



Review [Revisión]

El ciricote (*Cordia dodecandra* DC.): Un árbol invaluable del sureste de México †

[The ciricote (*Cordia dodecandra* DC.): An invaluable tree of southwestern Mexico]

Miriam Monserrat Ferrer, Anell del Carmen García-Romero,
María Camila Hurtado-Torres* and Oscar Omar Álvarez-Rivera

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Km 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, 97315 Mérida, Yucatán, México. Emails: mferrer@correo.uady.mx, anellgarcia25@gmail.com, maria.hurtado@correo.uady.mx, oscaralvarez.uady@gmail.com,

*Corresponding author

SUMMARY

Background. The ciricote (*Cordia dodecandra* DC.), known in Maya as *k'oopte*, is a Mesoamerican deciduous tree of biocultural relevance in southeastern Mexico, particularly within agroforestry systems. The objective of this study was to systematize and analyze the available information on its systematics, ecology, and management, in order to identify the main advances in its study. **Methodology.** A systematic review was conducted using search engines and scientific databases, compiling 87 publications (scientific articles, theses, and historical documents) related to the species. These works were grouped into seven main thematic areas: taxonomy, climatic and edaphic factors associated with its distribution, reproductive biology, population ecology in managed systems, antagonistic and positive interactions, and domestication. **Main findings.** *Cordia dodecandra* belongs to the family Cordiaceae and has five taxonomic synonyms. Its distribution is concentrated in regions with a warm subhumid climate, primarily on karstic soils in the state of Yucatán, where it occurs in dry forest fragments, forest systems, and agroforestry plots. Its adaptation to challenging edaphic conditions gives it potential for reforestation programs. Interactions have been recorded with one herbivore, one frugivore, and several foliar pathogens identified through metagenomic studies. Additionally, the species maintains beneficial associations with hymenopterans and hummingbirds that use its flowers as a resource. The species exhibits distily, which conditions fruit production, and shows low germination and recruitment rates in natural forests. In this context, agroforestry systems—particularly home gardens—act as germplasm reservoirs and play a key role in the species' domestication process. Directed selection toward larger fruits and leaves has been observed, although biological interactions remain similar to those found in wild forests. **Implications.** This review highlights the diversity of research conducted on the ciricote, mainly in Yucatán, which contributes to a better understanding of its functioning and ecological dynamics in both natural vegetation fragments and managed systems of varying intensity. **Conclusions.** Research on the ecology and management of *C. dodecandra* in southeastern Mexico underscores the importance of its management, particularly within agroforestry systems in Yucatán, which now serve as key sites for the *in-situ* conservation of this valuable species. **Key words:** agroforestry systems; ecological interactions; distily; domestication; forest remnants; traditional agroecosystems.

RESUMEN

Antecedentes. El ciricote (*Cordia dodecandra* DC.), conocido en maya como *k'oopte*, es un árbol caducifolio mesoamericano de relevancia biocultural en el sureste de México, especialmente en los sistemas agroforestales. Este estudio tuvo como objetivo sistematizar y analizar la información disponible sobre su sistemática, ecología y manejo, con el fin de identificar los principales avances en su conocimiento. **Metodología.** Mediante una revisión sistemática en motores de búsqueda y bases de datos, se recopilaron 87 publicaciones (artículos científicos, tesis y documentos

† Submitted June 23, 2025 – Accepted January 8, 2026. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6424>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = M.M. Ferrer: <http://orcid.org/0000-0003-2990-9798>; A. García-Romero: <http://orcid.org/0009-0001-8785-3043>; M.C. Hurtado-Torres: <http://orcid.org/0000-0001-6354-7757>; O.O. Álvarez-Rivera: <http://orcid.org/0000-0002-0622-8538>

históricos) relacionadas con la especie. Los trabajos se agruparon en siete temáticas principales: taxonomía, factores climáticos y edáficos, biología reproductiva, ecología poblacional en sistemas manejados, interacciones antagónicas y positivas, así como domesticación. **Hallazgos principales** *Cordia dodecandra* pertenece a la familia Cordiaceae y presenta cinco sinonimias taxonómicas. Su distribución se concentra en regiones de clima cálido subhúmedo, principalmente sobre suelos kársticos del estado de Yucatán, donde se desarrolla en fragmentos de selva, sistemas forestales y agroforestales. Esta adaptación a condiciones edáficas difíciles le confiere potencial para programas de reforestación. Se han registrado interacciones con un herbívoro, un frugívoro y diversos patógenos foliares identificados por estudios metagenómicos. A su vez, mantiene asociaciones benéficas con himenópteros y colibríes que utilizan sus flores como recurso. La especie presenta distilia, lo que condiciona la producción de frutos, y muestra baja germinación y reclutamiento en selvas. En este contexto, los sistemas agroforestales, especialmente los huertos familiares, funcionan como reservorios de germoplasma y espacios clave en su proceso de domesticación. Se ha observado selección dirigida hacia frutos y hojas de mayor tamaño, aunque las interacciones bióticas se mantienen semejantes a las de las selvas. **Implicaciones.** Esta revisión destaca la diversidad de investigaciones del ciricote, principalmente en Yucatán, que pueden servir para entender su funcionamiento y dinámica tanto en fragmentos de selvas, como en sistemas agroforestales con diferente grado de manejo. **Conclusiones.** La investigación sobre el manejo y ecología de *C. dodecandra* en el Sureste de México, destaca la importancia que tiene su manejo, principalmente en sistemas agroforestales del estado de Yucatán, que son ahora sitios en los que se mantiene en custodia esta especie. **Palabras claves:** Distilia; Distribución potencial; Domesticación; Ecofisiología; Fragmentos de selvas; Interacciones ecológicas; Sistemas agroforestales tradicionales.

INTRODUCCIÓN

Cordia dodecandra DC., es una especie perteneciente a la familia Cordiaceae. Se distribuye principalmente en Mesoamérica (Miller, 2023), sin embargo, estudios recientes evidencian una reducción en su distribución potencial en Yucatán (Cámara-Romero *et al.*, 2021), en el Sureste de México (Núñez-Piedra *et al.*, 2024) y en Veracruz (Benitez *et al.*, 2024), sobre todo ante diferentes modelos de cambio climático global. El ciricote es un árbol que pierde sus hojas en la temporada seca o durante fenómenos de sequía (caducifolio) y llega a medir hasta 12 m de altura (Figura 1). Presenta una copa redonda y densa con hojas simples, de forma redonda a acorazonadas y textura áspera, por la presencia de tricomas; sus flores en forma de embudo con 18 lóbulos son de color naranja intenso y aparecen en los meses de febrero a mayo, tras la caída de las hojas (Figura 2). Los frutos son amarillentos con forma de trompo, del tipo drupa y se presentan entre los meses de marzo y octubre (Figura 2).

Los estudios de *C. dodecandra* que se presentan en esta revisión se realizaron en el estado de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, en donde se conoce a la especie como k'oopte'o cópite, en Veracruz, donde se conoce como siricote, trompillo o cópite y en Chiapas, donde se conoce como cupapé. En los huertos familiares Mayas-Yucatecos de Yucatán, Campeche y Chiapas la especie se maneja por sus usos alimentarios, medicinales, ornamentales y como material abrasivo (Harper, 1932; Hurtado-Torres *et al.*, 2020; Neulinger *et al.*, 2013; Pacheco-May, 2017; Rico-Gray *et al.*, 1991); y en Chiapas se reporta como una especie frutal y ornamental en huertos familiares y limítrofe en cercas vivas (Jankiewicz *et al.*, 1986). También se le encuentra en sistemas forestales en plantaciones

monoespecíficas (López-Ramírez *et al.*, 2023), o multiespecíficas (López de Buen *et al.*, 2019; Montero-Solís *et al.*, 2011; Rosado-Sánchez *et al.*, 2018), sistemas silvo-pastoriles de pequeña escala (Campos-Bobadilla *et al.*, 2015; López-Ramírez *et al.*, 2023), cercas vivas (Benitez *et al.*, 2024; Jankiewicz *et al.*, 1986; López de Buen *et al.*, 2019) y en sistemas multiestrato en áreas verdes urbanas (Pérez-Medina y López-Falfán, 2015) donde se le maneja para producción de madera; y como planta de ornato en ciudades (Pérez-Medina y López-Falfán, 2015).



Figura 1. Árbol de ciricote en un huerto familiar (A) y en un fragmento de selva (B), ambos en el municipio de Tizimín, Yucatán. Fotografía: Camila Hurtado.



Figura 2. Estructuras vegetativas de ciricote (*Cordia dodecandra*). (A) Flor brevistilia; (B) flor longistilia; (C) hojas; (D) fruto maduro. Fotografía: Eli Vázquez-Solís.

En esta revisión se resumen los principales avances en el conocimiento de la taxonomía, ecología y manejo de la especie en el Sureste de México. Esta actualización es relevante porque consolida la información científica de fuentes primarias sobre el papel ecológico y biocultural del ciricote que pueden orientar estrategias de manejo y conservación de la especie, especialmente en sistemas agroforestales. La estructura de la información que se consultó en diferentes fuentes primarias se organizó en este artículo de la siguiente forma: 1) taxonomía, 2) asociación con clima y suelos, 3) biología reproductiva, 4) ecología de poblaciones 5) interacciones antagónicas 6) interacciones positivas y 7) domesticación de la especie.

METODOLOGÍA

La búsqueda de referencias bibliográficas se realizó por separado para artículos científicos, tesis y documentos históricos. Los artículos se buscaron en las bases de datos Web of Sciences y Scopus en las plataformas ISI-web of knowledge y Scopus respectivamente. Las tesis se buscaron en REMERI empleando el Indixe de tesis digitales <https://www.remeri.org.mx/tesis/> y en el catálogo en línea de tesis de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) en <https://bibliotecahub.uady.mx/>. En estas búsquedas se emplearon como palabras clave el nombre científico de la especie "*Cordia dodecandra*" para los campos del título, resumen y palabras clave sin restricción de fechas o lenguajes. Estas búsquedas se realizaron el 28 de enero de 2025. Se identificaron 45 citas de artículos de investigación en las dos plataformas que se exportaron a formato RIS. Las referencias encontradas para las tesis fueron 1 en

REMERI y 20 en el repositorio de la UADY. Para complementar la búsqueda, se revisaron repositorios de editoriales, de universidades y de sociedades académicas o escolares en internet, usando como motor de búsqueda Google Académico. Esta búsqueda se realizó empleando los términos "*Cordia dodecandra*" y "management" y en una segunda búsqueda para trabajos en español "*Cordia dodecandra*" y "manejo". En cada búsqueda se adicionaron las cadenas -archaeology -metabolites -congress -simposia- symposium -report -conference- memories -proceedings y en español -arqueología -metabolitos -congreso -simposio -informe -conferencia. Con estas cadenas se buscó incluir los trabajos en los que se documentara el manejo de la especie, excluyendo los registros arqueológicos y trabajos de fisicoquímica de la especie, así como publicaciones de memorias de congresos y/o simposios e informes técnicos. Un total de 171 resultados de la búsqueda de Google se analizaron y se incluyeron 15 referencias adicionales de artículos y tesis, obteniendo las referencias en formato RIS. La información taxonómica se complementó con una revisión de documentos históricos (libros) resguardados en formato digital en el archivo de Biodiversity Heritage Library (<https://www.biodiversitylibrary.org>) empleando los términos "*Cordia*", "*dodecandra*", "Mexico" publicados entre 1845 y 1945. Se revisaron los 95 registros y al eliminar duplicados y obras que no correspondían a México, se añadieron otras seis referencias. Se importaron las referencias al programa Endnote v. 21.5. y se eliminaron referencias duplicadas usando la función búsqueda de duplicados, y, de manera manual para referencias que contenían nombres abreviados de revistas para la misma publicación. Tras la lectura del resumen de las referencias se eliminaron 29 referencias de artículos y 2 de tesis que correspondían a trabajos en los que la especie solo se mencionaba como un componente de la vegetación, en países en los que la especie fue introducida o en evaluaciones fitoquímicas de la especie. La base de datos final contiene 87 registros de las cuales se lograron consultar 75.

Para el análisis bibliométrico se emplearon 74 referencias (excluyendo los documentos relacionados con la taxonomía de la especie). Se obtuvo un histograma de frecuencias de tesis, artículos y capítulos de libros por año de publicación y se elaboró una red de interacciones de instituciones, el cual se generó utilizando el programa VOSviewer 1.6.17 (van Eck y Waltman, 2010). El tipo de análisis realizado fue el de coautoría, considerando como unidad de análisis las afiliaciones. Se empleó el método de conteo completo "full counting" y se consideraron todos los documentos (sin limitar el número máximo de afiliaciones), estableciendo un mínimo de un documento por organización.

RESULTADOS

Análisis bibliométrico de *Cordia dodecandra*: estudios del ciricote en Yucatán

En la figura 3 se destaca que hasta el año 2017 el número de publicaciones se mantuvo constante, sin embargo, se observó un incremento a partir de 2021. La mayoría de los documentos corresponden a artículos científicos (69% de los trabajos), le siguen las tesis de licenciatura, maestría y doctorado (28 %) y solo un 4% fueron artículos de difusión capítulos de libro y/o editoriales.

En la red de interacción se pueden identificar 32 afiliaciones (nodos) que se agruparon en 7 clústeres (Figura 4). Las instituciones del clúster 1, representan la mayor parte de las publicaciones (51) (considerando el número de documentos por institución), los clústeres 3 y 2 presentan 10 y 23 publicaciones y el resto de los clústeres menos de 6. Los clústeres 1, 4, 5, 6, y 7 son de publicaciones en Yucatán, y los clústeres 2 y 3 de las publicaciones en Quintana Roo, Veracruz, Campeche y Chiapas. El CCBA-UADY (nodo azul del clúster 1) es la principal institución que genera publicaciones relacionadas con esta especie en el estado de Yucatán y Quintana Roo, en co-autoría con otras instituciones como la UNAM, CICY, ECOSUR, Facultad de Química-UADY, el Instituto Tecnológico de Conkal, principalmente y pocas con instituciones extranjeras de los clústeres 4, 6 y 7. Los trabajos realizados fuera de Yucatán (clústeres 2 y 3) se hicieron en coautoría de 12 instituciones, principalmente los centros de investigación, CICY, COLPOS y ECOSUR e incluyendo solo una universidad local (Universidad Veracruzana).

En las siguientes secciones presentamos un análisis de los trabajos que se enfocan al estudio del manejo y

ecología de la especie que realizaron estas instituciones, en el caso de que los resultados de las tesis se presentarán en un artículo de investigación, se usó el último como fuente primaria de información.

Taxonomía de *Cordia dodecandra*: el ciricote como especie

La descripción de la especie *Cordia dodecandra* fue incluida en el volumen 9 del Tratado introductorio a la sistemática del reino vegetal (De Candolle, 1845) y la descripción del ejemplar tipo se basó en un dibujo -placa 874- de José Mociño (Figura 5) y un ejemplar de herbario que se conserva en Madrid (De Candolle *et al.*, 1874). En este tratado, Alphonse De Candolle incluye a la especie en el orden Boragineae, tribu Cordieae, familia Cordiaceae, género *Cordia* y sección Sebestenata. Posteriormente, se incluyó a *Cordia dodecandra* en la sección *Cordia* del género, basado en evidencia de la reticulación del polen (Miller y Nowicke, 1989). Existen 4 sinónimos aceptados para la especie, de acuerdo World Flora Online (2024): 1) *Cordia angiocarpa* A. Rich.; 2) *Lithocardium angiocarpum* (A. Rich.) Kuntze; 3) *Lithocardium dodecandrum* Kuntze; y 4) *Plethostephia angiocarpa* Miers y otros dos más mencionados por Miller (2023): *Cordia heccaidecandra* Loesener y *Cordia dodecandria* Sessé and Moc. A partir del año 2016, se reconoce a la familia Cordiaceae como un grupo monofilético del orden de las Boraginales (Luebert *et al.*, 2016; Miller, 2023), aunque en los listados de especies en línea para la flora mundial se le sigue incluyendo en Boraginaceae (World Flora Online, 2024). La familia Cordiaceae se integró con la Asperifoliaceae (cf. Millspaugh, 1895; Miller, 2023) y se incluyó en la familia Boraginaceae s. l. en la mayoría de las delimitaciones familiares del orden Boraginales (Johnston, 1930, World Flora Online, 2024).

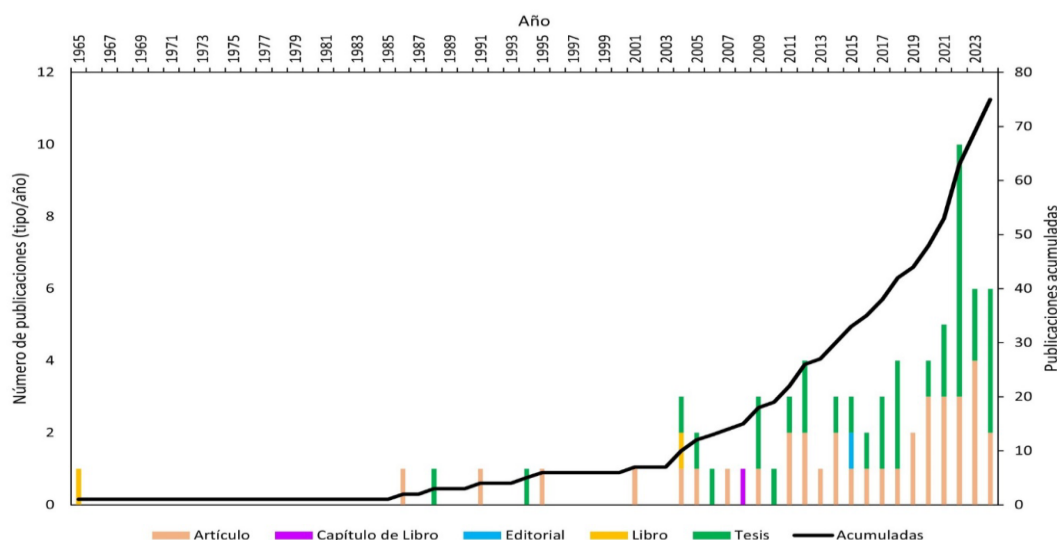


Figura 3. Publicaciones por tipo y año enfocadas al estudio del ciricote (*Cordia dodecandra*).

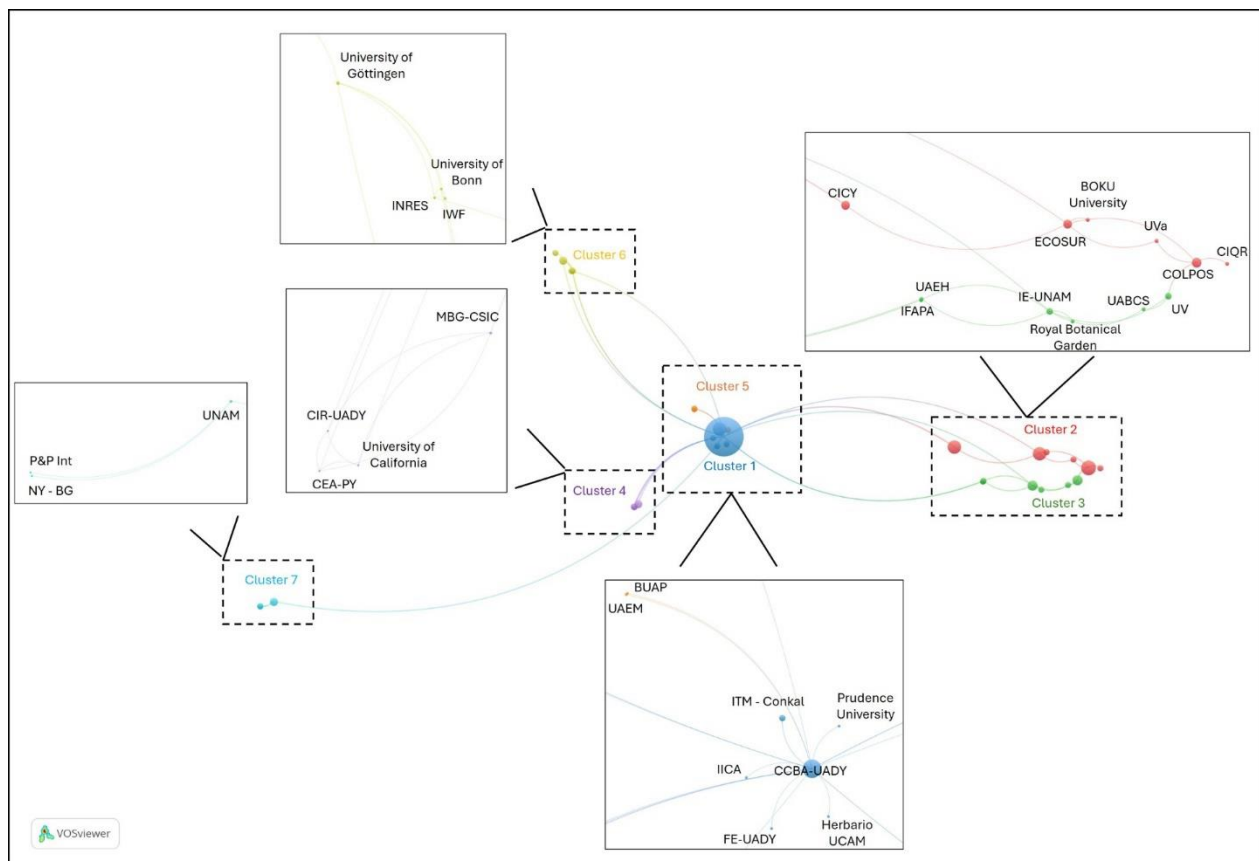


Figura 4. Mapa de interacciones de instituciones que generaron publicaciones enfocadas al estudio del ciricote (*Cordia dodecandra*) en el estado de Yucatán. La interacción se da cuando al menos se presenta una co-autoría y el tamaño del círculo representa el número de publicaciones, de acuerdo con el programa VOSviewer (van Eck y Waltman, 2010).

La descripción de la especie que realizó Augustin Pyramus De Candolle es: “ramas lisas, hojas pecioladas ampliamente ovaladas, obtusas y completas con prominulos blancos glabros debajo de las nervaduras, peciolo veloso, inflorescencia rojiza vellosa, cáliz ovalado dentado-6 glabro, corola infundibuliforme con el tubo del doble de largo con 12 lóbulos óvalo-oblongos, estambres doce incluidos en dos series divididas. En México, en la playa de Alvarado, nombre común *copito*. Florece en agosto, corola intensamente dorada. Fruto ovado-globoso comestible preservado en azúcar” (traducción Miriam M. Ferrer, De Candolle, 1845, sp. 33 p. 478). Posteriormente, la descripción de la especie se presenta en Flora de México (Sessé y Mociño, 1887), Árboles de México (Standley, 1926), Árboles tropicales de México (Pennington y Sarukhan, 1968) y Flora Mesoamericana (Miller, 2012; p. 297). Se pueden encontrar varias monografías en línea de la especie, sin embargo, debe considerarse que las descripciones y resultados que se presentan se basan en fuentes secundarias, por lo que deben revisarse las referencias que se presentan en ellas para evitar citar resultados de especies sinónimas, u otras especies (<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/c>

abicompendium.15371#body-ref-ref-1,
<https://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Cordia+dodecandra>,
<https://agclass.nal.usda.gov/vocabularies/nalt/concept?uri=https%3A//lod.nal.usda.gov/nalt/132997>.

Factores climáticos y edáficos asociados con la distribución de *Cordia dodecandra*: el paisaje del ciricote

El ciricote se considera un elemento florístico de las selvas medianas y selvas bajas caducifolias (Benítez *et al.*, 2024; Colunga-García Marín y Zizumbo-Villarreal, 2004; Miller, 2012), con registros de herbario en Veracruz, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, con una alta densidad de observaciones en la Península de Yucatán (Núñez-Piedra, *et al.*, 2024). Las regiones en las que se han registrado poblaciones silvestres de *C. dodecandra* presentan rangos altitudinales de 0-900 m s. n. m. con climas cálidos sub-húmedo -Aw-(Aw₀ y Aw₁) (Benítez *et al.*, 2024; Cámara *et al.*, 2021; Núñez-Piedra *et al.*, 2024), de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada para México por García (1973). En la Península de Yucatán está ausente de la franja con climas cálidos

semiáridos BS (Figura 6). Aunque, a nivel global, se considera que la especie tiene bajo riesgo de extinción de acuerdo con la extensión en la que la especie se distribuye (Miller, 2023), los trabajos con modelos de distribución de la especie que incluyen datos climáticos, edáficos de vegetación y proyecciones de cambio climático global sugieren que la especie tendrá una reducción en el área de distribución como efecto a una baja tolerancia a cambios en la precipitación y la temperatura. Cámara-Romero *et al.*, (2021) encontraron que la distribución actual de la especie está restringida, en mayor medida, por el cambio del uso del suelo en Yucatán y que la distribución potencial de la especie en Yucatán está condicionada por la precipitación pluvial del mes más húmedo, la precipitación del trimestre más húmedo (agosto-octubre) y la precipitación anual. La información se generó de acuerdo con un modelo de distribución de especies que consideró estas variables, junto con otras doce relacionadas con temperatura, humedad, geomorfología, tipos de suelo y vegetación. En otro estudio basado en datos de distribución de *C. dodecandra* en el sureste de México se reportó que la precipitación del trimestre más húmedo de julio a septiembre y la del trimestre más frío del año de noviembre a enero afectan la distribución de la especie y que, potencialmente, el área de distribución de la especie disminuirá en un 13.52% para el 2040 empleando un modelo de cambio climático global CMIP6 que contempló un incremento de las emisiones de gases invernadero del 2021 al 2040 (Núñez-Piedra *et al.*, 2024). Benítez *et al.*, (2024) también sugieren que la especie tendrá una reducción en su área de distribución actual en Veracruz de 14.4% en el año 2070 si las emisiones de gases de efecto invernadero alteran el balance de energía global en 4.5Wm^2 y hasta 44% si es de 8.5Wm^2 .

En los trabajos revisados, solamente se reportan ubicaciones de los sitios de estudio para el estado de Yucatán y de Quintana Roo. En el estado de Yucatán los estudios se han realizado en sistemas agroforestales, huertos familiares, vegetación secundaria y plantaciones urbanas en 14 localidades que, al compararse con los 79 puntos reportados en Cámara *et al.*, 2021, se encuentran solo en 10 municipios el suroeste y noreste del estado de Yucatán (Figura 6).

Los suelos dominantes de las localidades en que se ha registrado a *C. dodecandra* son Leptosols, Cambisols, Phaeozems, Luvisols, Vertisols y asociaciones entre éstos (Figura 7). Solo se han caracterizado con parámetros físico-químicos los suelos para las localidades de Rancho Los Juanes (Xmatkuil), las de Tixcancal, Rancho San Miguel, Catmís y Pistekal, ubicadas al norte y sur del estado de Yucatán. Se encontró que la especie *C. dodecandra* se desarrolla en suelos que varían desde moderadamente ácidos hasta

medianamente alcalinos, con pH de 6.46 a 7.39 y de texturas francas hasta arcillosas (Estrada-Medina *et al.*, 2023; López-Ramírez *et al.*, 2023). El contenido de carbono orgánico en los suelos que se desarrolla el ciricote varía de alto (6.2 a 6.4 %) en plantaciones de monocultivo y huertos a muy alto 10.5 % en selvas, y hasta un 17.6% en plantaciones silvopastoril. El nitrógeno total es muy alto en las localidades donde se distribuye la especie en Yucatán (0.6 a 1.7 %). El contenido de potasio tiene una gran variación que va desde bajo en las selvas del oriente, específicamente en Tizimín (0.08 cmol kg^{-1}) hasta alto en los huertos de Tizimín y las selvas y huertos de la zona sur del municipio de Tzucacab ($0.30, 0.25, 0.25\text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente) y muy alto en las plantaciones monocultivo y el sistema agrosilvopastoril. El fósforo presentó también una gran variación, fue deficiente en la plantación monocultivo, bajo en las selvas de Tizimín (1.89 mg kg^{-1}), medio en las selvas de Tzucacab (8.48 mg kg^{-1}) y muy alto en los huertos ($>30\text{ mg kg}^{-1}$). En resumen, *C. dodecandra* se encuentra en sitios con condiciones climáticas y edáficas variables, y por su cultivo en diferentes sistemas forestales, por lo que es un elemento presente de manera constante en paisajes antropizados.

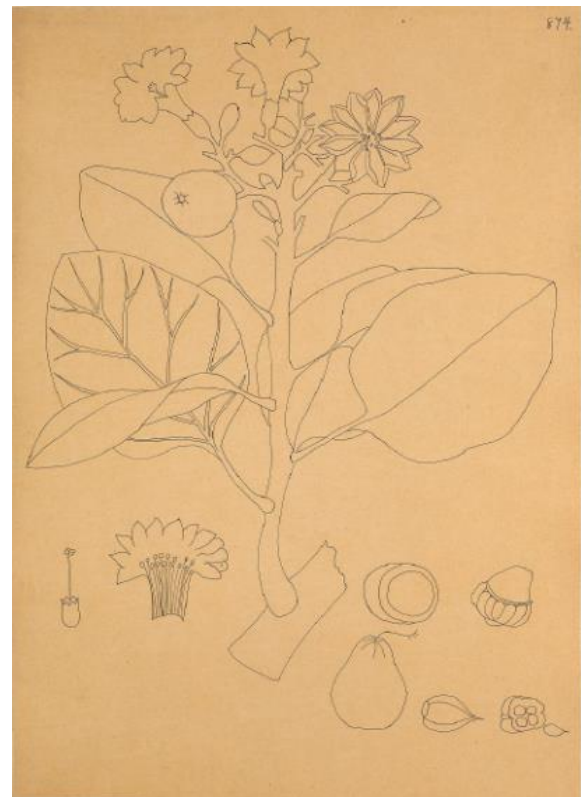


Figura 5. Dibujo de *Cordia dodecandra* (placa 874) incluido en *Calques des dessins de la Flore du Mexique*, de Mocino et Sesse qui ont servi de types d'Especes dans le sistema ou le prodromus (De Candolle *et al.*, 1874).

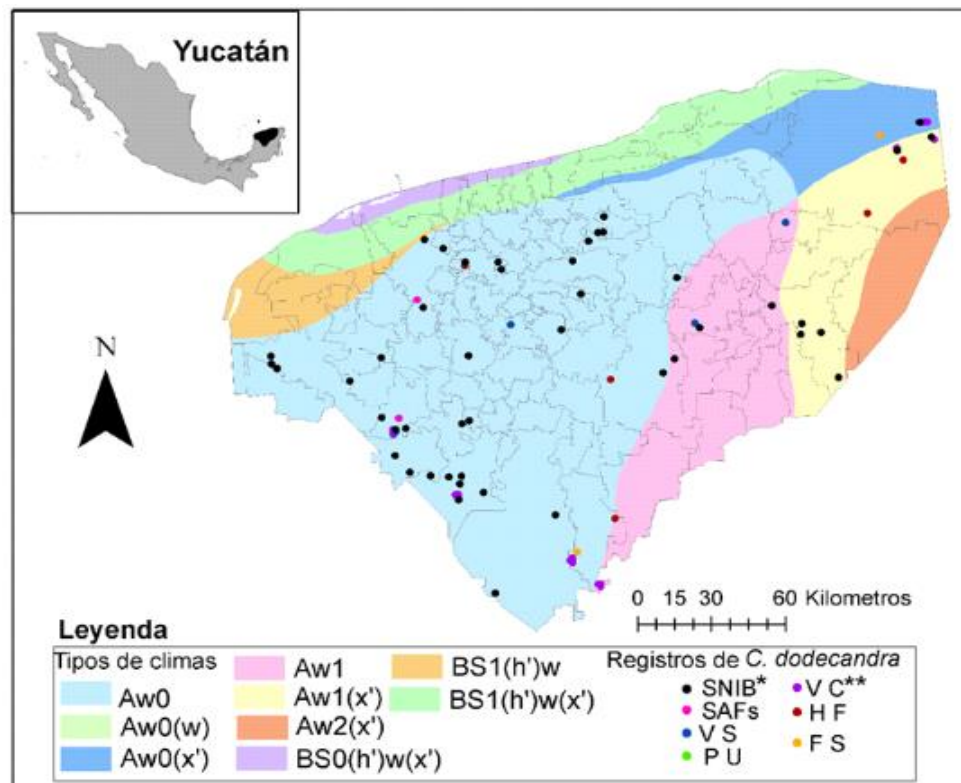


Figura 6. Distribución de *Cordia dodecandra* en regiones climáticas del estado de Yucatán. Elaboración propia, a partir de los archivos cartográficos del continuo nacional de las Unidades climáticas de México (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2008) basados en la modificación en la clasificación Köopen realizada por García (1973). Siglas: Aw0 = cálido subhúmedo (el más seco de los subhúmedos); Aw0(w) = cálido subhúmedo (el más seco de los subhúmedos) con lluvias en verano (lluvia invernal entre 5 y 10.2%); Aw0(x') = cálido subhúmedo (el más seco de los subhúmedos) con lluvias intermedias entre verano e invierno (lluvia invernal >18%); Aw1 = cálido subhúmedo (intermedio de los subhúmedos); Aw1(x') = cálido subhúmedo (humedad intermedia) con lluvias intermedias entre verano e invierno (lluvia invernal >18%); Aw2(x') = cálido subhúmedo (el más húmedo de los húmedos) con lluvias intermedias entre verano e invierno (lluvia invernal >18%); BS0(h')w(x') = semiáridos (el más seco de los BS) cálido con lluvias intermedias entre verano e invierno (lluvia invernal >10.2%); BS1(h')w = semiáridos (el menos seco de los BS) cálido con lluvias en verano (lluvia invernal entre 5 y 10.2%); BS1(h')w(x') = semiáridos (el menos seco de los BS) cálido con lluvias intermedias entre verano e invierno (lluvia invernal >10.2%). Registros de *C. dodecandra* = SNIB = Sistema Nacional de Datos de Biodiversidad, SAFs = Sistemas Agroforestales, VS = Vegetación Secundaria, PU = Plantación Urbana, VC = Verificaciones en Campo, HF = Huertos familiares y FS = Fragmentos de selva. Notas: * Registro de *C. dodecandra* del Sistema Nacional de Datos de Biodiversidad (SNIB) curados por Cámara-Romero *et al.*, (2021) y ** verificaciones en campo para un modelo predictivo de la distribución de la especie realizados por Cámara-Romero *et al.*, (2021).

Biología reproductiva de *Cordia dodecandra*: distilia en flores y producción de fruto del ciricote

El ciricote es una especie distíllica, es decir tiene dos morfos florales que se encuentran en individuos diferentes, el primero se caracteriza en que el pistilo es más largo que las anteras -morfo largo- y el segundo debido a que las anteras son más largas que el pistilo -morfo corto- (Figura 2). En plantaciones de la ciudad de Mérida se registró que la hercogamia de la especie es recíproca, es decir que la separación entre anteras y estigma – hercogamia del morfo corto es de la misma magnitud de la que tienen en el morfo largo (Canché-

Colí y Canto, 2014). Para que se produzcan los frutos, se requiere que la polinización se realice entre flores de diferentes morfos (formas de las flores) o el polen no germinará o no crecerá en el estilo, por lo que la fertilización de la especie es cruzada (requiere que la polinización sea entre flores de árboles con diferentes morfos) y se considera que la especie es incompatible, porque las flores del mismo árbol no se pueden polinizar (Vázquez-Solís, 2022). Las flores del morfo floral largo producen menos néctar, el cual tiende a ser más azucarado que el de las flores del morfo corto (Vázquez-Solís, 2022); y estas variaciones pueden influir en la diversidad de bacterias y hongos que

alberga el néctar, con un efecto potencial en los polinizadores que visitan las flores (Franco-Cureño, 2023). Debido a la presencia de este sistema reproductivo, es importante la presencia conjunta de árboles de morfo corto y largo en el mismo sitio para la producción de frutos, por lo que se considera que la producción de frutos puede estar limitada.

Ecología poblacional de *Cordia dodecandra*: manejo en sistemas agroforestales y forestales

Cordia dodecandra es manejada en distintos sistemas forestales y agroforestales, tanto en poblaciones de fragmentos de selvas como en plantaciones. En los huertos familiares, *C. dodecandra* es una especie estructural que se maneja junto con animales y plantas que proveen múltiples beneficios a las familias que los manejan (Hurtado-Torres et al., 2020; Neulinger et al., 2013; Pacheco-May, 2017; Rico-Gray et al., 1991). En

Yucatán, la especie se maneja en sistemas agrosilvopastoriles, e interacciona con especies como *Brosimum alicastrum* Sw., *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg., y cactáceas (Campos-Bobadilla et al., 2015) o *Bixa orellana* L., (Reuter et al., 2018). También, se encuentra en plantaciones forestales diversificadas con especies como *Swietenia macrophylla* King., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., y *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. (Rosado-Sánchez et al., 2018). En las plantaciones forestales diversificadas de Veracruz, la especie crece con *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Brosimum alicastrum*, *Cedrela odorata* L., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*, entre otras (Montero-Solis et al., 2011) o con *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., *Guazuma ulmifolia*, *Diphysa robinoides* Benth., y *Caesalpinia cacalaco* Bonpl., (López-de Buen et al., 2019).

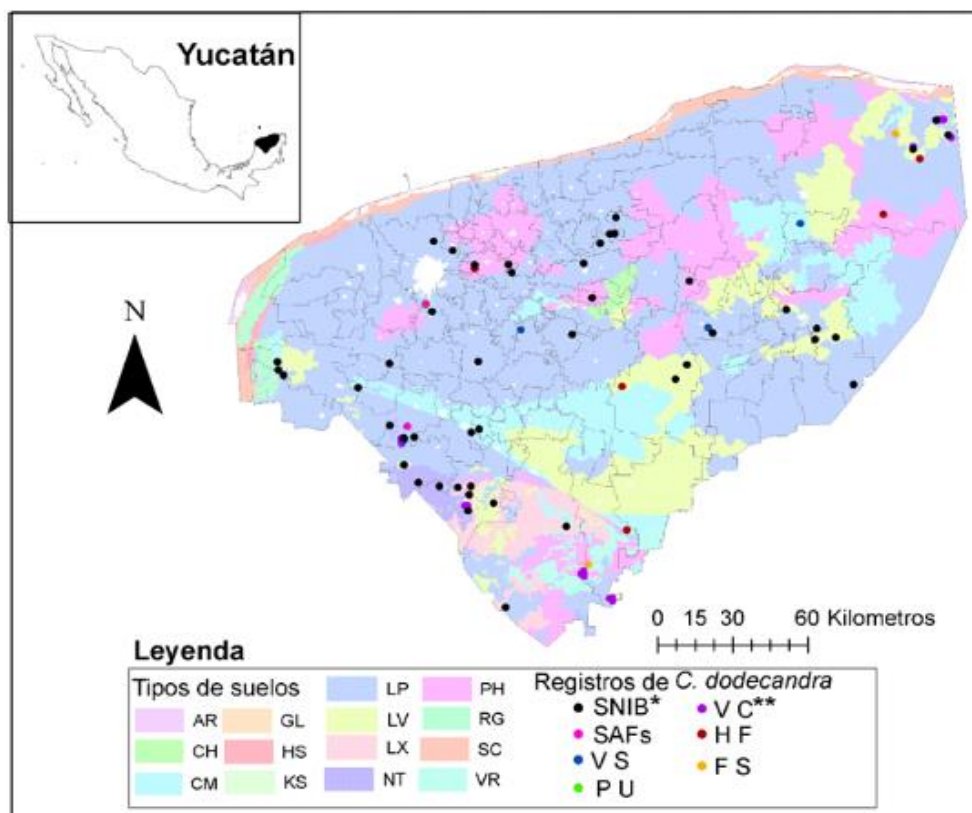


Figura 7. Distribución de *Cordia dodecandra* en suelos el estado de Yucatán. Elaboración propia, a partir de los archivos cartográficos del continuo nacional de grupos de suelos (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2007). Siglas: Tipos de suelos: AR = Arenosols, CH = Chernozems, CM = Cambisols, GL = Gleysols, HS = Histosols, KS = Kastañosols, LP = Leptosols, LV = Luvisols, LX = Lixisols, NT = Nitisols, PH = Phaeozems, RG = Regosols, SC = Solonchaks y VR = Vertisols. Registros de *C. dodecandra* = SNIB = Sistema Nacional de Datos de Biodiversidad, SAFs = Sistemas Agroforestales, VS = Vegetación Secundaria, PU = Plantación Urbana, VC = Verificaciones en Campo HF = Huertos familiares y FS = Fragmentos de selva. Notas: * Registro de *C. dodecandra* del Sistema Nacional de Datos de Biodiversidad (SNIB) curados por Cámara-Romero et al., (2021) y ** verificaciones en campo para un modelo predictivo de la distribución de la especie realizados por Cámara-Romero et al., (2021).

En los fragmentos de selvas de Yucatán y Quintana Roo que tienen manejo forestal, la mayor parte de los individuos de la especie son adultos (Hurtado-Torres *et al.*, 2020), que se encuentran a bajas densidades de entre 1 a 20 individuos/ha (Macario-Mendoza *et al.*, 1995; Snook *et al.*, 2021; Toledo-Aceves, *et al.*, 2009). Las plántulas y juveniles se encuentran en bajas densidades en los fragmentos de la selva en Yucatán 20 individuos/ha (Hurtado-Torres *et al.*, 2020), lo que parcialmente se explicaría por la viabilidad casi nula de las semillas de árboles en selvas (Cetina-Batún, *et al.*, 2024). La presencia de sitios favorables para el crecimiento de las plantas es otro factor a considerar, debido a que los juveniles crecen mejor cuando tienen mayor radiación solar (Yam-Chin *et al.*, 2014) y pueden tener una competencia asimétrica con especies que están en doseles superiores del bosque (Sorensen, 2009). Esta característica podría explicar porque al incrementarse el tamaño de los claros, por ejemplo, en caminos empleados para el arrastre de troncos se pueden encontrar densidades de hasta 262 plántulas/ha, mientras que la presencia de plántulas y juveniles de claros pequeños realizados con maquinaria, quema o por caída de ramas en fragmentos de selva manejados en Quintana Roo son muy bajas (1 a 3 individuos/ha) inclusive después de 11 años de realizarse el aclareo (Snook *et al.*, 2021). Los resultados de los estudios en las selvas sugieren que el reclutamiento de plántulas puede comprometer el crecimiento de la especie, que depende en gran medida de la apertura de claros, y que el manejo forestal favorecería el reclutamiento de nuevos individuos. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que, adicionalmente, a un bajo reclutamiento, la alta extracción de árboles adultos que se venden como madera (Hurtado-Torres *et al.*, 2020), comprometen la conservación de la especie en las poblaciones silvestres.

Por otro lado, en los huertos familiares las semillas tienen entre un 20% y 60% de germinación (Cetina-Batún, *et al.*, 2024), y en condiciones de invernadero pueden llegar a germinar hasta el 95% de las semillas en 21 días (Dzib-Castillo *et al.*, 2012) y las plántulas son muy frecuentes, encontrándose en densidades de más de 200 individuos/ha (Hurtado-Torres *et al.*, 2020). Sin embargo, quienes cuidan los huertos eliminan las plántulas al deshierbar y/o limpiar sus terrenos limitando de esta forma el reclutamiento de nuevos individuos (Hurtado-Torres *et al.*, 2020). En los huertos familiares en Yucatán, los árboles del ciricote presentan troncos más gruesos y una menor altura en comparación con los de la selva colindante, donde su porte es alto y delgado (Hurtado-Torres *et al.*, 2020) (Figura 1). Adicionalmente, en Tizimín, municipio de Yucatán, se observa una mayor producción y una permanencia más larga de las hojas, las flores y los frutos en los árboles de los huertos familiares que en aquellos que se encuentran en la

selva (Grajales-Puc, 2018), lo que también se observa en sistemas silvopastoriles en los que la especie recibe riego adicional (Campos-Bobadilla *et al.*, 2016). Estos cambios en la fenología, producción de frutos, altura y ancho del tronco, pueden asociarse con el manejo de la especie en los huertos de este municipio. La quema de hojarasca libera nutrientes al suelo, el riego que a veces se realiza con aguas que son producto del lavado de la casa y la ropa, son ricas en nutrientes, principalmente fósforo (Estrada-Medina *et al.*, 2023). En cultivo las plántulas y árboles pueden crecer con riego mínimo (Campos-Bobadilla *et al.*, 2015; Luna-Flores *et al.*, 2012; Reuter *et al.*, 2008), y se ve beneficiada en altura cuando tiene poca competencia con otras especies y predomina la luz solar (Montero-Solis *et al.*, 2011). Incluso, puede tener una mayor eficiencia en el uso del agua y de los recursos que tiene a su disponibilidad que otras dos especies frutales: la anona (*Annona squamosa* L.) o el sapote (*Manilkara zapota* (L.) van Royen (Benjamin *et al.*, 2001). Se le considera una especie regenerativa porque, además, puede crecer en suelos someros y pedregosos (Reuter *et al.*, 2008; Yam-Chin *et al.*, 2014), aunque el agua y nutrientes como el P, K y Mn siguen siendo limitantes para su crecimiento (Reuter *et al.*, 2008). Dado que en los huertos hay más frutos con semillas viables, una opción para contrarrestar el crecimiento poblacional limitado en las selvas, podría ser el empleo plántulas de estos agroecosistemas en programas de restauración en selvas y áreas verdes urbanas y periurbanas.

Interacciones antagónicas con *Cordia dodecandra*: el ciricote bajo ataque

Las interacciones antagónicas que afectan a *C. dodecandra* incluyen el ataque de insectos herbívoros que consumen sus estructuras foliares y reproductivas. Se ha documentado que las hojas y frutos de esta pueden ser consumidos por las larvas del escarabajo tortuga *Eurypepla brevilineata* Boheman, 1854 (Figura 8). Rosado-Sánchez *et al.* (2018) observaron que, en plantaciones forestales en el municipio de Lázaro Cárdenas, Quintana Roo, la herbivoría causada por estas larvas disminuye cuando el ciricote se establece junto con diversas especies arbóreas nativas de la selva, y que el daño foliar no supera el 20% del área total de las hojas. En contraste, Reuter (2005) reportó un consumo de hasta el 60% del follaje en plántulas de *C. dodecandra* y ausencia de daño en las especies acompañantes durante uno de los tres años de estudio, lo que sugiere que el establecimiento del ciricote en sistemas agroforestales donde la especie es dominante podría verse comprometido en años con explosiones poblacionales de este insecto. Pastrana-Cervantes (2023), encontró que la herbivoría en la especie es baja en las selvas y huertos familiares de los municipios de Tizimín y Tzucacab, Yucatán (menor al 2%). Es probable que la baja densidad de la especie en las selvas y huertos familiares, y la presencia de una

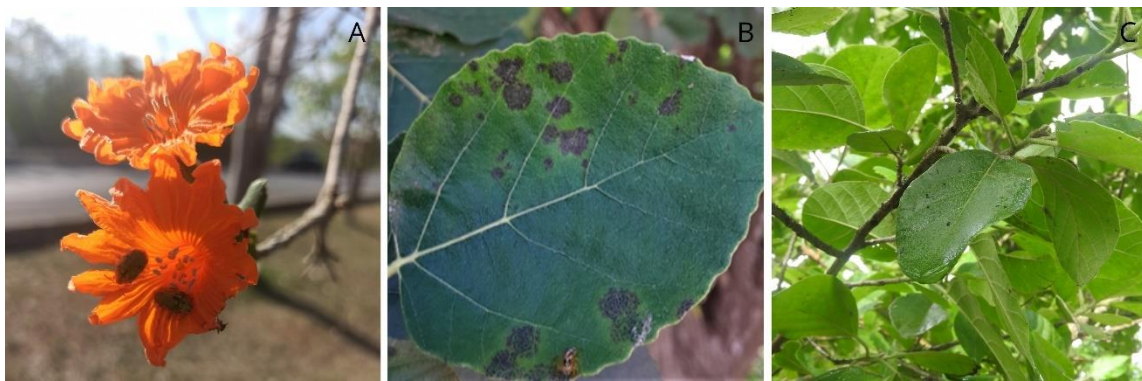


Figura 8. Interacciones negativas y positivas con *Cordia dodecandra*. Artrópodos asociados con flores - *Eurypepla brevilineata* – herbívoro (panel izquierdo) y *Frigga pratensis* (Peckham & Peckham, 1885) - depredador de insectos (panel central). Hoja con daño fúngico evidente y hojas sin daño (panel derecho), con herbivoría (panel derecho). Fotografías: Eli Vázquez Solís, Miriam Ferrer y Camila Hurtado

gran diversidad de especies nativas e introducidas en huertos familiares (Hurtado-Torres *et al.*, 2020) o en plantaciones forestales disminuya el ataque de insectos masticadores y chupadores (Abdala- Roberts *et al.*, 2023). Por otro lado, algunos hongos que se almacenan y crecen dentro de las hojas -endófitos foliares- podrían ocasionar enfermedades como antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc), manchas foliares (*Strelitziana* spp. y *Neostrelitziana* spp.) y gomosis de cítricos (*Cyphellophora* sp.), lo que coincide con los tipos de daño fúngico más frecuentes en los huertos familiares de Tzucacab (Pastrana-Cervantes, 2023). En los huertos familiares de los municipios de Tizimín y Tzucacab estas especies de hongos están enriquecidas en comparación con las de la selva colindante, por lo que podría considerarse que ahora la especie es un reservorio de estos patógenos (May-Mutul *et al.*, 2022) (Figura 5).

Existen también reportes, de que los frutos de la especie son hospederos de *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835) en 5 municipios de Quintana Roo con una infestación de alrededor de 18 larvas por kg de frutos (Sosa-Armenta *et al.*, 2015), pero no se encontraron larvas de esta especie o especies co-genéricas en el Soconusco, Chiapas (Aluja *et al.*, 1987). Los estudios revisados sugieren que la especie puede sufrir herbivoría de manera denso-dependiente y que es un reservorio potencial de hongos patógenos y/o insectos considerados plagas en otros cultivos, aunque estos causen un daño bajo en la especie.

Interacciones positivas con *Cordia dodecandra*: el ciricote como refugio y recurso

El ciricote es un recurso importante para la entomofauna, tanto como fuente de néctar y polen (Figura 2), como en interacciones complejas en las que artrópodos depredadores y parasitoides se asocian con

la planta (Figura 8). Se sabe que, en los huertos familiares y la selva del municipio de Tizimín, Yucatán, durante la época de floración (enero-mayo) se asocian al ciricote hasta 20 especies de mariposas de la familia Nymphalidae (Uicab-Uicab, 2022) e himenópteros de al menos 29 familias diferentes (como las familias Apidae y Vespidae) con una abundancia relativamente alta (Alcalá-Kauil, 2022) (Figura 9).



Figura 9. Flor de *Cordia dodecandra* con *Nannotrigona perilampoides* (Cresson, 1879). Fotografía: Eli Vázquez-Solís.

Durante la época de floración, las flores del ciricote son un recurso central para los colibríes *Chlorostilbon canivetii* (Lesson, 1832), *Amazilia yucatanensis* (S. Cabot, 1845) y *Amazilia. rutila* (Delattre, 1843) en vegetación secundaria del municipio de Homún, Yucatán (Martínez-García *et al.*, 2020).

Por otra parte, las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) son los insectos más abundantes en asociación con el ciricote en el municipio de Tizimín,

Yucatán (Alcalá-Kauil, 2022). Se ha propuesto también que las hojas del ciricote pueden brindar refugio a 18 especies de arañas tejedoras, en particular a *Leucage venusta* (Walckenaer, 1841) y *Araneus pigmea* (Walckenaer, 1841) que usa las hojas para esconderse y protegerse de depredadores en las plantaciones forestales de Lázaro-Cárdenas (Esquivel-Gómez *et al.*, 2017). Estos insectos pueden proteger a la especie contra potenciales herbívoros, pero se vuelven un potencial recurso para avispas parasitoides y depredadoras (Ichneumonidae, Vespidae, Pompilidae y Braconidae) que son muy abundantes en asociación con el ciricote en huertos y selva del municipio de Tizimín (Alcalá-Kauil, 2022) y de Tzucacab, Yucatán (Hernández-González, 2024). Aunque se requieren más trabajos en la identificación de las especies de estas familias, se sabe, que la familia Braconidae puede ser muy diversa en sitios donde crece el ciricote con cerca de 385 morfoespecies de 55 y 37 géneros diferentes en las selvas y huertos familiares del municipio de Tizimín, Yucatán respectivamente (Chávez-Marfil, 2022). Las interacciones múltiples que mantienen con diversos grupos de artrópodos requieren seguirse estudiando (Figura 8).

A nivel microscópico, las raíces y hojas del ciricote, mantienen asociaciones positivas con un gran número de bacterias y hongos, lo que los hace microambientes hiperdiversos. Empleando un enfoque metagenómico - análisis del DNA de las comunidades de microorganismos- en árboles de huertos familiares y selva de los municipios de Tizimín y Tzucacab se encontraron 618 y 1095 especies potenciales de bacterias y hongos dentro de las hojas y raíces de la especie (May-Mutul *et al.*, 2022). En plantaciones de un sistema forestal y uno silvopastoril dentro de una subcomisaria de la ciudad de Mérida, Yucatán, López-Ramírez *et al.*, (2023) encontraron entre 155 y 234 órdenes de bacterias y entre 35 y 59 de hongos en el suelo y las raíces de la especie para muestreos en época de sequía y lluvias. Estas asociaciones son benéficas para el ciricote porque las bacterias más abundantes en las raíces y las hojas pueden estar involucradas en la adquisición de nutrientes, crecimiento de las plantas y prevención de enfermedades (May-Mutul *et al.*, 2022; López-Ramírez, *et al.*, 2023) y se han registrado 6 especies con potencial diazotrofo (López-Garrido, 2024). Los hongos endófitos en las hojas de la especie pueden estar en un estado latente, porque el daño fúngico que sufren es de entre 6.8 % y 13.2 % del área foliar en los huertos familiares y selvas de los municipios de Tizimín y Tzucacab, en Yucatán (Pastrana-Cervantes, 2023) y el crecimiento de estos puede activarse cuando las hojas caen ayudando en la degradación de la materia orgánica (May-Mutul *et al.*, 2022).

Durante la descomposición de la hojarasca, tanto las

bacterias como los hongos del suelo asociados al ciricote, podrían ayudar a la liberación de nutrientes en las plantaciones y el sistema silvopastoril del municipio de Mérida, Yucatán (Basteris-Piña, 2024; López-Ramírez, *et al.*, 2023; Tun-Flores, 2023). Es importante destacar que, en los huertos familiares y las selvas de Tizimín y Tzucacab, las tasas de descomposición de materia orgánica y nutrientes fue similar (Tun-Flores, 2023), a pesar de que existen algunas diferencias en las comunidades de hongos y bacterias entre estos sitios (May-Mutul *et al.*, 2022) y en las condiciones de suelo y clima de ambos (Estrada-Medina *et al.*, 2023).

Domesticación de *Cordia dodecandra*: el ciricote en el huerto familiar Maya

El ciricote es una especie que, junto con otras especies multipropósito, ha sido domesticada en los huertos familiares desde tiempos precolombinos (Colunga-García Marín y Zizumbo-Villarreal, 2004) y se considera que fue un elemento importante en los sistemas de producción de las ciudades mayas de Uxmal y Chichén-Itzá en Yucatán (Ancona-Aragón *et al.*, 2012). El ciricote tiene un gran valor biocultural entre los Mayas de la península. El primer registro del uso de la especie fue el alimenticio, con el cocimiento del fruto para la preparación del “dulce de ciricote” (De Candolle, 1845); la corteza y hojas como medicina para enfermedades respiratorias; su madera en la fabricación de muebles; e incluso sus hojas para lavar trastes (Standley, 1926). En las comunidades de Tixcacal y Tixpeual en Yucatán, el ciricote tiene uso alimenticio, medicinal, maderable, artesanal, construcción, combustible, melífero, y para elaboración de muebles y herramientas, siendo una de las especies que tuvo más formas de usos entre las 222 evaluadas, lo que resalta el gran valor biocultural de la especie (Rico-Gray *et al.*, 1991). En Calakmul, las comunidades Mayas y Mestizas que emigraron a esta región en Campeche emplean la madera de la especie para construcción de casas y herramientas y las hojas para lijar maderas (Neulinger *et al.*, 2013).

Como parte del proceso de domesticación en los huertos familiares del Oriente y Sur de Yucatán, la selección de árboles con características de interés como pueden ser hojas, flores y frutos más grandes, parece estar asociada con selección dirigida (Ferrer *et al.*, 2020; Palomo-Buenfil, 2018; Pastrana-Cervantes, 2023). Otras características que se asocian tradicionalmente a la selección dirigida están más relacionadas con la introducción a un ambiente que, por su manejo, difiere del que tienen las poblaciones silvestres de la selva, como se discutió para la altura, tamaño y fenología de la especie (Campos-Bobadilla *et al.*, 2016; Grajales-Puc). Aunque muchos de los árboles de la especie que crecen en los huertos familiares mantienen una similitud genética con los de

la selva colindantes (Ferrer *et al.*, 2021), los grupos genéticos de los árboles con estructuras (hojas, flores y frutos) mayores son más frecuentes en los huertos familiares que en las selvas.

Como en otras especies de árboles domesticados en Mesoamérica, algunas características se mantienen aun cuando se les cultiva en huertos familiares, como es el caso de la presencia de tricomas cistolíticos -que tienen cristales de carbonato de calcio- en densidades similares en las hojas, a las que tienen en las selvas colindantes (Tuyub-Chan, 2021). Estos tricomas son además los que le dan la característica rugosa que permitía que se le empleará como fibra para lavar trastes, un uso que ya se perdió (Hurtado-Torres *et al.*, 2020). También las bacterias endófitas de sus raíces y hojas son similares entre individuos de huertos familiares y selvas inclusive entre las regiones que presentan una distancia de más de 300 km, lo que sugiere que la especie mantiene un microbioma central que es simbiote al ciricote (May-Mutul *et al.*, 2022). Por esta razón se considera que los huertos familiares son un sitio de conservación de la especie y sus interacciones. Esto en gran parte, se debe a que la especie ha sido domesticada *circa situm*, es decir en las zonas en que las poblaciones silvestres existieron o existen de manera simpátrica. Como las poblaciones de la especie pueden no recuperarse en las selvas, los sistemas forestales y agroforestales (urbanos, periurbanos y rurales) donde se les maneja pueden convertirse en sitios en los que la domesticación resguarda la diversidad biológica y funcional de la especie.

CONCLUSIÓN

Esta revisión ofrece una síntesis crítica y actualizada sobre el manejo y ecología de *Cordia dodecandra* en el sureste de México, región en la que es nativa y en la que se distribuye bajo diferentes condiciones edafoclimáticas. En este se destaca la relevancia de su aprovechamiento en los sistemas agroforestales como elemento biocultural, y el papel de los huertos familiares como espacios de custodia ante de esta especie de alto valor biocultural. La disminución potencial de la especie en su rango de distribución nativo, en un contexto de escenarios de cambio climático, plantea áreas de oportunidad para profundizar en el estudio de la especie con investigaciones sobre la: i) variabilidad de las interacciones biológicas benéficas y antagónicas en los sistemas agroforestales y fragmentos de selva y ii) monitoreos demográficos y de genética de poblaciones. Se requieren además investigaciones centradas en eco-fisiología de la especie relacionadas con i) tolerancia a altas temperaturas, ii) respuestas ante el estrés hídrico y iii) la contribución de factores ambientales (nutrientes, polinizadores, patógenos) y factores genéticos en la viabilidad de las semillas.

Todos estos trabajos ayudarán a implementar protocolos de propagación con fines de reforestación y restauración ecológica de diferentes fuentes de germoplasma para establecer las bases para su conservación tanto en los fragmentos de selva como en los sistemas agroforestales, de zonas rurales, periurbanas y urbanas donde el proceso de domesticación de la especie continúa en curso.

Acknowledgements

The authors would like to thank Eli Vázquez Solís for the photographic content, as well as Luis E. Castillo and Virginia Meléndez Ramírez for identifying the insects that appear in the photographs.

Funding. This research was supported by the National Council for Humanities, Sciences, and Technologies (CONAHCYT) through projects CB-2014-236428 and CB-2017-2018 A1-S3047

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest regarding this manuscript.

Compliance with ethical standards. Due to the nature of the study this does not apply.

Data availability. Data is available upon reasonable request with the corresponding author maria.hurtado@correo.uady.mx

Author contribution statement (CRediT). M.M. Ferrer – Conceptualization; data curation; formal analysis; funding acquisition; investigation; methodology; project administration; supervision; writing – original draft; writing – review and editing., M. Hurtado-Torres – Conceptualization; formal analysis; investigation; methodology; writing – original draft; writing – review and editing., A. García-Romero – Conceptualization; formal analysis; investigation; methodology; writing – original draft; writing – review and editing., O. Álvarez-Rivera – Data curation; formal analysis; investigation; visualization; writing – original draft; writing – review and editing.

REFERENCES

- Abdala-Roberts, L., Berny-Mier y Terán, J.C., Vázquez-González, C., Cohuo, A., León, J., Valle, L., Mooney, K.A., Reyes-Novelo, E., and Moreira, X. 2023. Effects of seedling conspecific density and heterospecific frequency on insect herbivory in a tropical dry forest. *Agricultural and Forest Entomology*, 25(4), pp.549–557. <https://doi.org/10.1111/afe.12574>
- Alcalá-Kauil, E.J. 2022. Listado de las familias del orden Hymenoptera en Rancho San Miguel.

- Tesis de Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico de Tizimín.
- Aluja, M., Guillén, J., de la Rosa, G., Cabrera, M., Celedonio, H., Liedo, P., and Hendrichs, J. 1987. Natural host plant survey of the economically important fruit flies (Diptera: Tephritidae) of Chiapas, Mexico. *The Florida Entomologist*, 70(3), pp.329–338. <https://doi.org/10.2307/3495065>
- Ancona-Aragón, J.J., Flores, J.S., and Huchim-Herrera, J. 2012. Los sistemas de producción en las antiguas ciudades de Uxmal y Chichén Itzá. *Etnobiología*, 10(2), pp.10–19.
- Basteris Piña, A.M. 2024. Descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca del ciricote (*Cordia dodecandra* A.DC.) en plantaciones con riego y sin riego. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Benítez, G., Estrada-Contreras, I., Lascurain-Rangel, M., Gómez-Díaz, J.A., Falfan, I., Quiroz-Guerrero, I., and Equihua, M. 2024. Potential distribution of wild edible fruit trees under climate change scenarios: Promoting food security in a Neotropical region. *Regional Environmental Change*, 24(2), Article 75. <https://doi.org/10.1007/s10113-024-02231-6>
- Benjamín, T.J., Montañez, P.I., Jiménez, J.J., and Gillespie, A.R. 2001. Carbon, water and nutrient flux in Maya homegardens in the Yucatán Peninsula of México. *Agroforestry Systems*, 53, pp.103–111. <https://doi.org/10.1023/A:1013312217471>
- Cámara-Romero, J.L., Jiménez-Osornio, J.J., Estrada-Medina, H., and García, F.H. 2021. Potential distribution of *Cordia dodecandra* A.DC. and its variation related to the change of land use on the Yucatán Peninsula, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(1), pp.1530. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3571>
- Campos-Bobadilla, S.M., Jiménez-Osornio, J.J., and Barrientos M., R. 2015. Dasometric analysis of siricote (*Cordia dodecandra* A.DC.) plantations under three types of management at Xmatkuil, Yucatán. *Madera y Bosques*, 21(3), pp.47–54. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.213455>
- Campos-Bobadilla, S.M., Jiménez-Osornio, J.J., and Barrientos M., R. 2016. Fenología y producción de frutos de plantaciones de siricote (*Cordia dodecandra* A.DC.) bajo tres tipos de manejo en Xmatkuil, Yucatán, México. *Polibotánica*, (41), pp.115–131. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.41.8>
- Canché-Collí, C., and Canto, A. 2014. Distylous traits in *Cordia dodecandra* and *Cordia sebestena* (Boraginaceae) from the Yucatán Peninsula. *Botanical Sciences*, 92(2), pp.289–297. <https://doi.org/10.17129/botsoci.97>
- Cetina-Batún, P.G., Hurtado-Torres, M.C., Ruenes-Morales, M.D.R., and Montañez-Escalante, P.I. 2024. Evaluación de la germinación de semillas de *Cordia dodecandra* A. DC. procedentes de la selva y de huertos familiares del oriente de Yucatán, México. *Etnobiología*, 22(2), pp.34–45.
- Chávez-Marfil, J.C. 2022. Diversidad de géneros de la familia Braconidae asociados a *Cordia dodecandra* en ambientes silvestres y urbanos. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles, Instituto Tecnológico de Tizimín.
- Colunga-García, Marín, P., and Zizumbo-Villarreal, D. 2004. Domestication of plants in Maya Lowlands. *Economic Botany*, 58(1), pp.S101–S110. [http://dx.doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)58\[S101:DOPIML\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1663/0013-0001(2004)58[S101:DOPIML]2.0.CO;2)
- De Candolle, A., Mozin, J.M., and Sesse, M. 1874. Calques des dessins de la Flore du Mexique, de Mocino et Sesse qui ont servi de types d'Espece dans le systema ou le prodromus. Candolle, Alphonse de.
- De Candolle, A.P., and De Candolle, A. 1845. *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis, sive, Enumeratio contracta ordinum generum specierumque plantarum huc usque cognitarum, juxta methodi naturalis, normas digesta* (Vol. 9). Sumptibus Sociorum Treuttel et Würtz. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/7158>
- Dzib-Castillo, B.B., van der Wal, H., Chantásig-Vaca, C.I., Macario Mendoza, P.A., and Pat Fernández, J.M. 2012. Emergencia de plántulas de especies maderables nativas de la Península de Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(10), pp.77–87.
- Esquivel-Gómez, L., Abdala-Roberts, L., Pinkus-Rendón, M., and Parra-Tabla, V. 2017. Variation in web-building spider communities among three tropical tree species in a young experimental plantation.

- Journal of Arachnology*, 45(1), pp.139–142.
<https://doi.org/10.1636/JoA-S-16-016.1>
- Estrada-Medina, H., Ferrer, M.M., Montañez-Escalante, P., Puch, G.P., and Álvarez-Rivera, O.O. 2023. Foliar nutrient contents of tropical tree species under different management and climate conditions. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2), pp. e-2309.
<https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3209>
- Ferrer, M.M., Montañez-Escalante, P.I., Ruenes-Morales, M.R., Estrada-Medina, H., and Jiménez-Osornio, J. 2020. Growing out of the tropical forests: domestication syndrome of native Mesoamerican trees in Mayan homegardens. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(3), pp.587–604.
<https://doi.org/10.1007/s10722-019-00833-2>
- Ferrer, M.M., Tapia-Gómez, C.A., Estrada-Medina, H., Ruenes-Morales, M.D.R., Montañez-Escalante, P.I., and Jiménez-Osornio, J.J. 2021. Growing out of the tropical forests: Gene flow of native Mesoamerican trees among forest and Mayan homegardens. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, pp. 628765.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2021.628765>
- Franco-Cureño, B.F. 2023. Comunidades microbianas del néctar de una planta distílca: el siricote (*Cordia dodecandra* A.DC.). Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Yucatán.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Serie Libros, núm. 6). Instituto de Geografía.
- Grajales-Puc, J.A. 2018. Fenología de *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) y *Cordia dodecandra* DC. (Boraginaceae) en poblaciones silvestres y cultivadas. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Harper, R.M. 1932. Useful plants of Yucatan. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 59(5), pp.279–288. <https://doi.org/10.2307/2480687>
- Hernández González, A. 2024. Diversidad de avispas parasitoides (Ichneumonoidea: Braconidae) en selva mediana subcaducifolia y huertos familiares con *Cordia dodecandra* (A.DC.) en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Hurtado-Torres, M.C., Montañez-Escalante, P.I., Ruenes-Morales, M.D.R., Jiménez-Osornio, J.J., and Estrada-Medina, H. 2020. Assessment of population structure and management of *Cordia dodecandra* A.DC. in homegardens and tropical forest in Yucatán, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 52(2), pp.140–152.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652020000200013&lang=es
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2008. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas.
<https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Descargas>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2007. Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250,000, Serie II (Continuo Nacional). INEGI.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825266707>
- Jankiewicz, L.S., Colinas León, M.T., and Martinez Alboris, V.M. 1986. Cupapé (*Cordia dodecandra* DC., Boraginaceae) a fruit tree in the process of domestication in Mexico. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 55(1), pp.115–127.
<https://doi.org/10.5586/asbp.1986.013>
- Johnston, I.M. 1930. Studies in the Boraginaceae, VIII. Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University, (92), pp.1–95.
<http://www.jstor.org/stable/41764112>
- López-De Buen, L., Aquino-Rodríguez, E., Maciel-Pérez, Y., Ahuja-Aguirre, C.C., and Castillo-Tlapa, R. 2019. Survival of tropical native trees in a silvopastoral system in Veracruz, Mexico. *Agrociencia*, 53(7), pp.969–986.
- López Garrido, M.Á. 2024. Diversidad de la microbiota endófito de la filósfera de *Cordia dodecandra* y sus comunidades diazotróficas. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Yucatán.
- López-Ramírez, T.M., Estrada-Medina, H., Ferrer, M.M., and O'Connor-Sánchez, A. 2023. Divergence in the soil and rhizosphere microbial communities of monoculture and silvopastoral traditional *C. dodecandra* agroforestry systems in Yucatán, Mexico.

- Soil Use and Management*, 39(3), pp.1205–1218. <https://doi.org/10.1111/sum.12889>
- Luebert, F., Cecchi, L., Frohlich, M.W., Gottschling, M., Williams, C.M., Hasenstab-Lehman, K.E., Hilger, H.H., Miller, J.S., Mittelbach, M., Nazaire, M., Nepi, M., Nocentini, D., Ober, D., Olmstead, R.G., Selvi, F., Simpson, M.G., Sutorý, K., Valdés, B., Walden, G.K., and Weigend, M. 2016. Familial classification of the Boraginales. *Taxon*, 65(3), pp.502–522. <https://doi.org/10.12705/653.5>
- Luna-Flores, W., Estrada-Medina, H., Jiménez-Osornio, J.J.M., and Pinzón-López, L.L. 2012. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana*, 30(4), pp.343–353.
- Macario Mendoza, P.A., García Moya, E., Aguirre Rivera, J.R., and Hernández Xolocotzi, E. 1995. Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. *Acta Botánica Mexicana*, (32), pp.11–23. <https://doi.org/10.21829/abm32.1995.742>
- Martínez-García, V., González, O., and Ortiz-Pulido, R. 2020. Hummingbird-plant network in a lowland dry forest in Yucatan, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 13, pp. 1940082920973830. <https://doi.org/10.1177/1940082920973830>
- May-Mutul, C.G., López-Garrido, M.A., O'Connor-Sánchez, A., Peña-Ramírez, Y.J., Labrín-Sotomayor, N.Y., Estrada-Medina, H., and Ferrer, M.M. 2022. Hidden tenants: Microbiota of the rhizosphere and phyllosphere of *Cordia dodecandra* trees in Mayan forests and homegardens. *Plants*, 11(22), pp.3098. <https://doi.org/10.3390/plants11223098>
- Miller, J.S. 2012. *Cordia dodecandra* DC. In: Rubiaceae a Verbenaceae. In G. Davidse, M.S. Sánchez, S. Knapp, and F.C. Cabrera (Eds.), *Flora Mesoamericana*, 4, pp.297. Missouri Botanical Garden. <http://legacy.tropicos.org/Name/4000279>
- Miller, J.S. 2023. A revision of Cordiaceae (Boraginales) in Central America, Mexico, and the United States. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 17(1), pp.39–137. <https://doi.org/10.17348/jbrit.v17.i1.1290>
- Miller, J.S., and Nowicke, J.W. 1989. Sectional placement of some problematic *Cordia* species (Boraginaceae). *Systematic Botany*, 14(3), pp.271–280. <https://doi.org/10.2307/2418917>
- Millspaugh, C.F. 1895a. *Contribution I–III to the coastal and plain flora of Yucatan* (Vol. 1). Chicago Natural History Museum.
- Montero Solís, F.M., Valdez Hernández, J.I., De Los Santos Posadas, H.M., Cetina Alcalá, V.M., and Sánchez Velásquez, L.R. 2011. Crecimiento inicial de especies arbóreas multipropósito en un terreno ganadero del norte de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(3), pp.53–68. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i3.631>
- Neulinger, K., Vogl, C.R., and Alayón-Gamboa, J.A. 2013. Plant species and their uses in homegardens of migrant Maya and mestizo smallholder farmers in Calakmul, Campeche, Mexico. *Journal of Ethnobiology*, 33(1), pp.105–124. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-33.1.105>
- Núñez-Piedra, M.L., Martínez-Zurimendi, P., Domínguez-Domínguez, M., Cach-Pérez, M.J., and Sierra-de-Grado, R. 2024. Germplasm movement zones of eight forest species and future projections in the face of climate change in the southeast of Mexico. *New Forests*. <https://doi.org/10.1007/s11056-023-09968-8>
- Pacheco May, A.d.J. 2017. Manejo de *Cordia dodecandra* DC. y *Spondias purpurea* L. en huertos familiares del municipio de Tzucacab, Yucatán, México. Tesis de Licenciatura en Agroecología, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Palomo-Buenfil, S.I. 2018. Variación morfológica de la hoja de ciricote (*Cordia dodecandra* DC., Boraginaceae) en poblaciones silvestres y huertos familiares de dos regiones de Yucatán. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Pastrana-Cervantes, R. 2023. Daño foliar por herbivoría y mancha fúngica en poblaciones silvestres y toleradas de ciricote (*Cordia dodecandra* DC., Cordiaceae) en Yucatán. Tesis de Licenciatura en Agroecología, Universidad Autónoma de Yucatán.

- Pennington, T., and Sarukhán, J. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. FAO, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Secretaría de Agricultura y Ganadería.
- Pérez-Medina, S., and López-Falfán, I.J.E. 2015. Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán: Hacia una sostenibilidad urbana. *Sociedad y Territorio*, 15(47), pp.1–33.
- Reuter, M., Tiessen, H., Jimenez-Osornio, J.J., Pohlen, J., and Vlek, P.L.G. 2008. Establishment of *Cordia dodecandra* A.DC. with *Bixa orellana* L. on calcareous soils in Yucatán, Mexico. In S. Jose and A.M. Gordon (Eds.), *Toward agroforestry design: An ecological approach*, pp.195–206. *Springer Netherlands*.
- Rico-Gray, V., Chemás, A., and Mandujano, S. 1991. Uses of tropical deciduous forest species by the Yucatecan Maya. *Agroforestry Systems*, 14(2), pp.149–161. <https://doi.org/10.1007/BF00045730>
- Rosado-Sánchez, S., Parra-Tabla, V., Betancur-Ancona, D., Moreira, X., and Abdala-Roberts, L. 2018. Effects of tree species diversity on insect herbivory and leaf defences in *Cordia dodecandra*. *Ecological Entomology*, 43(6), pp.703–711. <https://doi.org/10.1111/een.12648>
- Sesse, M., and Moziño, J.M. 1887. *Flora mexicana*. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento.
- Snook, L.K., Capitanio, R., and Tadeo-Noble, A. 2021. Restoring commercial timber species through silvicultural patch clear-cuts and natural regeneration in Mexico's Maya Forest: Composition and growth 11 years after three treatments. *Forest Ecology and Management*, 493, pp.119206. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119206>
- Sorensen, N.S.S. 2006. Regeneration and growth of several canopy tree species in the Maya Forest of Quintana Roo, Mexico: The role of competition and microhabitat conditions. PhD Thesis, Oregon State University.
- Sosa-Armenta, J.M., López-Martínez, V., Alia-Tejagal, I., Jiménez-García, D., Guillen-Sánchez, D., and Delfín-González, H. 2015. Hosts of five *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) in the state of Quintana Roo, Mexico. *The Florida Entomologist*, 98(3), pp.1000–1002. <http://www.jstor.org/stable/24587764>
- Standley, P.C. 1926. *Trees and shrubs of Mexico* (23). U.S. Government Printing Office.
- Toledo-Aceves, T., Purata-Velarde, S., and Peters, C.M. 2009. Regeneration of commercial tree species in a logged forest in the Selva Maya, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 258(11), pp.2481–2489. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.08.033>
- Tun-Flores, J.F. 2023. Descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca de *Cordia dodecandra* A.DC. (Cordiaceae) en huertos familiares y selvas de dos regiones de Yucatán. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Tuyub-Chan, J.A. 2021. Anatomía de la epidermis foliar del ciricote (*Cordia dodecandra* A.DC., Cordiaceae) en poblaciones silvestres y huertos familiares de Tizimín y Tzucacab, Yucatán. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Uicab-Uicab, R.J. 2022. Riqueza y abundancia de la comunidad de mariposas asociadas a individuos de ciricote (*Cordia dodecandra*) silvestres y de solares en Tizimín, Yucatán. Tesis de Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico de Tizimín.
- van Eck, N.J., and Waltman, L. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), pp.523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Vázquez-Solís, E.E. 2022. Sistema de incompatibilidad en la reproducción de la especie distílica *Cordia dodecandra* A.DC. (Cordiaceae). Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Yucatán.
- World Flora Online. 2024. *Cordia dodecandra* DC. Retrieved 15/02/2024 from <https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000620429>
- Yam-Chin, C., Montañez-Escalante, P., and Ruenes-Morales, R. 2014. Growth of young plants of *Cordia dodecandra* (Boraginaceae) in three successional stages of vegetation in Calotmul, Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2), pp.589–597. <https://doi.org/10.7550/rmb.34996>