

Garcinia intermedia, a little-known fruit tree in the American tropics

Garcinia intermedia, un frutal poco conocido en los trópicos de América

Jorge Andrés-Agustín¹; Juan Guillermo Cruz-Castillo^{2*}; José Carlos Bautista-Villegas³

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Occidente. Av. Periférico Paseo de la República, núm.1000, Morelia, Michoacán, C. P. 58170, MÉXICO.

²Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente. Huatusco, Veracruz, C. P. 94100. MÉXICO.

³Viveros La Alberca. Carretera libre a Pátzcuaro km 58.3, Uruapan, Michoacán, C. P. 62100. MÉXICO.

*Corresponding author: jcruc@chapingo.mx, tel. 273 110 75 78.

Abstract

Garcinia intermedia (Pittier) Hammel, known as the lemon drop mangosteen in English and by a variety of names including limoncillo and toronjil in Mexico, belongs to the family Clusiaceae, and is distributed in the warm tropical regions of Mexico and Central America at elevations of 300 to 1,000 m. It is an underutilized fruit tree that reaches up to 20 m in height and produces yellow fruits with up to four seeds. The pulp is bittersweet and is highly valued by the rural population of the regions where it grows, where bats and spider monkeys also consume it. The fruit has medicinal properties; it is rich in benzophenones, which attack colon cancer cells. The fruit of *G. intermedia* has higher antioxidant capacity than the fruit of the mangosteen (*G. mangostana* Linn.); however, little is known about the horticultural management of this species, and basic knowledge, such as asexual propagation or postharvest conservation, has not been reported. There is no information on *ex situ* conservation of this species in Mexico and Central America, and no selection of outstanding specimens with high quality fruits has been made. Most of the information reported so far for this species is about its ecology and medicinal properties.

Keywords:

Rheedia edosulis,
Mesoamerican fruit
trees, *Garcinia* species,
underutilized fruit trees,
benzophenones.

Resumen

Garcinia intermedia (Pittier) Hammel, también conocida como limoncillo o toronjil, pertenece a la familia de las Clusiaceae, y se distribuye en las regiones tropicales cálidas de México y Centroamérica a altitudes de 300 a 1,000 m. Es un árbol frutal subutilizado que alcanza hasta 20 m de altura y produce frutos amarillos con hasta cuatro semillas. La pulpa es agri dulce y es muy apreciada por la población rural de las regiones donde crece, en donde los murciélagos y el mono araña también la consumen. La fruta tiene propiedades medicinales; es rica en benzofenonas, las cuales atacan a las células cancerosas del colon. El fruto de *G. intermedia* tiene mayor capacidad antioxidante que el fruto del mangostán (*G. mangostana* Linn.); sin embargo, poco se sabe sobre el manejo hortícola de esta especie, y no se han reportado conocimientos básicos, como la propagación asexual o su conservación en poscosecha. No hay información sobre la conservación *ex situ* de esta especie en México y Centroamérica, y no se ha realizado alguna selección de ejemplares destacados con frutos de alta calidad. La mayor parte de la información reportada hasta el momento para esta especie es sobre su ecología y propiedades medicinales.

Palabras clave:

Rheedia edosulis,
frutales
mesoamericanos, especies
de *Garcinia*, frutales poco
utilizados, benzofenonas.



Introduction

In the tropics of Mexico and Central America, there are little-known fruit species that are distributed in natural vegetation or in backyard orchards, where their fruits are consumed as fresh fruit for their nutritional or medicinal value (Alejandro et al., 2020; Evangelista-Lozano et al., 2021). The fruits of *Garcinia intermedia* have a pleasant taste and white pulp; they are used for self-consumption and sold in regional markets in some areas of Mexico. This fruit is mostly harvested *in situ*, and comes from trees that bear fruit only 2 or 3 years after germination. This fruit tree is from the same family as the mangosteen (*Garcinia mangostana* L.), which is of Asian origin and highly prized like *G. intermedia* for its taste and high nutraceutical capacity (Navarro-González, Codina-Díaz, & Periago, 2015). According to Einbond et al. (2013), *G. intermedia* also has medicinal uses, since benzophenones extracted from the fruit inhibit the growth of human colon cancer cells.

G. intermedia grows semi-cultivated in home gardens in Santiago Acahuato, Apatzingan, Michoacán, Mexico, at 1,000 m a. s. l. with a warm dry climate. The *G. intermedia* trees in this locality reach a height of 10 to 20 m, while in Veracruz they reach the same size and are found between 0 and 800 m a. s. l. (Martínez y Pérez, Castillo-Campos, & Nicolalde-Morejón, 2015). In the United States, there are some specimens in Homestead, Florida (Einbond et al., 2013).

Most studies on *G. intermedia* have been in the ecological and medicinal fields, and little has been addressed in terms of the horticultural aspects of this species. Therefore, studies related to its asexual propagation and the postharvest of its fruits were not found in the literature. The aim of this review was to provide information on the agri-food and medicinal potential of *G. intermedia* in order to promote its horticultural development in tropical areas.

Methodology

Information was obtained from Agris, Agricola, BioOne, CRC net BASE, CRC Press, ELSEVIER, Google Scholar, Redalyc, SciELO, ScienceOpen, Scopus and Web of Science. The keywords used in the search engines, in addition to the scientific name, were underutilized fruits, Mesoamerican fruit trees, minor fruits, medicinal fruits and native fruits. To select the articles reviewed, horticultural, ecological, agricultural, geographic, environmental, social and medicinal criteria were emphasized.

Botanical classification

The family Clusiaceae is made up of 27 genera and 1,090 species distributed in tropical areas of the

Introducción

En los trópicos de México y Centroamérica existen especies frutales poco conocidas que se distribuyen en vegetación natural o en huertos de traspatio, donde sus frutos se consumen como fruta fresca por su valor nutricional o medicinal (Alejandro et al., 2020; Evangelista-Lozano et al., 2021). Los frutos de *Garcinia intermedia* tienen un sabor agradable y pulpa blanca; son utilizados para autoconsumo y vendidos en mercados regionales en algunas zonas de México. Este fruto se cosecha mayormente *in situ*, y proviene de árboles que presentan frutos en solo 2 o 3 años después de la germinación. Dicho frutal es de la misma familia que el mangostán (*Garcinia mangostana* L.), el cual es de origen asiático y muy parecido a *G. intermedia* en el sabor y alta capacidad nutracéutica (Navarro-González, Codina-Díaz, & Periago, 2015). De acuerdo con Einbond et al. (2013), *G. intermedia* también tiene usos medicinales, ya que las benzofenonas extraídas de la fruta inhiben el crecimiento de células de cáncer de colon humano.

G. intermedia crece semi-cultivada en huertos familiares en Santiago Acahuato, Apatzingan, Michoacán, México, a 1,000 m s. n. m. con clima cálido seco. Los árboles de *G. intermedia* en esta localidad alcanzan una altura de 10 a 20 m, mientras que en Veracruz alcanzan el mismo tamaño y se encuentran entre los 0 y 800 m s. n. m. (Martínez y Pérez, Castillo-Campos, & Nicolalde-Morejón, 2015). En Estados Unidos, existen algunos ejemplares en Homestead, Florida (Einbond et al., 2013).

La mayoría de los estudios sobre *G. intermedia* han sido en los ámbitos ecológico y medicinal, y poco se ha abordado sobre los aspectos hortícolas de esta especie. Por ello, estudios relacionados con su propagación asexual y la poscosecha de sus frutos no se encontraron en la literatura. El objetivo de la presente revisión fue mostrar información sobre el potencial agroalimentario y medicinal de *G. intermedia* con el propósito de impulsar su desarrollo hortícola en zonas tropicales.

Metodología

Se obtuvo información de Agris, Agricola, BioOne, CRC net BASE, CRC Press, ELSEVIER, Google Scholar, Redalyc, SciELO, ScienceOpen, Scopus y Web of Science. Las palabras clave utilizadas en los buscadores, además del nombre científico, fueron frutos poco utilizados, frutales mesoamericanos, frutos menores, frutos medicinales y frutos nativos. Para seleccionar los artículos revisados, se enfatizaron criterios hortícolas, ecológicos, agrícolas, geográficos, ambientales, sociales y medicinales.

Clasificación botánica

La familia Clusiaceae está formada por 27 géneros y 1,090 especies distribuidas en zonas tropicales del

world (Martínez y Pérez et al., 2015); in Mexico, 8 genera and 24 species have been recorded (Villaseñor, 2004). The taxonomic classification of *G. intermedia* is: kingdom Plantae, class Equisetopsida, subclass Magnoliidae, superorder Rosanae, order Malpighiales, family Clusiaceae (Guttiferae), genus *Garcinia* L., genus *Rheedia* L. and species *Garcinia intermedia* (Pittier) Hammel (Hammel, 1989).

Botanical synonyms and common names

The botanical names of *G. intermedia* are: *Rheedia edulis* (Seem.), *Calophyllum edule* (Seem), *Rheedia intermedia* (Pittier) and *Rheedia tonduziana* (Engl.) (Hammel, 1989; Martínez y Pérez et al., 2015). Depending on the region in Mexico, the species is known by several common names, such as ishbastié (Chiapas), limoncillo, naranjillo, patácu, mamellito (Michoacán), zapotillo, toronjil (Oaxaca) (Pérez-Pacheco, Rodríguez-Hernández, Lara-Reyna, Montes-Belmont, & Ramírez-Valverde, 2004), chichi de mono (Puebla), elemuy (Quintana Roo) (Quiroz-Carranza, Cantú-Gutiérrez, Quiroz, & Herrera-Vázquez, 2011), manzanillo (Burgos-Hernández & Castillo-Campos, 2018), guo-guo and wuowo (Veracruz) (Martínez y Pérez et al., 2015). In Panama, it is known as sastra and monkey fruit (Murillo et al., 2013), in the Philippines as chinese santol, lemon drop and mangosteen (Chua-Barcelo, 2014), and in Costa Rica as jorco, mangostán (González-Paniagua & Barrantes Lobo, 2018), sastra and mameyito (Irrías-Mata et al., 2018).

Origen and distribution

G. intermedia is native to Mexico (Jalisco, Michoacán, Oaxaca and Veracruz) and Central America (Belize, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Nicaragua and Panama) (Lim, 2012). It grows wild in Veracruz in high evergreen forest (Báez-Hernández, Herrera-Meza, Vázquez-Torres, Aquino-Bolaños, & Martínez, 2016), low deciduous forest, pine-oak forest (Martínez y Pérez et al., 2015), and in the Los Tuxtlas region between 10 and 800 m a. s. l. (Lascurain, Avendaño, del Amo, & Niembro, 2010). It is also distributed in the Lacandon Jungle of Chiapas (Sánchez-Gutiérrez, Valdez-Hernández, Hernández-de la Rosa, & Beltrán-Rodríguez, 2018), and on the Pacific slope in Oaxaca and Chiapas. This species has been collected in the Compostela, Nayarit and Tuito, Jalisco areas. In Michoacán, some trees are found in backyard orchards in the community of Acahuato, located in the north of the municipality of Apatzingan. In Zirimícuaro, municipality of Ziracuaretiro, under subtropical conditions, there is an orchard where fruit is produced for self-consumption.

Outside of Mexico, this fruit grows naturally in Alta Verapas, Guatemala, at 300 m a. s. l. (Hammel, 1989), and in the forests of Panama (King, Leigh, Condit,

mundo (Martínez y Pérez et al., 2015); en México se han registrado 8 géneros y 24 especies (Villaseñor, 2004). La clasificación taxonómica de *G. intermedia* es: reino Plantae, clase Equisetopsida, subclase Magnoliidae, superorden Rosanae, orden Malpighiales, familia Clusiaceae (Guttiferae), género *Garcinia* L., género *Rheedia* L. y especie *Garcinia intermedia* (Pittier) Hammel (Hammel, 1989).

Sinónimos botánicos y nombres comunes

Los nombres botánicos de *G. intermedia* son: *Rheedia edulis* (Seem.), *Calophyllum edule* (Seem), *Rheedia intermedia* (Pittier) y *Rheedia tonduziana* (Engl.) (Hammel, 1989; Martínez y Pérez et al., 2015). Dependiendo de la región en México, la especie recibe varios nombres comunes, como ishbastié (Chiapas), limoncillo, naranjillo, patácu, mamellito (Michoacán), zapotillo, toronjil (Oaxaca) (Pérez-Pacheco, Rodríguez-Hernández, Lara-Reyna, Montes-Belmont, & Ramírez-Valverde, 2004), chichi de mono (Puebla), elemuy (Quintana Roo) (Quiroz-Carranza, Cantú-Gutiérrez, Quiroz, & Herrera-Vázquez, 2011), manzanillo (Burgos-Hernández & Castillo-Campos, 2018), guo-guo y wuowo (Veracruz) (Martínez y Pérez et al., 2015). En Panamá se le conoce como sastra y monkey fruit (Murillo et al., 2013); en Filipinas, como santol chino, lemon drop y mangosteen (Chua-Barcelo, 2014), y en Costa Rica, como jorco, mangostán (González-Paniagua & Barrantes Lobo, 2018), sastra y mameyito (Irrías-Mata et al., 2018).

Origen y distribución

G. intermedia es originario de México (Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Veracruz) y Centroamérica (Belize, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá) (Lim, 2012). Crece silvestre en Veracruz en la selva alta perennifolia (Báez-Hernández, Herrera-Meza, Vázquez-Torres, Aquino-Bolaños, & Martínez, 2016), selva baja caducifolia, bosque de pino-encino (Martínez y Pérez et al., 2015), y en la región de los Tuxtlas entre los 10 y 800 m s. n. m. (Lascurain, Avendaño, del Amo, & Niembro, 2010). También se distribuye en la selva lacandona de Chiapas (Sánchez-Gutiérrez, Valdez-Hernández, Hernández-de la Rosa, & Beltrán-Rodríguez, 2018), y en la vertiente del Pacífico en Oaxaca y Chiapas. Se ha colectado esta especie en la zona de Compostela, Nayarit, y en la zona del Tuito, Jalisco. En Michoacán, se encuentran algunos árboles en huertos de traspatio en la comunidad de Acahuato, al norte del municipio de Apatzingan. En Zirimícuaro, municipio de Ziracuaretiro, bajo condiciones subtropicales, existe un huerto donde se produce fruta para autoconsumo.

Fuera de México, dicho frutal crece naturalmente en Alta Verapas, Guatemala, a 300 m s. n. m. (Hammel, 1989), y en los bosques de Panamá (King, Leigh,

Foster, & Hubbell, 1997), Ecuador and Colombia (Castaño, Carranza, & Pérez-Torres, 2018). In Costa Rica, in the Central Valley, it is occasionally cultivated as an ornamental and its fruits are consumed (Zamora, Jiménez, & Poveda, 2004). In India, it is a minor fruit tree (Dandin, Kencharaddi, Kumar, & Chikkanna, 2019), and its fruit is used to increase the household income of smallholder farmers (Bhat et al., 2015).

Botanical characteristics

Pennington and Sarukhán (2005) describe *G. intermedia* as a tree with a cylindrical stem (Figure 1), a height of 20 m, and a trunk with large, spaced bulges. Its outer bark is dark brown, smooth and with abundant lenticels. The inner bark is pink, with drops of intense yellow exudate. The bark is 5 to 8 mm thick. Its wood is yellowish cream colored, with numerous rays, small vessels with vasicentric parenchyma and exudate of yellow drops. Young branches are glabrous, with a bright green color that changes to brownish and produces a yellow latex when cut. They have an oval cross section, with large scars from fallen leaves (Martínez y Pérez et al., 2015).

G. intermedia buds are naked, minute (1 to 2 mm long), acute, glabrous and without stipules. The decussate and simple leaves can reach a size of 13 x 5 cm to 22 x 7.5 cm, which are elliptical or oblong, with the entire margin, an acute to acuminate apex, and an acute base (Figure 2). Their color is dark green and shiny on the

Condit, Foster, & Hubbell, 1997), Ecuador y Colombia (Castaño, Carranza, & Pérez-Torres, 2018). En Costa Rica, en el Valle Central, ocasionalmente se cultiva como ornamental y se consumen sus frutos (Zamora, Jiménez, & Poveda, 2004). En India, es un frutal menor (Dandin, Kencharaddi, Kumar, & Chikkanna, 2019), y su fruta se utiliza para incrementar la economía del pequeño productor (Bhat et al., 2015).

Características botánicas

Pennington y Sarukhán (2005) describen a *G. intermedia* como un árbol de fuste cilíndrico (Figura 1), altura de 20 m, y tronco con abultamientos grandes y espaciados. Su corteza externa es color café oscuro, lisa y con abundantes lenticelas. La corteza interna es color rosa, con gotas de exudado amarillo intenso. El grosor de la corteza es de 5 a 8 mm. Su madera es color crema amarillenta, con numerosos rayos, vasos pequeños con parénquima vasicéntrico y exudado de gotas amarillas. Las ramas jóvenes son glabras, de color verde brillante que cambian a pardusco y producen un látex amarillo al cortarlas. Tienen una sección transversal oval, con grandes cicatrices de hojas caídas (Martínez y Pérez et al., 2015).

Las yemas de *G. intermedia* son desnudas, diminutas (de 1 a 2 mm de largo), agudas, glabras y sin estípulas. Las hojas decusadas y simples pueden alcanzar un tamaño de 13 x 5 cm a 22 x 7.5 cm, las cuales son elípticas u oblongas, con el margen entero, ápice agudo a acuminado, y base aguda (Figura 2). Su color



Figure 1. Tree shape (a) and main stem (b) of *Garcinia intermedia* 8 years after establishment by seed.

Figura 1. Forma del árbol (a) y tallo principal (b) de *Garcinia intermedia* después de 8 años de su establecimiento por semilla.



Figure 2. *Garcinia intermedia* leaves: a) elliptical or oblong shape and b) young reddish leaves.

Figura 2. Hojas de *Garcinia intermedia*: a) forma elíptica u oblonga y b) hojas jóvenes de color rojizo.

upper side, and pale on the underside; in addition, they are glabrous, coriaceous, and with numerous parallel secondary veins and a prominent marginal vein. The petioles are 1.5 to 2 cm long, with a conspicuous bulge at the base on the upper surface, and glabrous (Zamora et al., 2004).

G. intermedia trees are evergreen, and their leaves can live for 6 to 8 years on trees growing in a rainforest (Lovelock, Kursar, Skillman, & Winter, 1998). The young leaves are reddish in color (Figure 2), with a high concentration of anthocyanins that protect them from attack by fungi and ants (Coley & Aide, 1989). During the rainy season, this species produces a large number of whitish leaf shoots in their early stages of development, which then turn pink, yellow and light green, until they reach their characteristic dark green color. The leaves are very variable in size; in dry climates, with marked climatic seasonality, they are relatively small, while in very humid climates they are large. Individuals growing in very humid climates are difficult to differentiate from *G. madruno*, because they have leaves of the same size, although with greenish-brown coloration and without clear rows of resin on the upper surface (Zamora et al., 2004).

The white *G. intermedia* flowers are actinomorphic, 7 to 8 mm in diameter (Figure 3a) and appear in fascicles on small bumps in the leaf axils. Pedicels are 1.5 to 2.5 cm long and glabrous. The sepals are whitish-green, elliptical, cuculate and glabrous, 2 to 3 mm long. The petals are white, obovate and glabrous, 4 to 5 mm long.

es verde oscuro y brillantes en el haz, y pálidas en el envés; además, son glabras, coriáceas, y con numerosos nervios secundarios paralelos y un nervio marginal prominente. Los pecíolos son de 1.5 a 2 cm de largo, con un abultamiento conspicuo en la base sobre la superficie superior, y glabros (Zamora et al., 2004).

Los árboles de *G. intermedia* son perennifolios, y sus hojas pueden vivir de 6 a 8 años en árboles que crecen en la selva húmeda (Lovelock, Kursar, Skillman, & Winter, 1998). Las hojas jóvenes son de color rojizo (Figura 2), con una alta concentración de antocianinas que las protege del ataque de hongos y hormigas (Coley & Aide, 1989). Durante la estación lluviosa, esta especie produce gran cantidad de brotes foliares de color blanquecino en sus primeros estadios de desarrollo, que luego se van tornando rosa, amarillo y verde claro, hasta alcanzar su característico color verde oscuro. Las hojas son muy variables en tamaño; en climas secos, con estacionalidad climática marcada, son relativamente pequeñas, mientras que en climas muy húmedos son grandes. Los individuos que crecen en climas muy húmedos son difíciles de diferenciar de *G. madruno*, por poseer hojas de igual tamaño, aunque con coloración pardo verdoso y sin hileras claras de resina en el haz (Zamora et al., 2004).

Las flores color blanco *G. intermedia* son actinomorfas de 7 a 8 mm de diámetro (Figura 3a) y aparecen en fascículos sobre pequeños abultamientos en las axilas de las hojas. Los pedicelos son de 1.5 a 2.5 cm de largo y glabros. Los sépalos son color verde blancuzco, elípticos, cuculados y glabros, de 2 a 3 mm de largo. Los pétalos

The stamens are numerous, white and 3 to 5 mm long with small rounded anthers. The ovary is approximately 2 mm long, ovoid and glabrous. In Veracruz, the tree blooms from February to April, while in Ziracuaretiro, Michoacán, it blooms from July to August in cultivated form, and intermittently throughout the year.

The fruits are glabrous, ovoid, yellow berries when ripe (Hammel, 1989) (Figure 3b), and when cut they produce a yellow latex. The fruits have a thin yellow, orange or red rind around a white pulp; they are edible and have an attractive sweet and sour taste.

The fruits ripen from June to September, and at elevations of 1,600 m (Zirimíuaro, Michoacán), the trees can bear fruit throughout the year. In San Andrés Tuxtla, Veracruz, Mexico, the fruits can be found in local markets between August and November (Ibarra-Manríquez, Ricker, Ángeles, Sinaca-Colín, & Sinaca-Colín, 1997). In Chimalapas, Oaxaca, the fruits are consumed by the spider monkey (*Ateles geoffroyi*) (Ortiz-Martínez & Ramos-Fernández, 2012), and in Santa Rosa de Cabal, Colombia, they are consumed by bats (Castaño et al., 2018).

Some insects that are potential pests of *G. intermedia* fruit are the lepidopteran *Eriosocia guttifer* (Brown et al., 2020), the lobate lac scale *Paratachardina pseudolobata* Kondo & Gullan (Hemiptera: Coccoidea: Kerriidae) (Segarra-Carmona & Cabrera-Asencio, 2010) and the fruit fly *Anastrepha suspensa* (Jenkins & Goenaga, 2008).

Seeds measure 2.8 x 1.2 cm (Figure 3c), can take up to six months to germinate and show growth of two types of roots: primary and secondary, which cross the seed lengthwise. This can be an advantage if their root system needs to be regenerated (Di Stefano, Marín, & Díaz, 2006).

Individuals for transplanting are found under adult trees. Most *Garcinias* are apomictic (Murthy et al., 2018), although there is no information on *G. intermedia*. The

son blancos, obovados y glabros, de 4 a 5 mm de largo. Los estambres son numerosos, de color blanco y de 3 a 5 mm de largo con pequeñas anteras redondeadas. El ovario mide aproximadamente 2 mm de largo, es ovoide y glabro. En Veracruz, el árbol florece de febrero a abril, mientras que en Ziracuaretiro, Michoacán, florece de julio a agosto en forma cultivada, y de manera intermitente durante todo el año.

Los frutos son bayas glabras, ovoides y color amarillo cuando maduran (Hammel, 1989) (Figura 3b), y al cortarlo produce un látex amarillo. Los frutos presentan una delgada corteza color amarillo, naranja o rojo alrededor de una pulpa blanca; son comestibles y tienen un sabor agri dulce atractivo.

Los frutos maduran de junio a septiembre, y en altitudes de 1,600 m (Zirimíuaro, Michoacán), los árboles pueden tener frutos durante todo el año. En San Andrés Tuxtla, Veracruz, México, los frutos se pueden encontrar en los mercados locales entre agosto y noviembre (Ibarra-Manríquez, Ricker, Ángeles, Sinaca-Colín, & Sinaca-Colín, 1997). En Chimalapas, Oaxaca, los frutos son consumidos por el mono araña (*Ateles geoffroyi*) (Ortiz-Martínez & Ramos-Fernández, 2012), y en Santa Rosa de Cabal, Colombia, son consumidos por murciélagos (Castaño et al., 2018).

Algunos insectos que representan posibles plagas del fruto de *G. intermedia* son el lepidóptero *Eriosocia guttifer* (Brown et al., 2020), la escama lobada *Paratachardina pseudolobata* Kondo & Gullan (Hemiptera: Coccoidea: Kerriidae) (Segarra-Carmona & Cabrera-Asencio, 2010) y la mosca de la fruta *Anastrepha suspensa* (Jenkins & Goenaga, 2008).

Las semillas miden 2.8 x 1.2 cm (Figura 3c), pueden tardar hasta seis meses en germinar y presentan crecimiento de dos tipos de raíces: primaria y secundaria, que cruza la semilla longitudinalmente. Esto puede ser una ventaja si se necesita regenerar su sistema radical (Di Stefano, Marín, & Díaz, 2006).



Figure 3. a) Flowers, b) fruits and c) seeds of *Garcinia intermedia*.

Figura 3. a) Flores, b) frutos y c) semillas de *Garcinia intermedia*.

juvenility of this tree is short, as it produces fruits two years after germination.

From the home gardens of Santiago Acahuato, Michoacán, *G. intermedia* fruits were collected, seeds were extracted and plants were established beginning in 2008 in a small orchard located in Zirimícuaro, Ziracuaretiro, Michoacán. In 10 trees, 8 ripe fruits were randomly sampled in 2018, with the following characteristics evaluated: fruit weight (g), polar length (cm), equatorial diameter (cm), peel firmness ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$; with a 1 cm diameter texturometer), total soluble solids ($^{\circ}\text{Brix}$), number of seeds, total seed weight (g), peel weight (g), peel plus seed weight (g), pulp percentage (%), pedicel length (cm), roundness index (polar length/equatorial diameter), and fruit color (visual) (Table 1).

The average fruit mass was 71.8 g and ranged from 24 to 140 g. Polar and equatorial lengths were 4.6 and 5.3 cm, respectively. Peel firmness was $5.1 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$. Solids reached 18.6°Brix at consumption maturity, which is a high value compared to that of other fruits, such as feijoa (*Acca sellowiana* Berg), which is bittersweet and reaches 14°Brix (González-García, Guerra-Ramírez, del Ángel-Coronel, & Cruz-Castillo, 2018). The fruits presented one to four seeds, with an average of two, which resulted in 52 % pulp, and the rest seeds and peel. The roundness index was 0.98, showing almost round or oval fruits (Table 1). Data on these characteristics in *G. intermedia* fruit were not found in the literature.

The white pulp fruit is aromatic, yellow or greenish-yellow when ripe for consumption, and keeps well at 7°C for up to 30 days. These characteristics are horticulturally important for a tropical fruit with potential in the agri-food trade and can be adapted to the subtropics. There are advances in the breeding of other little-known *Garcinia* species such as *G. indica*, but not for *G. intermedia* (Murthy et al., 2018).

Debajo de árboles adultos se encuentran individuos para trasplantar. La mayoría de las *Garcinias* son apomícticas (Murthy et al., 2018), aunque no existe información al respecto de *G. intermedia*. La juvenilidad de este árbol es corta, pues produce frutos después de dos años de su germinación.

De los huertos familiares de Santiago Acahuato, Michoacán, se recolectaron frutos de *G. intermedia*, se extrajeron las semillas y se establecieron plantas desde 2008 en un pequeño huerto ubicado en Zirimícuaro, Ziracuaretiro, Michoacán. En 10 árboles, se muestrearon 18 frutos maduros al azar en 2018, y se evaluó el peso del fruto (g), la longitud polar (cm), el diámetro ecuatorial (cm), la firmeza de la cáscara ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$; con un texturómetro de 1 cm de diámetro), los sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$), el número de semillas, el peso total de las semillas (g), el peso de la cáscara (g), el peso de la cáscara más la semilla (g), el porcentaje de la pulpa (%), la longitud del pedicelo (cm), el índice de redondez (longitud polar/diámetro ecuatorial) y el color del fruto (visual) (Cuadro 1).

La masa promedio del fruto fue de 71.8 g, y varió de 24 a 140 g. La longitud polar y ecuatorial fue de 4.6 y 5.3 cm, respectivamente. La resistencia de la cáscara fue de $5.1 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$. Los sólidos alcanzaron 18.6°Brix en madurez de consumo, que es un valor alto en comparación con el de otros frutos, como la feijoa (*Acca sellowiana* Berg), que es agrídulce y alcanza 14°Brix (González-García, Guerra-Ramírez, del Ángel-Coronel, & Cruz-Castillo, 2018). Los frutos presentaron de una a cuatro semillas, con un promedio de dos, que resultó en un 52 % de pulpa, y el resto de semillas y cáscara. El índice de redondez fue de 0.98, mostrando frutos casi redondos u ovalados (Cuadro 1). Datos sobre estas características en el fruto de *G. intermedia* no se encontraron en la literatura.

El fruto de pulpa blanca es aromático, de color amarillo o amarillo-verdoso en madurez de consumo,

Table 1. Characterization of 18 *Garcinia intermedia* fruits taken at random from 10 trees in Zirimícuaro, Ziracuaretiro, Michoacán, Mexico.

Cuadro 1. Caracterización de 18 frutos de *Garcinia intermedia* tomados al azar de 10 árboles en Zirimícuaro, Ziracuaretiro, Michoacán, México.

PF (g)/ FW (g)	LP (cm)/ PL (cm)	DE (cm)/ ED (cm)	RCP ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$)/ PRP ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$)	SST ($^{\circ}\text{Brix}$)/ TSS ($^{\circ}\text{Brix}$)	NS	PTS (g)/ TSW (g)	PC (g)/ PW (g)	PCS (g)/ PSW (g)	PP (%)	LP (cm)/ PL (cm)	IR (LP/LE)/ RI (PL/EL)
71.8 ± 29.7	4.6 ± 0.8	5.3 ± 0.8	5.1 ± 0.4	18.6 ± 2.9	2.1 ± 0.8	21.4 ± 9.9	12.3 ± 4.7	33.8 ± 13.4	52.2 ± 8.4	3.30 ± 1.2	0.98 ± 0.0

FW = fruit weight; PL = polar length; ED = equatorial diameter; PRP = peel resistance to the penetrometer; TSS = total soluble solids; NS = number of seeds; TSW = total seed weight; PW = peel weight; PSW = peel and seed weight; PP = pulp percentage; PL = pedicel length; RI = roundness index (PL/EL).

PF = peso de fruto; LP = longitud polar; DE = diámetro ecuatorial; RCP = resistencia de la cáscara al penetrometro; SST = sólidos solubles totales; NS = número de semillas; PTS = peso total de semillas; PC = peso de cáscara; PCS = peso de cáscara y semilla; PP = porcentaje de pulpa; LP = longitud de pedicelo; IR = índice de redondez (LP/LE).

The fruits, once harvested, can be left to ripen for seven days at 20 °C and acquire a bright yellow-greenish color, which indicates their ripeness for consumption.

Current and potential uses

G. intermedia wood resists termite attack and is used to make posts and tool handles. In Veracruz, it grows as a backyard tree and is used for housing construction (Álvarez-Buylla, Lazos-Chavero, & García-Barrios, 1989). This species is ideal as a permanent shade tree, and for establishing hedges, living fences and windbreaks. In addition, it is a drought-tolerant species (Engelbrecht & Kursar, 2003), and to optimize water use it could be evaluated as a rootstock for other *Garcinia* species.

Because the tree has attractive leaves and fruit, in Costa Rica it is used as an ornamental plant, especially when it has fruit (Zamora et al., 2004). Likewise, its foliage can be used for floral arrangements, and the fruit is used in the preparation of liquors, jams, ice cream, yogurt, and fresh drinks, although there is no information on its processing.

Garcinia species have great medicinal potential (Spontoni-do Espirito Santo et al., 2020). *G. intermedia* fruit is rich in benzophenones, such as 32-hydroxy-ent-gutiferone M (1) and 6-epi-guttiferone J (2) (Muñoz-Acuña et al., 2010), which have been used in the treatment of colon cancer *in vitro* (Einbond et al., 2013). Several carotenoids such as zeaxanthin, b-carotene, lutein and b-cryptoxanthin have been identified in *G. intermedia* fruit (Murillo et al., 2013). Due to the high content of these compounds (especially lutein and zeaxanthin), it is suggested to consume this fruit to prevent eye diseases (Fernández-Araque, Guíaquinta-Aranda, Laudo-Pardos, & Rojo-Aragüés, 2017).

G. intermedia fruit has a higher antioxidant capacity and a higher concentration of total phenols than *G. mangostana* (Muñoz-Acuña, Dastmalchi, Basile, & Kennelly, 2012). In addition, some flavonoids (podocarpusflavone A and amentoflavone) extracted from the leaves of *G. intermedia* can be used to combat Chagas disease (Abe et al., 2004; Nabavi et al., 2017), which is produced by triatomine insects that transmit the *Trypanosoma cruzi* parasite. For therapeutic purposes, this fruit tree could become as valuable as the white sapote (*Casimiroa edulis* Llave & Lex.), which is native to Mexico and with which several studies have been conducted (Agustin, Soto, Famiani, & Cruz-Castillo, 2017).

Prospects

The medicinal and commercial production potential of *G. intermedia* fruit requires further exploration. The medicinal properties of this species' fruits have been

y se conserva en buen estado a 7 °C hasta por 30 días. Dichas características son hortícolamente importantes para un fruto tropical con potencial en el comercio agroalimentario, y puede ser adaptado al subtrópico. Existen avances en el mejoramiento genético de otras especies de *Garcinia* poco conocidas como *G. indica*, pero no para *G. intermedia* (Murthy et al., 2018).

Los frutos, una vez cosechados, se pueden dejar madurar por siete días a 20 °C y adquieren un color amarillo-verdoso brillante, el cual indica su madurez de consumo.

Usos actuales y potenciales

La madera de *G. intermedia* resiste al ataque de las termitas, y se utiliza para hacer postes y mangos de herramientas. En Veracruz, crece como árbol de traspatio y se utiliza para la construcción de viviendas (Álvarez-Buylla, Lazos-Chavero, & García-Barrios, 1989). Esta especie es ideal como árbol de sombra permanente, y para establecer setos, cercas vivas y cortinas rompe vientos. Además, es una especie tolerante a la sequía (Engelbrecht & Kursar, 2003), y para optimizar el uso de agua se podría evaluar como portainjerto de otras especies de *Garcinia*.

Debido a que el árbol posee hojas y frutos atractivos, en Costa Rica se utiliza como planta ornamental, especialmente cuando tiene frutos (Zamora et al., 2004). Asimismo, su follaje se puede usar para arreglos florales, y el fruto se utiliza en la elaboración de licores, mermeladas, helados, yogur y aguas frescas, aunque no existe información sobre su procesamiento.

Existe un gran potencial medicinal de las especies de *Garcinia* (Spontoni-do Espirito Santo et al., 2020). La fruta de *G. intermedia* es rica en benzofenonas, como 32-hidroxi-ent-gutiferona M (1) y 6-epi-guttiferona J (2) (Muñoz-Acuña et al., 2010), que han sido utilizadas en el tratamiento de cáncer de colon *in vitro* (Einbond et al., 2013). Varios carotenoides como zeaxantina, b-caroteno, luteína y b-criptoxantina han sido identificados en el fruto de *G. intermedia* (Murillo et al., 2013). Debido al alto contenido de estos compuestos (especialmente luteína y zeaxantina), se sugiere consumir este fruto para prevenir patologías oculares (Fernández-Araque, Guíaquinta-Aranda, Laudo-Pardos, & Rojo-Aragüés, 2017).

El fruto de *G. intermedia* tiene mayor capacidad antioxidante y mayor concentración de fenoles totales que *G. mangostana* (Muñoz-Acuña, Dastmalchi, Basile, & Kennelly, 2012). Además, algunos flavonoides (podocarpusflavona A y amentoflavona) extraídos de las hojas de *G. intermedia* pueden ser utilizados para combatir la enfermedad de Chagas (Abe et al., 2004; Nabavi et al., 2017), que es producida por insectos

emphasized, and the phytochemical characteristics of its leaves require further evaluation. Studies on the nutraceutical and medicinal potential of the flowers and seeds were not found in the literature. Therefore, the integral utilization of this fruit tree could position it as a new and important arboreal horticultural product of the tropical zones. *Ex situ* conservation of this fruit tree is not being carried out, and collections of this fruit tree in tropical zones of Mexico and Central America could be carried out. The selection of individuals with high fruit quality would be advantageous for its commercialization, since it has the potential to be adapted in high elevation tropical areas and it could be a new fruit tree for the 21st century.

Conclusions

The lemon drop mangosteen (*Garcinia intermedia* (Pittier) Hammel) is a species with potential for fruit use in the tropics of Mexico. Studies on its propagation and postharvest handling are needed. Due to deforestation, many individuals have been lost; therefore, its *ex situ* and *in situ* conservation is necessary. Collections of this species could be carried out in Veracruz, Puebla and Oaxaca in Mexico and in Alta Verapaz, Guatemala. Its medicinal potential is high due to its high concentrations of benzophenones and flavonoids.

The selection of trees that produce large, sweet fruits with small seeds would offer the possibility of their commercial use in the food sector and in the health sector as an alternative product to prevent or attack colon cancer.

End of English version

References / Referencias

- Abe, F., Nagafuji, S., Okabe, H., Akahane, H., Estrada-Muñiz, E., Huerta-Reyes, M., & Reyes-Chilpa, R. (2004). Trypanocidal constituents in plants 3.¹ Leaves of *Garcinia intermedia* and Heartwood of *Calophyllum brasiliense*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 27(1), 141-143. Retrieved from https://www.jstage.jst.go.jp/article/bpb/27/1/27_1_141/_pdf
- Agustin, J. A., Soto, M., Famiani, F., & Cruz-Castillo, J.G. (2017). *In situ* characterization of fruits and seeds of a number of white sapote (*Casimiroa edulis* Llave & Lex.) accessions in Mexico. *HortScience*, 52(12), 1849-1852. doi: 10.21273/HORTSCI12432-17
- Alejandro, H. M., Cruz-Castillo, J. G., Galindo-Tovar, M. E., Guerra-Ramírez, D., Famiani, F., Leyva-Ovalle, O. R., Monribot-Villanueva, J. L., & Guerrero-Analco, J. A. (2020). Phenolic content and antioxidant capacity of infusions of leaves of *Vitis tiliifolia* (Humb & Bonpl. Ex Schult.). *Journal of Agricultural Science and Technology*,

triatominos que transmiten el parásito *Trypanosoma cruzi*. Para fines terapéuticos, este frutal podría llegar a ser tan valorado como el zapote blanco (*Casimiroa edulis* Llave & Lex.), que es nativo de México y con el cual se han llevado a cabo varios estudios (Agustin, Soto, Famiani, & Cruz-Castillo, 2017).

Perspectivas

El potencial medicinal y la producción comercial del fruto de *G. intermedia* requiere ser explorado con mayor profundidad. Sus propiedades medicinales han enfatizado los frutos, y las características fitoquímicas de sus hojas requieren ser evaluadas con más detalle. Estudios sobre el potencial nutracéutico y medicinal de las flores y semillas no se encontraron en la literatura. Por lo tanto, el aprovechamiento integral de este árbol frutal podría posicionarlo como un nuevo e importante producto hortícola arbóreo de las zonas tropicales. La conservación *ex situ* de este frutal no se está llevando a cabo, y colectas de éste en zonas tropicales de México y Centroamérica se podrían realizar. La selección de individuos con alta calidad frutícola sería ventajosa para su comercialización, ya que tiene el potencial para ser adaptado en zonas tropicales de altura y podría ser un nuevo frutal para el siglo XXI.

Conclusiones

El limoncillo o toronjil (*Garcinia intermedia* (Pittier) Hammel) es una especie con potencial para uso frutícola en el trópico de México. Se requieren estudios sobre su propagación y manejo de poscosecha. Por la deforestación, muchos individuos se han perdido; por ello, su conservación *ex situ* e *in situ* es necesaria. Colectas de esta especie se podrían llevar a cabo en Veracruz, Puebla y Oaxaca, en México, y en Alta Verapaz, Guatemala. Su potencial medicinal es alto debido a sus altas concentraciones de benzofenonas y flavonoides.

La selección de árboles que produzcan frutos dulces, de mayor tamaño y con semillas pequeñas, ofrecería la posibilidad de su uso comercial en el sector alimentario y en el sector salud como un producto alternativo para prevenir o atacar el cáncer de colon.

Fin de la versión en español

- 22(3), 829-836. Retrieved from https://jast.modares.ac.ir/browse.php?a_id=27802&sid=23&slc_lang=fa
- Álvarez-Buylla, R. M. A., Lazos-Chavero, E., & García-Barrios, J. R. (1989). Homegardens of a tropical humid region in the southeast Mexico: an example of an agroforestry cropping system in a recently established community. *Agroforestry Systems*, 8, 133-156. doi: 10.1007/BF00123117

- Báez-Hernández, A., Herrera-Meza, G., Vázquez-Torres, M., Aquino-Bolaños, E. N., & Martínez, A. J. (2016). Relaciones alométricas de 19 especies de la selva alta perennifolia. *Botanical Sciences*, 94(2), 209-220. doi: 10.17129/botsci.252
- Bhat, V., Vasudeva, R., Nayak, G. V., Sthapit, B. R., Parthasarathy, V. A., Reddy, B. M., & Rao, V. R. (2015). Diversity of tropical fruits in the farmlands of Central Western Ghats, India and its contribution to the household income. *Indian Journal of Plant Genetic Resources*, 28(1), 87-94. doi: 10.5958/0976-1926.2015.00012.1
- Brown, J. W., Gripenberg, S., Basset, Y., Calderón, O., Simon, I., Fernandez, C., Cedeño, M., & Rivera, M. (2020). Host records for Tortricidae (Lepidoptera) reared from seeds and fruits in Panama. *Proceeding of the Entomological Society of Washington*, 122(1), 12-24. doi: 10.4289/0013-8797.122.1.12
- Burgos-Hernández, M., & Castillo-Campo, G. (2018). Análisis florístico de la selva tropical perennifolia del centro-norte de Veracruz, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(15), 451-463. doi: 10.19136/era.a5n15.1676
- Castaño, J. H., Carranza, J. A., & Pérez-Torres, J. (2018). Diet and trophic structure in assemblages of montane frugivorous phyllostomid bats. *Acta Oecologica*, 91, 81-90. doi: 10.1016/j.actao.2018.06.005
- Chua-Barcelo, R. C. (2014). Ethno-botanical survey of edible wild fruits in Benguet, Cordillera administrative region, the Philippines. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(1), 525-538. doi: 10.12980/APJTB.4.201414B36
- Coley, P. D., & Aide, M. (1989). Red coloration of tropical young leaves: a possible antifungal defence?. *Journal of Tropical Ecology*, 5, 293-300. Retrieved from https://collections.lib.utah.edu/dl_files/12/4e/124ef434e0b376fe218dc1aa871d90a5f950e887.pdf
- Dandin, S. B., Kencharaddi, H. G., Kumar, N. K., & Chikkanna, G. S. (2019). Genetic resources, diversity, conservation and utilization of underutilized fruit crops. In: Prakash, B. G., Chikkanna, G. S., Shivaraju, B., Dhananjaya, B. N., Basavaraju, T., & Gowthami, R. (Eds), *Exploration of processing and value addition prospects of under utilized fruits* (pp. 1-10). India: ICAR Krishi Vigyana Kendra, Kolar. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/344122898_Proceedings_of_National_Workshop_on_Exploring_prospects_of_underutilized_fruit_crops_and_their_processing_and_value_addition_held_on_13-09-2019_at_College_of_Horticulture_KolarIndia
- Di Stefano, J. F., Marín, W. A., & Díaz, M. A. (2006). Secondary embryonary root associated with seed germination in *Garcinia intermedia* (Clusiaceae) and its possible role in seedling survival. *Revista de Biología Tropical*, 54(3), 927-934. Retrieved from <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v54n3/3881.pdf>
- Einbond, L. S., Mighty, J., Kashiwazaki, R., Figueroa, M., Jalees, F., Munoz-Acuña, U., LeGendre, O., Foster, D. A., & Kennelly, E. J. (2013). *Garcinia* benzophenones inhibit the growth of human colon cancer cells and synergize with sulindac sulfide and Turmeric. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 13(10), 1540-1550. Retrieved from <https://www.ingentaconnect.com/content/ben/acamc/2013/00000013/00000010/art00008>
- Engelbrecht, B. M., & Kursar, T. A. (2003). Comparative drought-resistance of seedlings of 28 species of co-occurring tropical woody plants. *Oecologia*, 136, 383-393. doi: 10.1007/s00442-003-1290-8
- Evangelista-Lozano, S., Robles-Jiménez, H. R., Pérez-Barcena, J. F., Agama-Acevedo, E., Briones-Martínez, R., & Cruz-Castillo, J. G. (2021). Fruit characterization of *Pouteria campechiana* ([Kunth] Baehni) in three different stages of maturity. *Fruits*, 76(3), 116-122. doi: 10.17660/th2021/76.3.2
- Fernández-Araque, A., Guaiquinta-Aranda, C., Laudo-Pardos, C. L., & Rojo-Aragüés, A. A. (2017). Los antioxidantes en el proceso de patologías oculares. *Nutrición Hospitalaria*, 34(2), 469-478. doi: 10.20960/nh.420
- González-García, K. E., Guerra-Ramírez, D., del Ángel-Coronel, O. A., & Cruz-Castillo, J. G. (2018). Physical and chemical attributes of feijoa fruit in Veracruz, Mexico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(1), 5-12. doi: 10.5154/rchsh.2017.01.006
- González-Paniagua, M. A., & Barrantes-Lobo, T. (2018). Especies arbóreas identificadas en el bosque demostrativo de la Sede de Occidente, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual*, 18(30), 78-124. doi: 10.15517/PA.V18I30.33814
- Hammel, B. (1989). New combinations and taxonomies in Clusiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 76(3), 927-929. doi: 10.2307/2399657
- Ibarra-Manríquez, G., Ricker, M., Ángeles, G., Sinaca-Colín, S., & Sinaca-Colín, M. A. (1997). Useful plants of the Los Tuxtlas rain forest (Veracruz, Mexico): considerations of their market potential. *Economic Botany*, 51(4), 362-376. doi: 10.1007/BF02861046
- Irías-Mata, A., Jiménez, V. M., Steingass, C. B., Schweiggert, R. M., Carled, R., & Esquivel, P. (2018). Carotenoids and xanthophyll esters of yellow and red nance fruits (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth) from Costa Rica. *Food Research International*, 111, 708-714. doi: 10.1016/j.foodres.2018.05.063
- Jenkins, D. A., & Goenaga, R. (2008). Host breadth and parasitoids of fruit flies (*Anastrepha* spp.) (Diptera: Tephritidae) in Puerto Rico. *Environmental Entomology*, 37(1), 110-120. doi: 10.1603/0046-225X(2008)37[110:HBAPOF]2.0.CO;2
- King, D. A., Leigh, E. G., Condit, R., Foster, R. B., & Hubbell, S. P. (1997). Relationships between branch spacing, growth rate and light in tropical forest saplings. *Functional Ecology*, 11(5), 627-635. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/2390404>
- Lascuirain, M., Avendaño, S., del Amo, S., & Niembro, A. (2010). *Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz*. México: Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal, Conafor-Conacyt. Retrieved from http://www1.inecol.edu.mx/inecol/documentos/frutos_silvestres_comestibles.pdf
- Lim, T. K. (2012). *Garcinia intermedia*. In: Lim, T. K. (Ed), *Edible medicinal and non-medicinal plants* (pp. 62-65). Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-94-007-1764-0_10

- Lovelock, C. E., Kursar, T. A., Skillman, J. B., & Winter, K. (1998). Photoinhibition in tropical forest understorey species with short- and long-lived leaves. *Functional Ecology*, 12(4), 553-560. doi: 10.1046/j.1365-2435.1998.00235.x
- Martínez-y Pérez, J. L., Castillo-Campos, G., & Nicolalde-Morejón, F. (2015). *Flora de Veracruz: Clusiaceae*. México: Instituto de Ecología A.C. Retrieved from <http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOVER/165-ClusiaceaeFloraVer.pdf>
- Muñoz-Acuña, A., Figueroa, M., Kavalier, A., Jancovski, N., Basile, M. J., & Kennelly, E. J. (2010). Benzophenones and biflavonoids from *Rheedia edulis*. *Journal of Natural Products*, 73(11), 1775-1779. doi: 10.1021/np100322d
- Muñoz-Acuña, U., Dastmalchi, K., Basile, M. J., & Kennelly, E. J. (2012). Quantitative high-performance liquid chromatography photo-diode array (HPLC-PDA) analysis of benzophenones and biflavonoids in eight *Garcinia* species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 25(2), 215-220. doi: 10.1016/j.jfca.2011.10.006
- Murillo, E., Giuffrida, D., Menchaca, D., Dugo, P., Torre, G., Meléndez-Martínez, A. J., & Mondello, L. (2013). Native carotenoids composition of some tropical fruits. *Food Chemistry*, 140(4), 825-836. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.11.014
- Murthy, H. N., Dandin, V. S., Dalawai, D., Park, S. Y., & Paek, K. Y. (2018). Breeding of *Garcinia* spp. In: Al-Khayri, J., Jain, S., & Johnson, D. (Eds), *Advances in plant breeding strategies: Fruits*. Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-91944-7_19
- Nabavi, S. F., Sureda, A., Daglia, M., Izadi, M., Rastrelli, L., & Nabavi, S. M. (2017). Flavonoids and chagas' disease: The story so far!. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 17(4), 460-466. doi: 10.2174/1568026616666160824110141
- Navarro-González, I., Codina-Dia, E., & Periago, M. J. (2015). Propiedades beneficiosas para la salud del mangostán. *Revista Española de la Nutrición Comunitaria*, 21(3), 29-37. doi: 10.14642/RENC.2015.21.3.5110
- Ortiz-Martínez, T., & Ramos-Fernández, G. (2012). Datos preliminares sobre la abundancia, tamaño de subgrupo y dieta de *Ateles geoffroyi* en la región de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Therya*, 3(3), 295-302. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/therya/v3n3/v3n3a4.pdf>
- Pennington, T. D., & Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica.
- Pérez-Pacheco, R., Rodríguez-Hernández, C., Lara-Reyna, J., Montes-Belmont, R., & Ramírez-Valverde, G. (2004). Toxicidad de aceites, esencias y extractos vegetales en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus* Say (diptera: Culicidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 20(1), 141-152. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v20n1/v20n1a12.pdf>
- Quiroz-Carranza, J., Cantú-Gutiérrez, C., Quiroz, F. E., & Herrera-Vázquez, M. C. (2011). Vivienda tradicional maya, una arquitectura tradicional apropiada y apropiable. *Palapa*, 6(12), 27-40. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Luis_Mendoza-Perez/publication/303936218_El_ferrocarril_y_las_poblaciones_de_Campos_Manzanillo_y_Armeria_a_principios_del_siglo_XX/links/575ef49d08ae414b8e5481d8/El-ferrocarril-y-las-poblaciones-de-Campos-Manzanillo-y-Armeria-a-principios-del-siglo-XX.pdf#page=27
- Sánchez-Gutiérrez, F., Valdez-Hernández, J. I., Hernández-de la Rosa, P., & Beltrán-Rodríguez, L. (2018). Distribución y correlación espacial de especies arbóreas por gradiente altitudinal en la Selva Lacandona, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(54), 74-99. doi: 10.29298/rmcf.v10i54.590
- Segarra-Carmona, A. E., & Cabrera-Asencio, I. (2010). *Paratachardina pseudolobata* (hemiptera: Coccoidea: Kerriidae): a new invasive scale insect in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 94(1-2), 179-181. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113149512>
- Spontoni-do Espírito Santo, B. L., Santana, L. F., Kato, W. H., de Oliveira-de Araújo, F., Bogo, D., de Cássia-Freitas, K., ... Haidamus-de Oliveira Bastos, P. R. (2020). Medicinal potential of *Garcinia* species and their compounds. *Molecules*, 25(19), 1-30. doi: 10.3390/molecules25194513
- Villaseñor, J. L. (2004). Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75, 105-135. doi: 10.17129/botsci.1694
- Zamora, N., Jiménez, Q., & Poveda, L. J. (2004). *Árboles de Costa Rica*. Costa Rica: INBIO.

