolo ciclopurpuracina.

CONCLUSIONES

En la actualidad, los consumidores están prefiriendo alimentos que les protejan del deterioro físico y enfermedades; los metabolitos secundarios pueden actuar en ese sentido al estar presentes en muchos productos naturales. Particularmente, las acetogeninas análogas por desarrollarse, podrían jugar un futuro rol importante en la terapia anti cáncer, así como en la fitopatología. Desde la óptica agronómica, el campo de acción es amplio, la aplicación de productos fitosanitarios biodegradables, efectivos y económicos, de manera sustentable y alternativa al control convencional, es apremiante; la chincuya, una especie vegetal subutilizada es parte de la solución; sin embargo, su amplio poder bioactivo no ha sido suficientemente evaluado. Como especie nativa de gran valor cultural y social, debe ser protegida dada la vulnerabilidad en la que se encuentra; reconocer su importancia y alcances, es una estrategia inicial para su buen resguardo.

LITERATURA CITADA

- Alali, F. Q., Liu, X. X., Mc Laughlin, J. L. 1999. Annonaceous acetogenins: recent progress. *Journal of Natural products* 62(3): 504-540.
- AOAC. 2006. Official methods of analysis of AOAC International (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
- Bomfim, L. M., Menezes, L. R. A., Rodrigues, A. C. B. C., Dias, R. B., Gurgel Rocha, C. A., Soares, M. B. P., Neto, A. F. S., Nascimento, M. P., Campos, A. F., Silva, L. C. R. C. e., Costa, E. V., Bezerra, D. P. 2016. Antitumour Activity of the Microencapsulation of *Annona vepretorum* Essential Oil. *Basic Clin. Pharmacol Toxicol*, 118: 208-213. doi:10.1111/bcpt.12488
- Cabrera, C.E.F., Hernández, M. E., H., Salvador, F. J., Salazar, G. C. 2004. Annonaceae de la Península de Yucatán. *Taxonomía, Florística y Etnobotánica*. José Salvador Flores (Ed.). Etnoflora Yucatenense. Fascículo 21. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia. p.64.
- Cárdenas, D. L., Lora, J. A., Márquez, R. L., Blanco, P. J. 2005. Actividad leishmanicida de *Annona purpurea*. *Actual Biol*, 27 (Supl 1): 35-37.
- Chatrou, L.W. 1999. The Annonaceae and the Annonaceae project: a brief overview of the state of affairs. *Acta Hort.* 497: 43-58.
- De-la-Cruz-Chacón, I., Castro-Moreno, M., Luna-Cázares, L. M., González-Esquinca, A. R. 2016. La familia Annonaceae Juss. en México. *LACANDONIA* año 10. 10 (2): 71-82.
- Domínguez, M. V., Domínguez, A. A., Trejo, H. A., Coria, G. N., Martínez, V. M. 2012. Las acetogeninas ¿más que inhibidores del transporte electrónico? In: Anonáceas Plantas antiguas, estudios recientes. González, E. A. R.; Luna C. L.M.; Gutiérrez, J. J.; Schlie, G. M. A.; Vidal; L. D. G. (Coord.). Colección Jaguar. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. ISBN: 978-607-7510-91-8. p. 475-495.
- Doyle, J. A., Le Thomas, A. 1994. Cladistic analysis and pollen evolution in Annonaceae. *Acta Botanica Gallica*. 141(2):149-170.
- Dunal, Michel Félix. 1817. *Monographie de la Famille des Anonacées*. Paris, London, Strasbourg, Montpellier. Aug-Nov.
- Escobedo-López, D., Campos-Rojas, E., Rodríguez-Núñez, J. R., Alia-Tejagal, I., & Núñez-Colín, C. A. 2018. Priority areas to collect germplasm of *Annona* (Annonaceae) in Mexico based on diversity and species richness indices. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1-13. [https://doi.org/10.1007/s10722-018-0718-2\(0123456789\(\).,-volV\(\)0123456789\(\).,-volV](https://doi.org/10.1007/s10722-018-0718-2(0123456789().,-volV()0123456789().,-volV)
- González-Tepale, M. R., Reyes, L., Mayorga-Flores, M., Reyes-Trejo, B., Gómez-Zepeda, D., del Rio-Portilla, F., Herbert-Pucheta, J. E. 2018. Cyclopurpuracin, a cyclopeptide from *Annona purpurea* seeds. *Phytochemistry letters*, 23: 164-167.
- Gonçalves, G. L. P., Do Prado, R. L., Gimenes, L., Cezar, V.P., Fernandes da S.M. das G., Rossi, F. M., Batista, F.J. Djair, V. J. 2015. Lethal and sublethal toxicities of *Annona sylvatica* (Magnoliales: Annonaceae) extracts to *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Florida Entomologist*. 98(3):921-928.
- Luna-Cázares, L., González-Esquinca, A.R. 2015. La chincuya (*Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal): una planta mesoamericana. In: Anonáceas. Plantas antiguas. Estudios recientes. Parte 2. Vidal-Lezama, E.; Vidal M. N. A.; Vidal H. L. (Comp.) Universidad Autónoma Chapingo. ISBN:978-607-12-0411-0. Versión electrónica. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. pp:1-26
- Maas, P. J., Westra, L. Y. T., Rainer, H., Lobao, A. Q., Erkens, R. H. 2011. An updated index to genera, species, and infraspecific taxa of Neotropical Annonaceae. *Nordic Journal of Botany*. 29(3): 257-356. doi: 10.1111/j.1756-1051.2011. 01092.x
- Machado, A. R. T., Ferreira, S. R., da Silva Medeiros, F., Fujiwara, R. T., de Souza Filho, J. D., Pimenta, L. P. S. 2015. Nematicidal activity of *Annona crassiflora* leaf extract on *Caenorhabditis elegans*. *Parasites & vectors*. 8(1):113.
- Miao, Y., Xu, X., Yuan, F., Shi, Y., Chen, Y., Chen, J., Li, X. 2016. Four cytotoxic annonaceous acetogenins from the seeds of *Annona squamosa*. *Natural Product Research*. 30(11): 1273-1279.
- Muñoz-Acevedo, A., Aristizábal-Córdoba, S., Rodríguez, J., Torres, E., Molina, A., Gutiérrez, R., Kouznetsov, V. 2016. Citotoxicidad/ Capacidad antiradicalaria *in-vitro* y caracterización estructural por GC-MS/1H-13C-RMN de los aceites esenciales de hojas de árboles joven/adulto de *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal de Repelón (Atlántico, Colombia). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 15 (2): 99-111.
- Neilson, E. H., Goodger, J. Q. D., Woodrow, I. E., Møller, B. L. 2013. Plant chemical defense. *Trends in Plant Science*. 18(5): 250-258.
- Pautus, S., Alami, M., Adam, F., Bernadat, G., Lawrence, D. A., De Carvalho, A., Ferry, G., Rupin, A., Hamze, A., Champy, P., Bonneau, N., Gloanec, P., Peglion, J.L., Brion, J.D., Bianchini, E.P., Borgel, D. 2016. Characterization of the Annonaceous acetogenin, annonacinone, a natural product inhibitor of plasminogen activator inhibitor-1. *Scientific Reports*. 6: 35462. doi:10.1038/srep36462.
- Reyes-Trejo, B., Guerra-Ramírez, D., Zuleta-Prada, H., Cuevas-Sánchez, J. A., Reyes, L., Reyes-Chumacero, A., Rodríguez-Salazar, J.

- A. 2014. *Annona diversifolia* seed oil as a promising non-edible feedstock for biodiesel production. *Industrial Crops and Products*. 52: 400-404.
- Ribeiro, L. P., Akhtar, Y., Vendramim, J. D., Isman, M. B. 2014. Comparative bioactivity of selected seed extracts from Brazilian *Annona* species and an acetogenin-based commercial bioinsecticide against *Trichoplusia ni* and *Myzus persicae*. *Crop Protection*. 62: 100-106.
- Ribeiro, L., Zanardi, P., Vendramim, O., Yamamoto, Z. 2014a. Comparative toxicity of an acetogenin-based extract and commercial pesticides against citrus red mite. *Experimental and Applied Acarology*. 64(1): 87-98
- Ribeiro, Leandro do Padro, Ansante, Thiago Felipe, Vendramim, José Djair. 2016. Efeito do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* no desenvolvimento e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. *Bragantia*. 75(3): 322-330.
- Schroeder, P., dos Santos Barreto, M., Romeiro, G. A., Figueiredo, M. K. K. 2017.. Development of energetic alternatives to use of waste of *Annona muricata* L. *Waste and Biomass Valorization*. pp 1-9.
- Segura, S., Andrés, J., Fresnedo, J., Zavala, F., Marroquín, L., Vidal, E., Nicolás, M., Vidal, L., Bolívar, N., Castañeda, A., González, A., Barrios, S. and Carmona, A. 2012. Where do we go with *Annona* in México? *Acta Hort.* 948: 79-89 DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.948.8 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.948.8>
- Sun, S., Liu, J., Kadouh, H., Sun, X., Zhou, K. 2014. Three new anti-proliferative Annonaceous acetogenins with mono-tetrahydrofuran ring from graviola fruit (*Annona muricata*). *Bioorganic & medicinal chemistry letters*. 24(12): 2773-2776.
- Thomas, D. C., Chatrou, L. W., Stull, G. W., Johnson, D. M., Harris, D. J., Thongpaiboj, U. S., Saunders, R. M. 2015. The historical origins of palaeotropical intercontinental disjunctions in the pantropical flowering plant family Annonaceae. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*.17(1): 1-16.
- Vidal, H. L., Vidal, M. N., Colorado, E.J.J., Vidal, M.C., Ruiz B. R., Ruiz, R. J., Chiquito, C. R. G., Rivera F. A., Alemán, Ch. I. 2015. Recursos fitogenéticos de las anonáceas en el estado de Veracruz. *In: Anonáceas. Plantas antiguas. Estudios recientes. Parte 2.* Vidal-Lezama, E.; Vidal M. N. A.; Vidal H. L. (Comp.) Universidad Autónoma Chapingo. ISBN:978-607-12-0411-0. Versión electrónica. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. pp: 1-26.
- Xiao, J., Tundis, R., Loizzo, M. 2017. *Annona* species (Annonaceae): A rich source of potential antitumor agents? *Annals of the New York Academy of Sciences* 1398(1): 30.
- Yong-Lak P., Hyung. J. Tak. 2016. Chapter 6 - Essential Oils for Arthropod Pest Management in Agricultural Production Systems, *In: Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety.* Victor R. Preedy (Ed.). Academic Press, San Diego, Pp. 61-70.

