



Trabajo de fin de grado

Universidad de Sevilla

Facultad de Farmacia

La Chaya, una planta milenaria



Autor: Jesús Ortiz Rodríguez



Universidad de Sevilla

FACULTAD DE FARMACIA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FARMACIA

La Chaya, una planta milenaria

Autor: Jesús Ortiz Rodríguez

Sevilla, 11/06/2021

Departamento de Biología Vegetal y Ecología

Tutora: Rocío Juan Rodríguez

Proyecto bibliográfico

RESUMEN

Título del trabajo: La Chaya, una planta milenaria

Se ha realizado una revisión bibliográfica de la Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*), una especie de la familia Euphorbiaceae. Esta fue utilizada en Mesoamérica por los Mayas como alimento básico y como medicina desde tiempos prehispánicos. El crecimiento de esta especie suele verse favorecido en zonas de climas templados o cálidos, aunque es capaz de tolerar situaciones climáticas adversas, como pueden ser fuertes lluvias o sequías.

El estudio de esta especie se ha llevado a cabo desde distintos puntos de vistas. Los aspectos botánicos incluyen información sobre la distribución geográfica, una descripción de la especie, nombres vernáculos, variedades reconocidas, cariología, palinología y reproducción. Además, se exponen sus usos etnobotánicos, destacando su relevancia nutricional, así como su importancia como planta medicinal.

A su vez, también se aporta información sobre su composición química y de su acción farmacológica, relacionando ambos apartados siempre que ha sido posible y con su uso tradicional

Finalmente se expone los beneficios para la salud que podría aportar el consumo de esta especie, tanto en personas sanas como en aquellas que por motivos de alguna medicación presentan problemas hepáticos o de otro tipo.

Palabras claves: Euphorbiaceae, *Cnidoscolus aconitifolius*, espinaca Maya, etnobotánica, composición química, actividad farmacológica.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVOS	8
RESULTADOS	10
1. ASPECTOS BOTÁNICOS	10
1.1 Familia Euphorbiaceae	10
1.2 Cnidoscolus aconitifolius	11
A. Distribución y ecología	12
B. Descripción botánica	12
C. Nombres vernáculos	13
D. Variedades	14
E. Palinología	15
F. Cariología	16
G. Biología reproductiva	16
2. ASPECTOS ETNOBOTÁNICOS	16
2.1 Uso nutricional	17
2.2 Uso medicinal	18
2. ASPECTOS FARMACOLÓGICOS	19
3.1 Composición fitoquímica	19
A. Ácidos grasos	19
B. Terpenos/Esteroides	20
C. Saponinas	20
D. Glucósidos	20
E. Compuestos fenólicos	21
F. Aminoácidos	21
G. Alcaloides	21
3.2 Propiedades farmacológicas	22
A. Analgésico	22
B. Gastroprotectora	22
C. Antioxidante	23
D. Antidiabético o Hipoglucémico	23
E. Antibacteriano	24
F. Hepatoprotector	24
G. Antitrombótica	25
DISCUSIÓN	26
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	32

INTRODUCCIÓN

La chaya es una especie del género *Cnidoscolus* Pohl (Euphorbiaceae). Este género es endémico de América tropical, e incluye 97 especies. Se extiende desde Estados Unidos hasta el norte de Argentina, con dos importantes centros de diversificación en Brasil y México (Maya-Lastra y Steinmann, 2018). *Cnidoscolus* se caracteriza por la presencia de pelos urticantes formados por una única célula alargada y una base bulbosa rica en sustancias irritantes (Lookadoo y Pollard, 1991; Fu et al., 2007). Estos pelos se encuentran principalmente en las hojas, aunque también pueden estar en las flores, frutos y tallos (Ross-Ibarra y Molina-Cruz, 2002; Cifuentes et al., 2010).

Desde hace miles de años, los hombres han usado que numerosas especies de plantas en todo el mundo para diferentes propósitos, como alimentación, medicina, para construcción de herramientas o viviendas, combustible, etc. (Ijaz et al., 2017). El uso de las plantas como fuente de alimento por parte de las distintas sociedades ha dependido de la disponibilidad de éstas y de los hábitos alimentarios que predomina en la población (Hernández Monzón et al., 2011).

Mesoamérica es una de las regiones de la Tierra donde se han encontrado evidencias de una agricultura temprana, de hace 9000 o 10000 años (Fig. 1) (Casas y Caballero, 1995).



Figura 1. Mapa de los países que forman la región de Mesoamérica (tomada de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/Colecciones/index.php?clave=huerto&pag=3>).

Esta región ha aportado varios cultivos importantes a la agricultura moderna, entre los que se incluye el maíz, frijol, calabaza, cacao o el aguacate (Figueredo et al., 2015). Sin embargo, los pobladores de esta región también cultivaron y domesticaron otras plantas útiles, algunas de las cuales aún no son bien conocidas fuera de esta región. Una de estas plantas es la chaya, que fue cultivada en Mesoamérica por los Mayas como alimento básico desde tiempos prehispánicos (Bautista-Cruz et al., 2011). Esta civilización es considerada en la actualidad como la más grandiosa cultura de toda América (Fig. 2) (Rivera 2007).



Figura 2. Templo Calakmul de la civilización Maya rodeado de flora típica de la zona (tomada de <https://tuitearte.es/culturas/maya/>).

El uso de la chaya se fue extendiendo, ya que su conocimiento se difundía entre los diferentes curanderos. Esta planta presenta una gran variedad de funciones tanto nutritivas como terapéuticas. (Cahuich-Campos et al., 2014; Hirose López, 2018). Generalmente, se sembraba en huertos familiares, en los alrededores de sus casas y campos de maíz y era también conocida como “espinaca maya” (Ross-Ibarra 2003; Toledo et al., 2008).

La chaya se empezó a utilizar en la península de Yucatán, y en la actualidad continúa siendo utilizada por al menos 10 grupos mayas (Fig. 3), así como por otros muchos pueblos mexicanos y mesoamericanos (Ross-Ibarra y Molina-Cruz, 2002; Cifuentes et al. 2010). Poco a poco, esta especie se ha introducido en Estados Unidos

(sobre todo en Texas y Florida), sur del Sahara, India, etc., donde se utiliza como verdura de hoja y/o como planta medicinal (Iwuji et al., 2013).



Figura 3. Huerto doméstico maya (tomada de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/Colecciones/index.php?clave=huerto&pag=3>)

OBJETIVOS

Cnidoscolus aconitifolius es una especie endémica de Mesoamérica bastante desconocida y con un enorme potencial, por lo que los objetivos de este trabajo bibliográfico son:

- Recopilar el máximo de información desde un punto de vista botánico sobre esta especie (morfología, la distribución, reproducción, palinología, etc.).
- Sintetizar los principales usos tradicionales de esta especie, tanto desde un punto de vista nutricional como médico.
- Compilar la información sobre la composición fotoquímica de *C. aconitifolius*.
- Exponer los efectos terapéuticos que esta especie puede ofrecer.
- Comparar las características nutricionales respecto a otros alimentos que se consumen comúnmente.
- Reflejar, siempre que sea pueda, la relación entre los usos de *C. aconitifolius* en medicina tradicional con los datos obtenidos en investigaciones recientes.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de este trabajo se han buscado diferentes artículos en diferentes bases de datos electrónicas, como PubMed, Web of Science o Google Académico.

La búsqueda abarcó temas amplios relacionados con Euphorbiaceae, familia a la que pertenece la especie objeto de este estudio, hasta llegar a la especie en sí: *Cnidoscolus aconitifolius*. Para dichas búsquedas se usaron diferentes palabras claves como: Euphorbiaceae, *Cnidoscolus aconitifolius*, Chaya, phytochemical compounds of *Cnidoscolus aconitifolius*, ethnobotanical uses of Chaya, Mayan spinach, pollen morphology or chromosome studies of *Cnidoscolus*, etc.

Se ha procurado el uso de bibliografía lo más actual posible, especialmente en cuanto a las funciones farmacológicas y la composición fitoquímica, aunque sobre todo en los apartados botánicos y etnobotánicos es habitual encontrar referencias de periodos diversos.

La nomenclatura y la sinonimia se han verificado mediante “The Plant List”(1)*, una base de datos internacional en el que se recopilan los nombres de todo tipo de plantas. Para la posición taxonómica de la familia se ha seguido sistema de clasificación APG IV (**A**ngiosperm **P**hylogeny **G**roup), que es un sistema de clasificación de angiospermas basado en criterios filogenéticos. Los datos moleculares que usa son secuencias de ADN del núcleo celular, de la mitocondria y del cloroplasto (2)

Las referencias electrónicas se encuentran en los pies de figuras a excepción de los que se encuentren bajo la bibliografía, los cuales están ordenados en función del orden de aparición en el texto. Las fotografías se han seleccionado de páginas de internet o de artículos científicos, por lo que la fuente de la que se ha obtenido se indica en el pie de figura.

*Las referencias electrónicas, salvo las que son exclusivas de los pies de figura, aparecen tras la Bibliografía ordenadas por números siguiendo el orden en que se citan en el texto.

RESULTADOS

1. ASPECTOS BOTÁNICOS

1.1 Familia Euphorbiaceae

Es una de las familias más grandes y diversificadas de angiospermas. Engloba alrededor de 8.000 especies agrupadas en unos 300 géneros, que se distribuyen en su mayoría, por zonas tropicales o subtropicales y templadas (Mena, 2015). Tradicionalmente se dividió en 5 subfamilias: *Phyllanthoideae*, *Oldfieldioideae*, *Acalyphoideae*, *Crotonoideae* y *Euphorbioideae* (Webster, 1994). Sin embargo, los géneros de las subfamilias *Phyllanthoideae* y *Oldfieldioideae*, caracterizados por presentar dos óvulos por lóculo, han pasado a formar parte mayoritariamente de las familias *Phyllanthaceae* y *Picrodendraceae*, respectivamente (Levin y Gillespie, 2016). En la actualidad se reconocen cuatro subfamilias: *Cheilosoideae*, *Euphorbioideae*, *Crotonoideae* y *Acalyphoideae*, teniendo éstas dos últimas un apoyo moderado como grupos monofiléticos (Wurdack et al., 2005; Webster, 2014).

Esta familia incluye hierbas, subarbustos, arbustos, árboles o enredaderas. Pueden ser monoicos o dioicos, perennifolios o caducifolios. Tallos a veces suculentos y/o con látex. Con indumento simple y/o estrellado (a veces ausente). Las hojas son alternas, opuestas, (raramente verticiladas), simples o compuestas (palmeadas); pecioladas o sentadas; con limbo lobulado de márgenes enteros, subenteros, ondulado, crenados, aserrados o dentados; nerviación pinnada o palmada en la base; con estípulas libres (menos frecuentemente connadas o ausentes). Flores solitarias o en glomérulos, a menudo agrupadas en inflorescencias terminales o axilares en forma de racimos, panículas, espigas, tirsos, cimas, fascículos o pseudantios (ciatios). Las flores son unisexuales, actinomorfa, aclamídeas o clamídeas, hipóginas, a veces agrupadas en pseudantos hermafroditas (ciatios). El número de sépalos y pétalos varía entre 0-12, a veces de distintos colores. Nectarios presente o ausente (intra- o extraestaminal). Androceo con 1-35 (-1000) estambres con filamentos libres o connados, con anteras dehiscentes y hendidura longitudinal. Gineceo sincárpico; ovario súpero formado por (1-) 3-5 (-20) lóculos; con 1-5 (-9) estilos, libres o connatos, y con 1-32+ estigmas. Los frutos suelen ser esquizocarpos con mericarpos que se separan de la columna

persistente, cápsulas con dehiscencia septicida, y a veces, drupas o aquenios; con 1 semilla por lóculo (Webster, 1994; Benedí, 1997; Levin y Gillespie, 2016).

Según la clasificación de Angiospermas basada en datos moleculares de secuencias de ADN del núcleo, mitocondrias y cloroplastos (APG IV), la familia Euphorbiaceae se incluye en el orden Malpighiales (2). Como puede observarse en la Figura 4, este orden aún tiene grupos sin resolver. No obstante, Euphorbiaceae es un clado con un fuerte apoyo.

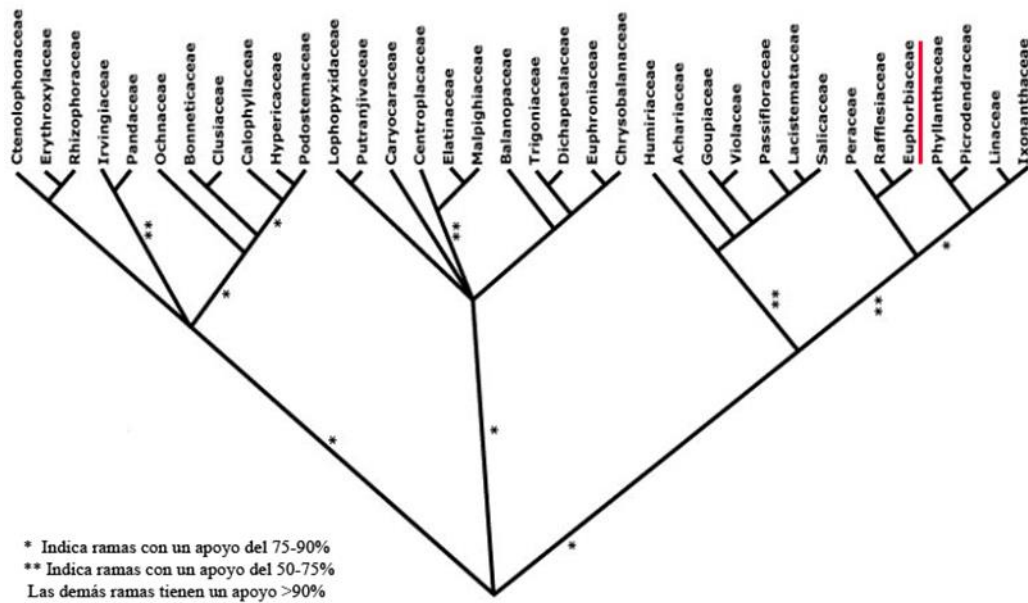


Figura 4. Diagrama del orden *Malpighiales* según APG IV. Tomada y modificada de <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.

1.2 *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M.Johnst., Contr. Gray Herb. 68: 86 (1923) (1)

Cnidoscolus chaya Lundell, Bull. Torrey Bot. Club 72: 321 (1945)

Cnidoscolus chayamansa McVaugh, Bull. Torrey Bot. Club 72: 466 (1944)

Cnidoscolus fragrans (Kunth) Pohl, Pl. Bras. Icon. Descr. 1: 63 (1827)

Jatropha acotinifolia Mill., Gard. Dict. ed. 8 6 1768

Jatropha deutziiiflora Croizat, J. Wash. Acad. Sci. 33: 16 (1943)

Jatropha fragrans Kunth, Nov. Gen. Sp. 2: 105 (1817)

A. Distribución y ecología

Es una especie endémica de Mesoamérica, por lo que se encuentra principalmente en México, Guatemala, Nicaragua, etc., aunque su uso en otros países está haciendo que se amplíe su distribución (Hernández Monzón et al., 2011). Se puede encontrar en un amplio rango altitudinal, que va de 0 – 1500 m sobre el nivel mar (Porres y Cifuentes, 2014). Su crecimiento suele verse favorecido en zonas de climas templados o cálidos, aunque es capaz de tolerar situaciones climáticas adversas, como pueden ser fuertes lluvias o sequías (Mena, 2015).

B. Descripción botánica

Arbusto de hasta 5 m de altura, algo suculento, con indumento formado por pelos rígidos y urticantes en gran parte de la planta (Fig. 5); con látex translúcido. Hojas alternas, simples, concentradas hacia la punta de los tallos; peciolo de hasta 13,5 cm de largo con pelos urticantes, y con 1-2 glándulas apicales elipsoidales (nectarios extraflorales); lámina con 3-5 (-9) lóbulos, simétrica, con la base emarginada y margen laxamente aserrado, especialmente en la parte del lóbulo apical; nerviación basalmente palmeada, y pinnada en los lóbulos; estípulas caducas que dejan cicatrices gruesas. Inflorescencias terminales bracteadas, largamente pedunculadas, formando dicasios umbeliformes; con flores centrales pistiladas y las laterales estaminadas, con bractéolas cuya punta se transforma en una glándula. Flores pentámeras; cáliz parcialmente connado con 5 lóbulos imbricados, petaloideos, blancos y exteriormente con indumento lanoso; pétalos ausentes. Flores estaminadas con 10 estambres, 5 externos más cortos con filamentos libres, que salen de la parte inferior del andróforo, y 5 internos que salen de la parte superior del andróforo; con un pistiloide encima del andróforo. Flores pistiladas con ginóforo alrededor del ovario y 10 estaminodios similares a los filamentos de los estambres; ovario súpero, 3-locular,



Figura 5. Detalle del indumento.
Fuente: <https://www.healthbenefitstimes.com/chaya/>

elipsoide, con un solo óvulo por lóculo; estilo con estigma 2-3 veces bifurcados. Frutos tipo cápsulas con tres semillas, aunque en las formas cultivadas generalmente no se producen por infertilidad del polen (Fig. 6) (Welzen y Fernández-Casas, 2017).

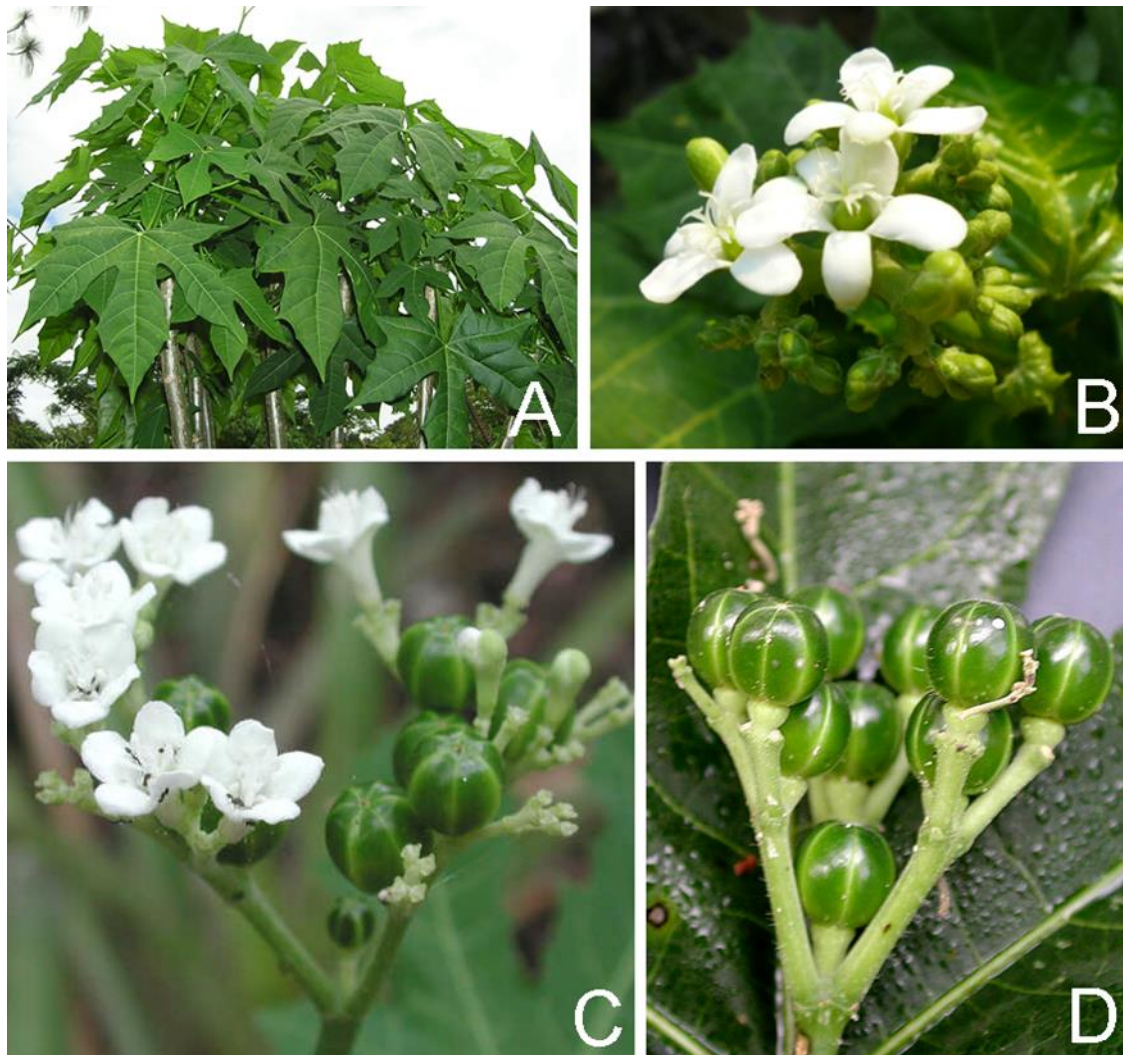


Figura 6. *Cnidoscopus aconitifolius*. A, Aspecto de la planta. B, Flores pistiladas. C, Flores estaminadas y frutos jóvenes. D, Frutos. Fuente: <https://www.healthbenefitstimes.com/chaya/>; <https://telmajr.wordpress.com/2012/05/30/chaya-cnidoscopus-chayamansa/>; http://chalk.richmond.edu/flora-kaxil-kiuic/c/cnidoscopus_aconitifolius.html

C. Nombres vernáculos

Debido a que la chaya es de uso muy común en diferentes poblaciones entre sí, inconexas unas con otras a lo largo del tiempo, ha sido nombrada con nombres vulgares en cada uno de ellos. En Cuba la chaya es conocida como la mata diabetes. En zonas de

Guatemala, por ejemplo, se la conoce como copapayo, chatate o chayo, dependiendo de la zona, y en México como “mala mujer” o chinchin-chay (Ross-Ibarra, 2003).

D. Variedades

La variabilidad morfológica observada en las formas cultivadas de *C. aconitifolius* ha llevado a reconocer 4 variedades: Estrella, Mansa o Redonda, Picuda y Plegada. Estas variedades muestran algunas diferencias en cuanto a su altura. Así, la variedad Estrella puede alcanzar los 6 metros de altura, la variedad Mansa hasta 4 m., mientras que Picuda y Plegada sólo alcanzan los 3 m. También pueden mostrar algunas diferencias con respecto a sus flores y frutos (cuando los presentan), pero las diferencias más relevantes las presentan a nivel de las hojas (Fig. 7). Por ello, a continuación, se propone una clave dicotómica basada en los caracteres de las hojas, elaborada con la información obtenida de varios artículos (Ross-Ibarra y Molina-Cruz, 2002; Ross-Ibarra, 2003; Cifuentes et al., 2010; Orozco Andrades, 2013).

Clave dicotómica de las variedades de *C. aconitifolius*

- 1.- Peciolos >25cm de longitud2
- 1.- Peciolos > 20 cm de longitud.....3
- 2.- Limbo de la hoja 3 lóbulos, y con dos glándulas ovoide en la base del limbo. Márgenes de los lóbulos enteros u finamente serrados.....**Redonda o Mansa**
- 2.- Limbo de la hoja con 3-5 lóbulos, y con 1 o 2 glándulas esféricas grandes en la base del limbo. Márgenes de los lóbulos gruesamente serrados **Estrella**
- 3.- Pecíolo > 15 cm de longitud. Limbo con 5-9 lóbulos estrechos y muy profundos. Márgenes de los lóbulos de fuertemente dentados a pinnatífidos.....**Picuda**
- 3.- Pecíolo < 10 cm de longitud. Limbo con 3-5 lóbulos solapados. Márgenes de los lóbulos gruesamente dentados..... **Chayamansa o Plegada**

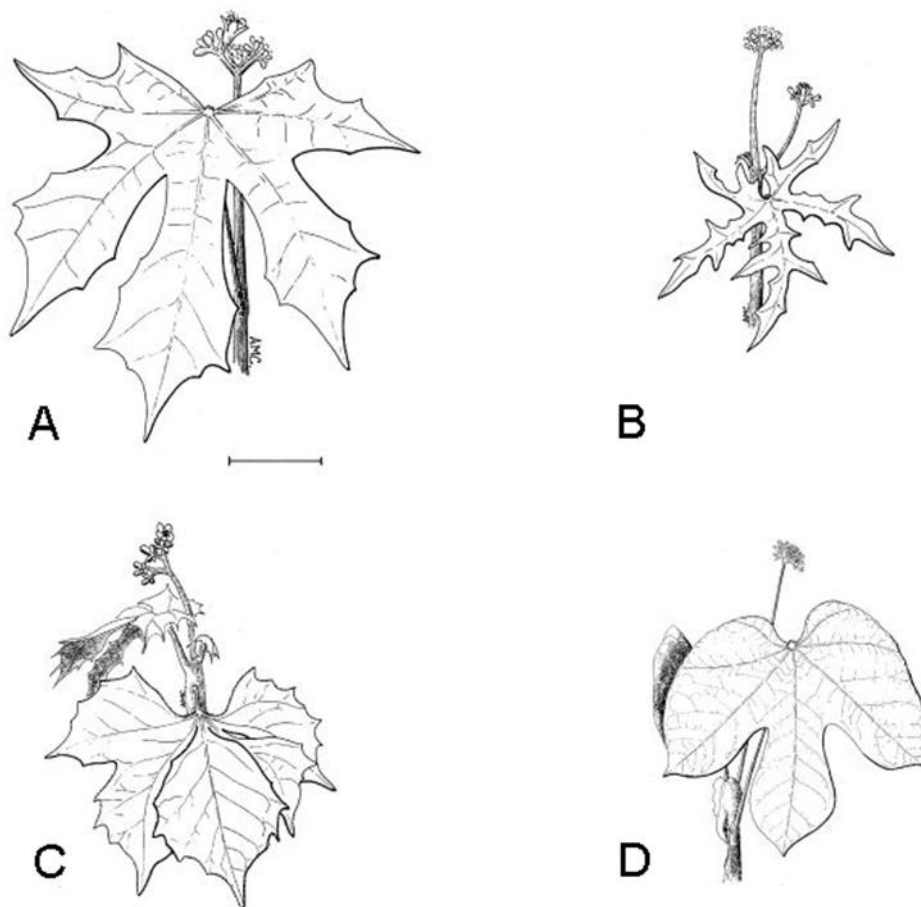


Figura 7. Diferencias de las hojas de las 4 variedades domésticas de *C. aconitifolius*. A, Estrella. B, Picuda. C, Chayamansa o Plegada. D, Redonda o Mansa. Escala: 5 cm. Tomado y modificado de Fuente: Ross-Ibarra y Molina –Cruz (2002).

E. Palinología

El polen de *C. aconitifolius* es inaperturado, isopolar y esférico. De 62 (67) 73 μm de diámetro. Superficie cubierta por clavas de 2,9 (3,3) 3,9 μm de alto por 0,6 μm de ancho. Las clavas se distribuyen de forma homogénea sobre la superficie de la exina formando pequeñas rosetas. Cada roseta consta de varias clavas dispuestas simétricamente alrededor de un área foveoloide circular de 2,9 μm de diámetro (Zavaleta y Palacios-Chávez, 1980).

F. Cariología

No existen datos citotaxonómicos sobre *C. aconitifolius*. Estudios en otras especies del género parecen indicar que hay especies diploides con $2n = 18$, y tetraploides con $2n=36$ (Lewis, 1962; Fulvio, 1973).

G. Biología reproductiva

Hay que diferenciar entre la especie silvestre y la domesticada, ya que no se comportan de la misma forma. Es bastante normal que ambos tipos coexistan, pero sin embargo se ha comprobado que exhiben un alto grado de aislamiento reproductivo. Dicho aislamiento se debe fundamentalmente a que la chaya domesticada muestra una dramática reducción en la producción de polen con respecto a la silvestre. La falta de polen en las plantas domesticadas probablemente se debe a una mutación, ya que los órganos reproductores, en ambos tipos de chaya, son anatómicamente normales. Lo más normal es que esta mutación se haya fijado rápidamente en la chaya cultivada como resultado de la propagación clonal (Munguías-Rosas et al., 2020). De esta forma se consiguen plantas con mayor número de hojas, que es lo que interesa para el consumo, a costa de una disminución en el número de flores (Munguía-Rosas et al., 2019). Por otra parte, la falta de polen también promueve la diferenciación de polinizadores, y aunque comparten algunos polinizadores, se ha podido observar que la transferencia de polen de las plantas silvestres a las cultivadas es baja, y cuando ocurre no se suele observar desarrollo de frutos (Munguía-Rosas et al., 2020).

2. ASPECTOS ETNOBOTÁNICOS

La chaya es una planta fuertemente arraigada a la región de Mesoamérica, ya que es su área de origen, y donde se ha llevado a cabo su proceso de domesticación. Se trata de un cultivo precolombino muy común en la civilización Maya, y que continúa cultivándose en la actualidad, aunque es poco conocido a nivel mundial (Ross-Ibarra, 2003).

2.1 Uso nutricional

La importancia de la chaya en su consumo reside únicamente en la hoja, ya que es la única parte comestible y con unas características beneficiosas en cuanto a su composición. Existe constancia histórica de la existencia de dicha planta a partir de escritos de Fray Diego de Landa, el cual hizo una breve descripción de la planta en su obra "Relación de las cosas de Yucatán". En este libro indicaba que, para introducirlo en la dieta, es necesario cocer previamente las hojas. Este paso es esencial para eliminar el alto contenido de cianuro glucogénico que, de forma natural, tiene la hoja, y que puede ser tóxico en altas concentraciones. Otros escritos como el Libro de Chilam Balam de Chumayel muestra lo común que era la chaya en la dieta diaria de los mayas. En la actualidad se han recopilado alrededor de 70 recetas, entre las cuales se incluyen hasta algún tipo de bebida que usa la chaya en su preparación (Ross-Ibarra y Molina-Cruz, 2002).

Durante cientos de años, esta especie se ha cultivado en los huertos domésticos y campos de maíz como alimento básico (Ross-Ibarra, 2003). Una vez asentadas las tribus, cultivaban la chaya para así poder recolectar hojas durante el resto del año. En la actualidad, es normal encontrar hojas frescas de chaya en los supermercados de Yucatán, ya que suele consumirse varias veces a la semana. Una bebida popular en la península de Yucatán se elabora mezclando hojas crudas de chaya en agua azucarada con limones, piña y otras frutas. Dicha bebida se vende a los turistas como chayagra, afirmando que potencia la virilidad (Ross-Ibarra y Molina-Cruz, 2002). En la última década se está utilizando como alternativa en la alimentación de aves criollas (Aguilar-Ramírez et al, 2000).

Un estudio comparativo sobre el valor nutricional de 137 plantas comunes de la región de Yucatán reveló que, la chaya era la especie que tenía un mayor contenido de β -carotenos, y fue el segundo en cuanto a contenido de vitamina C. Además, mostró muy buenos contenidos en calcio, riboflavina, hierro y proteínas, demostrándose la calidad de su composición (Ranhotra et al., 1998).

Con el paso del tiempo esta planta ha sido introducida en otras partes del mundo por su reconocido valor nutritivo, como por ejemplo en África y Asia (Porres y Cifuentes, 2014).

2.2 Uso medicinal

A pesar de que el uso más frecuente de la chaya es la alimentación y este fue el motivo de su domesticación en tiempos precolombinos, también ha tenido una importante función en la medicina tradicional. Desafortunadamente, las evidencias históricas sobre el uso medicinal de la chaya son escasas (Ross-Ibarra y Molina-Cruz, 2002).

Durante el siglo XX aparecen numerosas citas sobre el uso médico de la chaya, ya no sólo en Yucatán, sino en toda su área de distribución. Para su uso médico, lo normal es hervir previamente las hojas, igual que cuando se usan como alimento. Estas se pueden comer de esta forma con fines medicinales, aunque también se pueden preparar infusiones. Además, se pueden triturar las raíces para administrarse en forma de cataplasma, en el caso de necesitar una acción local focalizada. Otros usos tradicionales en el que se empleaba la chaya son en trastornos renales, dolores de espalda, inflamaciones, o en hemorroides. En el caso de problemas de encías o trastornos de la piel se suele aplicar la savia de la planta, de forma directa, en la parte afectada. El agua en la que hervían las hojas se usaba directamente como enjuague ocular para tratar problemas en los ojos (Ross-Ibarra y Molina-Cruz, 2002).

Anteriormente se habían indicado otros muchos usos bastante heterogéneos. Estos van desde la capacidad de fortalecer las uñas hasta curar el alcoholismo, además de insomnio, enfermedades venéreas, gota, picaduras de escorpión, o para mejorar la memoria (Díaz-Bolio y León de Gutiérrez, 1974).

El mayor problema que existe alrededor de la acción medicinal de dicha planta es el gran desconocimiento que existe de ella. En la actualidad existen muy pocos estudios acerca de las diferentes dolencias para las que ha sido usada, y de las cuales se desconoce su veracidad. Parece que uno de los usos más extendidos es para el

tratamiento de trastornos renales, específicamente los cálculos renales, para lo que se emplea la raíz de la especie silvestre (Ross-Ibarra y Molina-Cruz, 2002).

Es por ello que, fruto del desconocimiento previo de la planta y del potencial que esta presenta, en la actualidad se sigue estudiando para comprobar su efectividad en enfermedades en las que se empleaba, y compararla con los medicamentos que se emplean comúnmente en la actualidad (Bautista-Robles et al., 2020).

2. ASPECTOS FARMACOLÓGICOS

3.1 Composición fitoquímica

El conjunto de compuestos fitoquímicos obtenidos de *C. aconitifolius* dependen del método de extracción. Usando un extracto etéreo, únicamente se obtuvieron ácidos grasos (Mena, 2015). Sin embargo, cuando se utiliza un extracto etanólico, se detectan una cantidad considerable de terpenos, esteroides, saponinas y compuestos fenólicos. También, aunque en menor proporción se encuentran alcaloides, aminoácidos y glucósidos cardíacos (Awoyinka et al., 2007; Mena, 2015). Cuando el extracto es acuoso, la fracción más representativa es la de los compuestos fenólicos, incluyendo los flavonoides (Mena, 2015), aunque con anterioridad, también se habían detectado saponinas y glucósidos cardíacos (Awoyinka et al., 2007).

A continuación, se van a exponer los principales compuestos fitoquímicos presentes en *C. aconitifolius*.

A. Ácidos grasos

Es una de las fracciones que se encuentran en la hoja en mayor cantidad. Se pueden observar varios tipos de ácidos grasos como ácido linoléico, ácido linolénico, ácido oléico, ácido esteárico, ácido palmítico o ácido mirístico. Entre todos estos ácidos, el más abundante en *C. aconitifolius* es el omega 3 (ácido linolénico), que es uno de los ácidos grasos esenciales que no se pueden sintetizar, y que por lo tanto es necesario incorporarlo a la dieta (Cifuentes et al., 2010; Jaramillo-Jaramillo et al., 2015).

B. Terpenos/Esteroides

Las hojas de *C. aconitifolius* son ricas en carotenoides (tetraterpenos), sobre todo en β -carotenos. No obstante, dentro de este grupo de carotenoides, también destacan algunas xantofilas como la astaxantina, violaxantina, neoxantina, luteína, entre otros (Mercy et al., 2019). Además, se han detectado algunos triterpenoides como la β -amirina, acetato de β -amirina y acetato de lupeol (Escalante-Erosa et al., 2004; Jaramillo-Jaramillo et al., 2015).

Entre los fitosteroides encontrados en las hojas y/o tallos se pueden destacar fundamentalmente el sitosterol. En bastante menor proporción también se han detectado estigmasterol, campesterol y 5-avenasterol (Jaramillo-Jaramillo et al., 2015; Mercy et al., 2019).

C. Saponinas

Se han detectado hasta 11 compuestos diferentes dentro de este grupo en las hojas y tallos de la chaya. Los más abundantes son sapogenina, saponina, y neoclorogenina (Mercy et al., 2019).

Anteriormente se había evidenciado la presencia de otras saponinas, la hederagenina y el ácido oleanólico (Quintal-Martínez et al., 2018).

D. Glucósidos

En este grupo de compuestos, el más abundante es la artemetina, aunque también se han detectado otros en mucha menor proporción como la digitoxina, digoxina y cucurbitacina (Mercy et al., 2019).

E. Compuestos fenólicos

Entre los compuestos fenólicos presentes en *C. acotinifolius*, se pueden destacar por un lado los ácidos fenólicos, y por otro los flavonoides. Con respecto a los primeros, se pueden destacar el ácido clorogénico, siríngico y gálico, aunque sin duda, el más abundante es el ácido p-hidroxibenzoico (parabenos). Por otro lado, entre los flavonoides se pueden destacar el kaempferol-3-O-glucosido y la querctina 3-O-glucosido, así como las epicatequinas (Valenzuela-Soto et al., 2019). Con anterioridad, en un extracto acuoso de esta planta se detectó además la presencia de flobataninos (Awoyinka et al., 2007).

F. Aminoácidos

Es uno de los grupos de compuestos entre los cuales se observa una gran variedad. Los más abundantes son lisina, metionina, isoleucina, treonina, histidina, alanina y ácido glutámico (Cifuentes et al., 2010). Se ha comprobado que la concentración de aminoácidos en las hojas y en los tallos es similar, rondando el 42-46% (Mercy et al., 2019).

G. Alcaloides

En *C. acotinifolius* se han detectado hasta 44 alcaloides, los cuales, se pueden observar tanto en hojas como tallos, aunque, se dan en mayor concentración en las hojas. Entre todos ellos destacan akuammidine, crinano-3 α -ol, ambelina, bufanidrina, powelline, ondulatina, lupanina y serotonina (Mercy et al., 2019). En estudios anteriores se habían detectado la presencia de alcaloides, pero no se habían especificado cuáles eran (Awoyinka et al., 2007; Adaramoye et al., 2011).

3.2 Propiedades farmacológicas

A. Analgésico

Los extractos etanólicos de *C. aconitifolius* poseen una actividad anti-inflamatoria y analgésica significativa. En una experiencia realizada con ratones se observó que el extracto de esta planta prolongó el tiempo de reacción al dolor. Este efecto fue dosis-dependiente, y no llegó a alcanzar el efecto de los medicamentos habitualmente usados (Onasanwo et al., 2011).

En un estudio posterior, y usando el extracto acuoso, se confirmó el efecto analgésico de *C. aconitifolius*. En esta experiencia, el efecto también fue dependiente de la dosis (Onyegeme-Okerenta y Peters, 2019).

B. Gastroprotectora

La administración de un extracto hidroalcohólico de chaya mostró propiedades gastroprotectoras en ratas, ya que los estómagos de las ratas tratadas se mostraron menos distendidos, su mucosa menos enrojecida y un menor número de úlceras (Fig. 8 (Mena et al., 2017)).



Figura 8. Observación macroscópica de estómagos. A) Control negativo. B) Control positivo. C) Dosis de 4000mg/Kg. Fuente: Mena et al. (2017)

Un estudio reciente ha corroborado la actividad gastroprotectora de *C. aconitifolius*. Al administrar un extracto metanólico de hojas de esta especie, a ratas con daños gástricos inducidos un tratamiento de diclofenaco, se observó que la planta estimula el proceso de cicatrización, y por lo tanto mantiene en mejores condiciones las superficies de la mucosa estomacal (Njoku et al., 2020).

C. Antioxidante

Se ha comprobado que la administración de extractos de *C. aconitifolius* obtenidos de diferentes formas (con agua, etanol, acetona, etc.) ayudan a prevenir las enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo (Fig. 9). Dicha acción depende de la concentración del extracto, siendo mayor conforme aumenta la concentración del extracto (Us-Medina et al., 2019).

La actividad antioxidante no se sabe con certeza a que compuesto se debe, ya que esta planta contiene numerosos compuestos con un importante potencial antioxidante (Mercado-Mercado et al., 2013; Valenzuela-Soto et al., 2019).

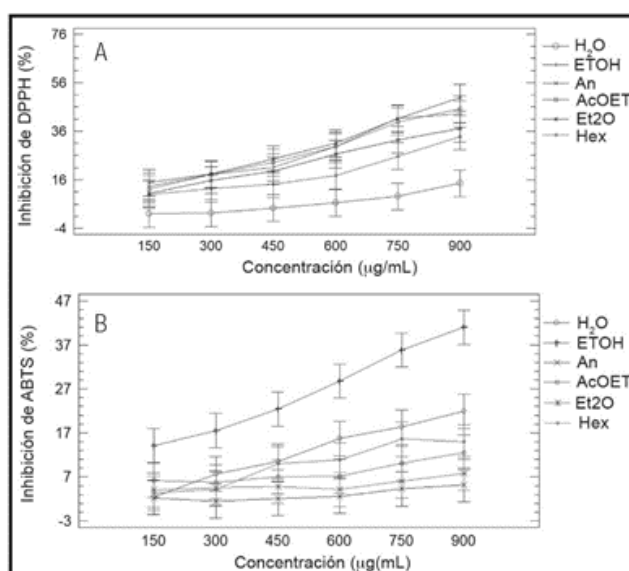


Figura 9. Interacción de los extractos (agua, etano, acetona, acetato de etilo, éter dietílico y hexano) con las concentraciones (150 a 900 microgramos/mililitros). A) efecto de extractos en inhibición de radicales DPPH; B) efecto de los extractos en la inhibición de radicales ABTS. Fuente: Us Medina et al. (2019).

D. Antidiabético o Hipoglucémico

Esta actividad se comprobó en ratas a las que se les indujo diabetes con aloxano. Los extractos de chaya disminuyeron la concentración de glucosa, debido a que aumenta la concentración de insulina en sangre. Al comparar su efecto con medicamentos de mayor eficacia se vio que tiene una actividad similar a la clorpropamida, por lo que se podría usar como alternativa en el tratamiento de la diabetes (Oladeinde, 2007).

Otros estudios han llegado a conclusiones similares. En este caso su actividad fue similar a la glibenclamida, aunque presentó diferencias con respecto a la metformina. Por ello, se piensa que la actividad hipoglucemiante se debe a su composición química, más específicamente a la presencia de flavonoides, los cuales parecen ser los responsables de la actividad (Figueroa-Valverde et al., 2009). En un estudio anterior, los responsables de esta actividad fueron la quercetina y la rutina, presentes en el extracto acuoso de *C. aconitifolius*, que son dos metabolitos seguros para el consumo (González-Laredo et al., 2003).

E. Antibacteriano

Los extractos etanólico de las hojas de *C. aconitifolius* muestran una gran actividad frente a bacterias Gram + como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* (Ekeleme et al., 2013). Otras investigaciones han determinado que, además el extracto etanólico es moderadamente activo frente a *Salmonella typhi*, mientras que el metanólico es activo frente a *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y *S. aureus* (Jiménez-Arellanes et al., 2014; Rojas et al., 2016).

F. Hepatoprotector

Esta actividad se comprobó sobre hígados a los que se les había inducido daños con paracetamol. La administración previa del extracto etanólico de chaya durante 7 días hizo que disminuyeran los niveles séricos de alanina amino transferasa, fosfatasa alcalina, aspartato amino transferasa, lipoproteína de baja densidad y de nitrógeno ureico, contribuyendo a evitar los daños producidos en el hígado (Jiménez-Arellanes, 2014).

Este efecto cobra una gran importancia, ya que se podría emplear en tratamientos para personas, las cuales, tienen este tipo de problemas en el hígado debido a una malnutrición severa, algo común en zonas menos desarrolladas (Oyagbemi y Odetola, 2013).

Estos resultados son respaldados por otros estudios en los cuales se evaluó su actividad para hacer frente a medicamentos antituberculosos, los cuales, suelen producir problemas en el hígado, y que se podrían tratar con esta planta (Pérez-González et al., 2016).

G. Antitrombótica

Experimentando a diferentes concentraciones en extractos de diferentes sustancias (control, agua, etanol, dietil éter, acetona, etil acetato, hexano y aspirina, Tabla 1), se observó que la mayor capacidad de inhibición plaquetaria se obtenía con extractos acuosos y etanólicos a una concentración de 10 mg/ml (Quintal-Martínez et al., 2018).

Tabla 1. Inhibición de la agregación plaquetaria de extractos de la hoja de Chaya. Fuente: Quintal-Martínez et al. (2018)

Extracto	0.1 mg/ml	1.0 mg/ml	10 mg/ml
Control	0.0 ± 0 ^a	0.0 ± 0 ^a	0.0 ± 0 ^a
Agua	0.0 ± 0 ^a	26.0 ± 2 ^{cd}	94.0 ± 4 ^e
Etanol	0.0 ± 0 ^a	34.0 ± 4 ^d	100.0 ± 3 ^e
Dietil éter	0.0 ± 0 ^a	26.0 ± 2 ^{cd}	0.0 ± 0 ^a
Acetona	0.0 ± 0 ^a	20.0 ± 4 ^{bc}	58.0 ± 3 ^d
Etil acetato	0.0 ± 0 ^a	27.0 ± 2 ^{cd}	32.0 ± 3 ^b
Hexano	0.0 ± 0 ^a	13.0 ± 4 ^b	42.0 ± 2 ^c
Aspirina	0.0 ± 0 ^a	0.0 ± 0 ^a	100.0 ± 2 ^e

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05)

DISCUSIÓN

La familia Euphorbiaceae incluye algunas especies de gran interés económico ampliamente conocidas a nivel mundial, como es el caso del caucho (*Hevea brasiliensis*), la cassava o tapioca (*Manihot esculenta*), o el ricino (*Ricinus communis*) (Mwine y Damme, 2011). Sin embargo, el género *Cnidoscolus* apenas es conocido fuera de su área de distribución. Este género se caracteriza por la presencia de pelos urticantes, un carácter muy raro en *Euphorbiaceae*. Entre las especies de este género, la única excepción a este carácter se ha observado en algunos cultivares de *C. aconitifolius* (Schikorr, 2017; Maya-Lastra y Steimann, 2019).

A pesar de no ser una especie demasiado conocida, *C. aconitifolius* tiene un potencial económico importante. Su posición taxonómica ha estado sujeta a debate desde que fuera descrita como *Jatropha aconitifolia* por Miller en 1768. Esta inestabilidad ha quedado reflejada en las numerosas sinonimias que muestra este taxón, tanto a nivel de especie como de cultivar o variedad (Maya-Lastra y Steimann, 2018). El hecho de que esta especie se domesticara, ha contribuido en gran medida a dificultar su delimitación, ya que se han descrito al menos cinco variedades cultivadas, que pueden ser más o menos abundante en función del área geográfica. Así, en México son frecuentes las variedades “Chayamansa”, “Redonda”, “Picuda” y “Estrella” (Ross-Ibarra y Molina Cruz, 2002), en la isla de Cozumel (México) se detectaron las variedades “Chayamansa”, “Redonda”, y “Estrella”, y una nueva a la que denominaron “Cozumel” (May-Hoil, 2009). Por otro lado, en Guatemala, se han citado las variedades “Estrella”, “Picuda”, “Mansa” y “Plegada” (Cifuentes et al., 2010). En el caso del estudio en Guatemala, el cultivar “Mansa” corresponde al “Redonda” (Orozco Andrades, 2013), pero no queda claro si la variedad “Plegada” es una nueva variedad o corresponde a la var. “Chayamansa” indicada por Ross-Ibarra y Molina Cruz (2002), ya que no se especifica en el trabajo de Cifuentes et al. (2010). No obstante, aquí se ha considerado que son equivalentes ya comparten caracteres, sobre todo su limbo tan característico con el lóbulo central solapado.

Las variedades o cultivares que muestran una morfología foliar más diferente al taxón silvestre son “Chayamansa” (=“Plegada”) y “Redonda” (=“Mansa”), mientras que

“Estrella” y “Picuda” muestran hojas bastante parecidas a las plantas silvestres. Aunque la mayoría de las variedades producen polen, lo normal es que sea inviable, por lo que no suelen producir frutos, salvo en la variedad “Picuda”, en la que sí se han observado semillas (Ross-Ibarra, 2003; Cifuentes et al., 2010; Orozco Andrade, 2013).

Aunque algunos investigadores dudan de la domesticación de *C. aconitifolius*, parece probable que haya sido este proceso el que ha conseguido disminuir la presencia de los pelos irritantes, haciéndola más apta para el consumo. No obstante, según un estudio realizado con isoenzimas, la domesticación ha propiciado una pérdida de diversidad genética en los cultivares “Chayamansa” y “Redonda, con respecto a la forma silvestre. Este hecho, junto a las numerosas diferencias morfológicas con el material silvestre, la presencia de pocos clones en grandes áreas geográficas, y la pérdida de reproducción sexual de estos cultivares, respaldan la domesticación de, al menos, los cultivares “Chayamansa” y “Redonda”. Sin embargo, en el caso de los cultivares “Estrella” y “Picuda”, las escasas diferencias con el material silvestre, la alta diversidad genética encontrada en estos cultivares, así como una proporción alta de clones, y el hecho de que se mantenga la reproducción sexual, al menos en la variedad “Picuda”, hacen que no hayan experimentado un proceso de domesticación como tal, sino que tal vez se hayan sembrado ocasionalmente algunas plantas silvestres por presentar características apropiadas para su consumo (Ross-Ibarra, 2003).

Un estudio posterior en el que se estudió la variabilidad genética mediante el uso de la técnica de los polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados (AFLP) determinó que, entre las formas cultivadas, existe aproximadamente un 25 – 35% de similitud genética, y que a su vez todas estas variedades conservan una similitud del 50 – 60% con la especie silvestre. La variedad “Estrella” fue la que mostró mayor variabilidad genética y resultó estar más próxima a la forma silvestre (Cifuentes et al., 2010).

Al contrario de lo que ocurre en otras plantas donde es necesario realizar numerosos cruces para llegar y mantener los caracteres deseado, la chaya es fácil de mantener mediante la propagación clonal, por lo que el proceso de domesticación no debió ser muy complejo (Ross-Ibarra, 2003).

Interés nutricional de la Chaya

La chaya es un vegetal muy nutritivo y que además es bastante resistente a la sequía. Sin embargo, la dificultad de cambiar hábitos alimenticios, la asociación de este cultivo como “alimento de pobres”, y el desconocimiento por parte de la mayoría de consumidores, hace que este producto tenga poca demanda y no se haya extendido más fuera de su área de distribución (Amaya et al., 2020).

Distintos estudios han resaltado que la composición en macro- y micronutrientes de este vegetal es superior al de verduras tan habituales como las acelgas, las espinacas o la lechuga. Así, la chaya tiene el doble de proteínas y el triple de fibra que las espinacas, y seis veces más proteínas y fibra que la lechuga (Cifuentes y Porras, 2014). Algo similar ocurre con su contenido en grasa, ya que no hay que olvidar que esta especie es rica en omega 3, un ácido graso fundamental en la dieta (Cifuentes et al., 2010; Jaramillo-Jaramillo et al., 2015).

En relación a los minerales, destaca el alto nivel de calcio, pudiéndose alcanzar la ingesta recomendada al día de 1.000 mg para personas adultas (National Institutes of Health, NIH). A su vez, los niveles de fósforo y hierro, son también elevados, pero no tanto como el calcio. En el caso del hierro, el consumo de una ración de 100 gramos de chaya aporta, e incluso puede superar los niveles de ingesta necesarios de dicho mineral en el caso del hombre. Únicamente habría que tener en cuenta que las personas con algunas enfermedades congénitas relacionadas con la absorción de hierro deben consumirla con precaución para no absorber más cantidad de hierro del necesario (Hernández Monzón et al., 2011). En comparación con las espinacas o con los frijoles, la chaya tiene dos y cuatro veces más hierro, respectivamente (Bendaña, 2020).

No obstante, hay que tener cierta precaución en cuanto a su contenido en carotenos, ya que una ración de 100 gramos de chaya contiene 8,52 mg de carotenos, y el contenido diario recomendado es de 6-8 mg al día (Medline plus). El caroteno es precursor de la vitamina A que, al ser liposoluble, en grandes cantidades puede llegar a acumularse. En cualquier caso, una hipercarotenemia, no es muy peligrosa, aunque, sí que puede producir una tonalidad amarillenta o anaranjada de la piel. Por otro lado, los niveles de tiamina y ácido ascórbico, son superiores al resto de las plantas, pero al ser

hidrosolubles, no hay que preocuparse por exceder el consumo diario (Medline plus) (Hernández Monzón et al., 2011).

Otro problema que plantea esta especie es la presencia de glucósidos cianogénicos, sin embargo, el proceso de cocción o fritura destruye estas sustancias, por lo que su consumo es seguro (Bautista-Cruz et al., 2008; Bendaña, 2020).

Debido al elevado potencial alimentario de esta especie, existen organizaciones como “Miracles in action”, las cuales, tienen proyectos para mejorar las condiciones de vida en países desfavorecidos y así poder evitar la malnutrición. Sobre todo, teniendo en cuenta que es un cultivo que resiste frente a diversos climas, condiciones de agua e incluso al que no le afectan muchas especies de insectos (Rodríguez, 2012).

Interés medicinal

Tradicionalmente, la chaya se ha empleado tanto como alimento, como remedio para numerosas dolencias, ganándose el sobrenombre de “hospital demasiado lejos” (Mercy, 2014). A esta especie se la han atribuido efectos antioxidantes, hipoglucémicos, analgésicos y antiinflamatorios, entre otros (Bautista Robles, 2020). Sin embargo, estas propiedades no son exclusivas de la chaya, ya que otras especies de Euphorbiaceae, como *Croton cajucara* también se emplea para tratar la diabetes, o *C. urucurana* como remedio antiinflamatorio y analgésico (Coy Barrera et al., 2016).

En un principio, la chaya se ha usado con fines medicinales sin tener argumentos científicos que lo respaldase. Con el paso del tiempo muchas de sus propiedades se han confirmado mediante diversos estudios, hasta tal punto de poder usarse en la actualidad (Ross-Ibarra y Molina-Cruz, 2002).

En las últimas décadas, numerosos estudios sobre las actividades potenciales de esta especie, han ido corroborando poco a poco muchas de los efectos terapéuticos que se le atribuían, pudiéndose, a veces determinar los compuestos responsables de dichas actividades. No obstante, frecuentemente no se ha conseguido conocer aún cuál o cuáles son los compuestos responsables de las acciones farmacológicas, aunque sí se han verificado las actividades. Es el caso de su actividad antioxidante (Us-Medina et al., 2019), o gastoprotectora (Mena et al., 2017; Njoku et al., 2020).

En cuanto a su efecto hepatoprotector, tampoco se ha relacionado con ningún compuesto en concreto, pero si se ha confirmado dicha actividad, por lo que el consumo de esta especie podría ejercer un efecto positivo en pacientes polimedicados, los cuales, pueden padecer algunos daños en el hígado por medicamentos como el paracetamol u algunos antituberculosos (Jiménez-Arellanes, 2014; Pérez-González et al., 2016). Igualmente, tampoco se conoce que compuesto en concreto le confiere su actividad antimicrobiana, pero se ha podido verificar que, en comparación con otras especies como *Diphysa punctata* o *Ficus luschnathiana*, entre otras, *C. aconitifolius* tiene una actividad muy efectiva frente a bacterias como *S. aureus* (González-Laredo et al., 2003; Figueroa-Valverde et al., 2009).

Sin embargo, si se ha podido corroborar que su actividad hipoglucémica se debe a varios flavonoides, principalmente a la quercetina y rutina (González-Laredo et al., 2003). También se ha podido verificar que la actividad antitrombótica se debe a las saponinas, las cuales, son metabolitos antagonistas del receptor plaquetario P2Y1 y a los flavonoides, compuestos inhibidores de los factores de coagulación (Quintal-Martínez et al., 2018).

Con respecto a la actividad analgésica se observó que, a pesar de paliar la sintomatología del dolor, su actividad dependía de la dosis, teniendo una actividad menor a otro tipo de analgésicos, por lo que no tendría un empleo en la actualidad para sustituir a los más usados (Onasanwo et al., 2011).

A pesar de verse respaldadas dichas actividades con diversos estudios, existen numerosos usos de la chaya en medicina tradicional que no se han podido demostrar aún su efectividad mediante unas bases científicas, como son en el tratamiento para el alcoholismo, o para mejorar la memoria, debido a que aún son necesarios muchos más estudios sobre esta especie.

CONCLUSIONES

1.- *Cnidoscolus aconitifolius* es una especie compleja desde un punto de vista taxonómico, en el que las evidencias científicas han constatado que dicha complejidad es consecuencia de un proceso de domesticación, al menos en el caso de los cultivares “Chayamansa” y “Redonda”.

2.- La chaya es una planta que ha sido cultivada en Mesoamérica desde tiempos prehispánicos, y que podría ser una buena alternativa en zonas desfavorecidas, ya que se cultiva fácilmente en condiciones de escasez de agua y altas temperaturas.

3.- La chaya tiene una composición rica en macronutrientes y en oligoelementos en comparación a otras especies de plantas comúnmente utilizadas, por lo que sería interesante introducirla en la dieta, sobre todo en zonas subdesarrolladas para mejorar la nutrición de estas poblaciones.

4.- *Cnidoscolus aconitifolius* ha sido es una especie de gran importancia medicinal desde tiempos prehispánicos para en la civilización Maya, y que comenzó a resurgir en el siglo XX. Cabe destacar su uso trastornos renales, dolores de espalda, inflamaciones, o en caso de hemorroides.

5.- Numerosos estudios científicos han verificado numerosas propiedades farmacológicas de *C. aconitifolius*, respaldando en gran medida el uso tradicional que se le ha dado a esta especie, y asociándose a algunos de los muchos metabolitos bioactivos que presenta.

6.- En la actualidad la chaya sigue siendo una especie “desconocida”, ya que aún no se han podido comprobado de forma científica todos los usos dados en la medicina tradicional. Además, debido a su composición se puede pensar que puede tener acción en otros tipos de patologías no estudiadas por el momento. Es por ello, que se debe fomentar su investigación con el fin de descubrir todo su gran potencial farmacológico.

BIBLIOGRAFÍA

- Adaramoye OA, Aluko A, Oyagbemi AA. *Cnidoscolus aconitifolius* leaf extract protects against hepatic damage induced by chronic ethanol administration in wistar rats. *Alcohol and Alcoholism*. 2011; 46(4): 451-58.
- Aguilar-Ramírez J, Santos-Ricalde R, Pech-Martínez V, Montes-Pérez R. Utilización de la hoja de Chaya (*Cnidoscolus chayamansa*) y de Huaxín (*Leucaena leucocephala*) en la alimentación de aves criollas. *Rev Biomed*. 2000; 11(1):17-24.
- Amaya N, Padulosi S, Meldrum G. Value Chain Analysis of Chaya (Mayan Spinach) in Guatemala. *Econ Bot*. 2020; 74(1): 100–14.
- Awoyinka OA, Balogun IO, Ogunnowo AA. Phytochemical screening and in vitro bioactivity of *Cnidoscolus aconitifolius* (Euphorbiaceae). *J Med Plants Res*. 2007; 1(3): 63-5.
- Bautista-Cruz A, Arnaud-Viñas MR, Martínez-Gutiérrez GA, Sánchez-Medina PS, Pérez R. The traditional medicinal and food uses of four plants in Oaxaca, Mexico. *J Med Plants Res*. 2011; 5(15): 3404-11.
- Bautista-Robles V, Guerrero-Reyes G, Sánchez-Torres GI, Parada-Luna F, Barrios-Gutiérrez JJ, Vázquez-Cerero D. et al. *Cnidoscolus aconitifolius*: therapeutic use and phytochemical properties. Literature review. *Rev Fac Med*. 2020; 68 (3): 446-52.
- Bendaña G. La chaya. Valor nutritivo, cultivo, utilización. [En línea] Technical report. 2020. [Fecha de consulta: Mayo de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338902144_LA_CHAYA_VALOR_NUTRITIVO_CULTIVO_UTILIZACION
- Benedí C. Euphorbiaceae. En: Castroviejo S, Aedo C, Benedí C, Laínz M, Muñoz Garmendia F, Nieto Feliner G, Paiva J, editores. *Flora iberica*, vol. VIII. 1ª ed. Madrid: Real Jardín Botánico. CSIC; 1997. 190-297.
- Cahuich-Campos D, Huicochea L, Mariaca R. El huerto familiar, la milpa y el monte maya en las prácticas rituales y ceremoniales de las familias de X-Mejía, Hopelchén, Campeche. *Relac Estud Hist Soc*. 2014; 35 (140): 157-84.
- Casas A, Caballero J. Domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Ciencias*. 1995; 40: 36-45.

- Cifuentes R, Pöll E, Bressani R, Yurrita S. Caracterización botánica, molecular, agronómica y química de los cultivares de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) de Guatemala. *Rev Univ Val. Guatem.* 2010.
- Coy Barrera CA, Gómez DC, Castiblanco FA. Importancia medicinal del género *Crotón* (euphorbiaceae). *Rev Cubana Plant Med.* 2016; 21(2): 234-47.
- Díaz-Bolio J, León de Gutiérrez L. La chaya, planta maravillosa: alimenticia y medicinal: crónica etnobotánica. Mérida, México. Editorial Área Maya. 1974.
- Ekeleme, UG, Nwachukwu, NC, Ogodo AC, Nnadi CJ, Onuabuchi, IA, Osuocha, KU. Phytochemical Screening and Antibacterial Activity of *Cnidoscolus aconitifolius* and Associated Changes in Liver Enzymes in Wistar Rats. *AENSI Journals.* 2013; 7(12): 156-62.
- Escalante-Erosa F, Ortegón-Campos I, Parra-Tabla V, Peña-Rodríguez LM. Chemical composition of the Epicuticular Wax of *Cnidoscolus aconitifolius*. *Rev Soc Quím Méx.* 2004; 48(1): 24-5.
- Figueredo CJ, Casas A., Gonzalez-Rodriguez A, Nassar JM, Colunga-García P, Rocha-Ramirez V. Genetic structure of coexisting wild and managed agave populations: implications for the evolution of plants under domestication. *AoB PLANTS.* 2015; 7: 1-14.
- Figueroa-Valverde L, Díaz-Cedillo F, Camacho-Luis A, López M. Efectos inducidos por *Ruta graveolens* L., *Cnidoscolus chayamansa* McVaugh y *Citrus aurantium* L. sobre los niveles de glucosa, colesterol y triacilglicéridos en un modelo de rata diabética. *Rev bras farmacogn.* 2009; 19(4): 898-907.
- Fu HY, Chen SJ, Chen RF, Kuo-Huang LL, Huang RN. Why do Nettles Sting? About Stinging Hairs Looking Simple but Acting Complex. *FPSB.* 2007; 1(1): 46-55.
- Fulvio TE. Recuentos cromosómicos en angiospermas argentinas. *Kurtziana.* 1973; 7: 39-42.
- González-Laredo RF, Flores de la Hoya ME, Quintero-Ramos MJ, Karchesy JJ. Flavonoid and cyanogenic contents of chaya (spinach tree). *Plant Foods Hum Nutr.* 2003. 58: 1-8.

- Hernández Monzón A, Moya L, Díaz AA, Salas E. La chaya como alimento alternativo. Cuba. Editorial Universitaria (Cuba). 2011: 1-24.
- Hirose López J. La medicina tradicional maya: ¿Un saber en extinción? TRACE. 2018; 74: 114-34.
- Ijaz F, Iqbal Z, Rahman IU, Ali N, Qadir G, Khan MA et al. The Role of Plants in Human Welfare. J Tradit Med Clin Natur. 2017; 6(2): 214.
- Iwuji SC, Nwafor A, Azeez TO, Emmanue C, Nwaokoro JC, Egwurugwu J, Danladi NB. Nutritional and Electrolyte Values of *Cnidoscolus aconitifolius* (Chaya) leaves consumed in Niger Delta, Nigeria. Am J PharmTech Res. 2013; 3(6).
- Jaramillo-Jaramillo CG, García V, Cuesta O, Campo M, García G. Fitoquímica preliminar, actividad antioxidante e hipoglucemiante de extractos de hojas de *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I. M. Johnst (chaya) Rev cuba farm. 2015; 49(3): 543-56.
- Jiménez-Arellanes MA, García-Martínez I, Rojas-Tomé S. Potencial biológico de especies medicinales del género *Cnidoscolus* (Euphorbiaceae). Rev Mex Cienc Farm. 2014; 45 (4).
- Levin GA, Gillespie LJ. Euphorbiaceae Jussieu. In: Flora of North America Editorial Committee, editors. Flora of North America, vol. 12. New York and Oxford Univ Press. 2017; [en línea]. [Consultado en Diciembre de 2020]. Disponible en: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=107436
- Lewis W, Stripling L, Ross R. Chromosome numbers for some angiosperms of the southern United States and Mexico. Rhodora. 1962; 64: 147-61.
- Lookadoo SE, Pollard AJ. Chemical contents of stinging trichomes of *Cnidoscolus texanus*. J Chem Ecol. 1991; 17: 1909-16.
- Maya-Lastra CA, Steinmann VW. A nomenclator of *Cnidoscolus*. Phytotaxa. 2018; 346 (1): 001–030.
- Maya-Lastra CA, Steinmann VW. Evolution of the untouchables: Phylogenetics and classification of *Cnidoscolus* (Euphorbiaceae). IAPT. 2019; 68 (4): 692-713.

- May Hoil LL. Morfología comparada y etnobiología de *Cnidoscolus aconitifolius*; Breckon 1975 (Geraniales, Euphorbiaceae) en la isla de Cozumel, Q. Roo, México. PhD. Universidad de Quintana Roo, México; 2009.
- Mena Linares Y, González-Mosquera DM, Valido-Díaz A, Escobar-Román R, Pizarro-Espín A, Castillo-Alfonso O. Actividad gastroprotectora y toxicidad aguda del extracto de hojas de *Cnidoscolus chayamansa* Mc Vaugh. *Medicent Electrón*. 2017; 21(1): 11-21.
- Mercado-Mercado G, De la Rosa Carrillo L., Wall-Medrano A, López Díaz JA, Álvarez-Parrilla E. Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutr Hosp*. 2013; 28(1): 36-46.
- Mercy O, Ikewuchi C, Ikewuchi J. Nutrient and bioactive phytochemical compositions of *Cnidoscolus aconitifolius*. *Malaysian J Biochem Mol Biol*. 2019; 2: 26-36.
- Miller K, Webster G. Chromosome numbers in the Euphorbiaceae. *Brittonia*. 1966; 18: 372-79.
- Munguía-Rosas MA, Jácome-Flores ME. Reproductive isolation between wild and domesticated chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) in sympatry. *Plant Biol*. 2020; 22: 932-38.
- Munguía-Rosas MA, Jácome-Flores ME, Bello-Bedoy R, Solís-Montero MV, Ochoa-Estrada E. Morphological divergence between wild and cultivated chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) (Mill.) I.M. Johnst. *Genet Resour Crop Evol*. 2019; 66: 1388–98.
- Mwine JT, Van Damme P. Why do Euphorbiaceae tick as medicinal plants? A review of Euphorbiaceae family and its medicinal features. *J Med Plants Res*. 2011; 5(5): 652-62.
- Njoku UO, Uzoagulu CH, Ogunfor MO. Protective effect of *Cnidoscolus aconitifolius* leaves against diclofenac-induced gastric mucosal damage. *Pak J Pharm Sci*. 2020; 33(2): 651-57.
- Oladeinde F, Kinyua A, Laditan A, Michelin R, Bryant J, Denaro F. Effect of *Cnidoscolus Aconitifolius* leaf extract on the blood glucose and insulin levels of inbred type 2 diabetic mice. *Mol Biol Cell*. 2006; 53(3): 68-74.

- Onasanwo S, Oyagbemi A, Saba A. Anti-inflammatory and analgesic properties of the ethanolic extract of *Cnidocolus aconitifolius* in rats and mice. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*. 2011; 22(1-2): 37–41.
- Orozco Andrade AC. Caracterización farmacobotánica de tres poblaciones del género *Cnidocolus* (chaya) con fines de cultivo y comercialización. PhD. Universidad de San Carlos de Guatemala; 2013.
- Onyegeme-Okerenta BM, Peters DE, Idiabeta PE. Analgesic potentials of aqueous leaf extracts of *Jatropha Tanjorensis* and *Cnidocolus aconitifolius* on Wistar rats. *Int J Pharmacogn Phytochem Res*. 2019; 1 (2): 09-14.
- Oyagbemi AA, Odetola AA. Hepatoprotective and nephroprotective effects of *Cnidocolus aconitifolius* in protein energy malnutrition induced liver and kidney damage. *Pharmacognosy Res*. 2013; 5(4): 260–4.
- Pérez-González MZ, Gutiérrez-Rebolledo GA, Jiménez-Arellanes MA. Importancia nutricional, farmacológica y química de la chaya (*Cnidocolus chayamansa*). Revisión bibliográfica. *Tema de ciencia y tecnol*. 2016; 20(60): 43 – 56.
- Porres V, Cifuentes R. La chaya una planta muy nutritiva [En Línea]. 2014 [Consultado en abril de 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/26284256/La_Chaya_Cnidocolus_aconitifolius_una_planta_muy_nutritiva?auto=download
- Quintal-Martínez JP, Quintal-Ortiz IG, Alonzo-Salomón LG, Segura-Campos MR. Actividad antiplaquetaria y anticoagulante de extractos de hoja de Chaya (*Cnidocolus aconitifolius*). Ciudad de México: Congreso Internacional CCCAL; 2018. 39-43.
- Ranhotra GS, Gelrothm JA, Leinen SD, Viñas MA, Lorenz KJ. Nutritional profile of some edible plants from Mexico. *J Food Compost Anal*. 1998; 11: 298–304.
- Rivera C., Historia de la Medicina y Cirugía en América: la civilización Maya. *Rev Med Hondur*. 2007; 75: 152-158.
- Rodríguez P. Una solución de la naturaleza para la malnutrición. [En línea] [Miracle in action] 2012. [Consultado en Mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.miraclesinaction.org/wp-content/uploads/2012/06/Recetas-con-Chaya-email.pdf>

- Rojas J, Velasco J, Buitrago A, Mender T, Rojas J. Evaluación de la actividad antimicrobiana de plantas medicinales seleccionadas del Jardín Botánico del Orinoco, municipio Heres, Estado Bolívar. *Rev Fac Farm.* 2016; 58(1): 2-10.
- Romero-Infante JA. Los mayas, lecciones para el desarrollo latinoamericano. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración* [en línea]. 2006; 2 (2): 101-112 [fecha de Consulta Abril de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409634344007>
- Ross-Ibarra J. Origen y domesticación de la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* Mill I. M. Johnst): La espinaca Maya. *Mex Stud.* 2003; 19(2):287-302.
- Ross-Ibarra J, Molina-Cruz A. The ethnobotany of Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* ssp. *Aconitifolius breckon*): A nutritious Maya vegetable. *Econ Bot.* 2002; 56 (4): 350–65.
- Schikorr F. Evidencia de la presencia de *Cnidoscolus urens* en la península de Yucatán, la chaya silvestre más urticante de todas. *Herbario CICY.* 2017; 9: 228-30.
- Toledo VM, Barrera-Bassols N, García-Frapolli E, Alarcón-Chaires P. Uso múltiple y biodiversidad entre los Mayas Yucatecos (México) *Interciencia.* 2008; 33 (5): 345-52.
- Us-Medina U, Millán-Linares MC, Arana-Argaes VE, Segura-Campos MR. Actividad antioxidante y antiinflamatoria in vitro de extractos de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst). *Nutr Hosp.* 2020; 37(1): 46-55.
- Valenzuela-Soto R, Jimenez-Villareal J, Garcia-Garza R, Betancourt-Martinez N, Lozoya-arinez R, Almaraz-Celis D. et al. Evaluación de la Actividad Antioxidante de *Cnidoscolus chayamansa* (Chaya), *Euphorbia prostrata* (Hierba de la Golondrina) y *Jatropha dioica* (Sangre de Drago) en Ratas Wistar Inducidas a Hiperglicemia. *Int J Morphol.* 2019; 37 (1): 36-42.
- Webster GL. Classification of the Euphorbiaceae. *Ann Missouri Bot Gard.* 1994; 81(1): 3-32.
- Webster GL. Euphorbiaceae. In: K. Kubitzki et al. *The Families and Genera of Vascular Plants.* 2014; 11: 51–216.

Welzen PC, Fernández-Casas FJ. *Cnidoscolus* (Euphorbiaceae) escaped in Malesia? *Blumea*. 2017; 62: 84-6.

Wurdack J, Hoffmann P, Chase M. Molecular Phylogenetic analysis of univolate Euphorbiaceae (Euphorbiaceae sensu stricto) using plastid RBCL and TRNL-F ADN sequences. *Am J Bot*. 2005; 92(8): 1397–1420.

Zavaleta GD, Palacios-Chávez R. Contribución al conocimiento de la morfología de los granos de polen de los géneros más comunes de la familia Euphorbiaceae de México. *Bol Soc Bot México*. 1980; 39: 25–62.

(1) The Plant List. Version 1.1. Royal Botanic Gardens, Kew and Missouri Botanical Garden. 2013. (Consultado en enero 2021). Disponible en: <http://www.theplantlist.org/>

(2). Stevens PF (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017 [and more or less continuously updated since]. (Consultado en febrero 2021). Disponible en: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.