

DISTRIBUCIÓN ECOGEOGRÁFICA Y ÁREAS DE OCUPACIÓN DE *CASTILLA ELASTICA* CERV. EN MÉXICO

ECOGEOGRAPHICAL DISTRIBUTION AND AREAS OF OCCUPANCY OF *CASTILLA ELASTICA* CERV. IN MEXICO

 DIANA BEATRIZ MONTERO-HERNÁNDEZ¹,  GEORGINA VARGAS-SIMÓN^{1*},  MANUEL LORENZO NÚÑEZ-PIEDRA²

¹ División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México.

² El Colegio de la Frontera Sur, Villahermosa, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: georgina.vargas@ujat.mx

Resumen

Antecedentes: *Castilla elastica*, árbol conocido desde la época prehispánica por su producción de látex, emblemática para México; la emblemática para México; la eminent deforestación es una amenaza para su supervivencia en México y Tabasco.

Preguntas: ¿En qué condiciones ecológicas se distribuye *C. elastica* en México? ¿En cuántas áreas de ocupación se localiza?

Especie de estudio: *Castilla elastica* Cerv.

Sitio y años de estudio: República Mexicana y estado de Tabasco, México. Enero-diciembre 2019.

Métodos: Se obtuvieron registros de diferentes fuentes virtuales y en herbarios, así como de visitas de campo en Tabasco. Los puntos de distribución se georreferenciaron, los datos se convirtieron al formato “shapefile” mediante el programa QGis 3.16.6. Las Áreas de Ocupación (AO) se calcularon de acuerdo con el método Cartográfico por Conglomerados.

Resultados: Se obtuvieron 615 datos. Se constató que la especie se distribuye generalmente en las zonas tropicales de México, principalmente en Chiapas, su intervalo altitudinal es de 0-1,660 m. Está asociada a 11 unidades de suelo, a ecosistemas selváticos y agroecosistemas. El total de AO consistió en 43 conglomerados y 20 satélites que se ubicaron principalmente en el Golfo de México.

Conclusiones: Históricamente *C. elastica* tiene una distribución en ambas vertientes de México, prefiere climas cálidos (A), de transición A(C) y suelos Leptosols. Se obtuvieron registros actuales para Tabasco, donde se encuentra particularmente en cacaotales. El AO de mayor superficie corresponde a Campeche, Yucatán y Quintana Roo que coincide con la zona del Corredor Biológico Mesoamericano, este trabajo aporta datos sobre sus preferencias ecológicas que servirán para su conservación sustentable.

Palabras clave: Agroecosistemas, método Cartográfico por Conglomerados, requerimientos ecológicos, látex

Abstract

Background: *Castilla elastica* is a tree known since pre-Hispanic times for its latex production. It is an emblematic species for Mexico, imminent deforestation is a threat for its survival in Mexico and Tabasco.

Questions: In which ecological conditions is *C. elastica* distributed in Mexico? In how many areas of occupancy is it located?

Studied species: *Castilla elastica* Cerv.

Study site and dates: The Mexico and the state of Tabasco, January-December 2019.

Methods: Records were obtained from different virtual sources and in herbaria, also field visits in Tabasco. The distribution points were georeferenced, were converted to the shapefile format through the QGis 3.16.16 program. The areas of occupancy (AOO) were calculated according to the Cartographic method by conglomerates.

Results: 615 records were obtained. It was found that the species is generally distributed in tropical areas of Mexico, mostly identified in Chiapas; its altitudinal range goes from 0-1,660 m. Associated with 11 soil units, forest ecosystems and agro-ecosystems. The total of the AOO consisted of 43 conglomerates and 20 satellites, which were located mainly in the Gulf of Mexico.

Conclusions: Historically, *C. elastica* has a distribution on both sides in Mexico, prefers warm climates (A), de transition A(C) and Leptosol soils. Current records were established for Tabasco where it is found particularly in cocoa-plantations. The AO with the largest surface corresponds to Campeche, Yucatan, and Quintana Roo, coincides with the area of the Mesoamerican Biological Corridor; this work provides data on their ecological predilections that will serve for their sustainable conservation.

Keywords: Agroecosystems, Cartographic methods by Conglomerates, ecological requirements, latex

Los paisajes naturales que conforman a México resaltan por su extensa heterogeneidad ecológica, al diferenciarse por su clima y vegetación. A partir de la información que otorga la vegetación se pueden identificar dos factores climáticos esenciales: la precipitación pluvial y la temperatura. De igual manera, se obtienen las diferencias altitudinales, las condiciones de humedad y el relieve, todo esto con el fin de delimitar con alta precisión la distribución geográfica de las especies, donde cada zona haga referencia a su respectiva caracterización geográfica, ecológica y climática (Toledo *et al.* 2001). La mayor parte de las especies en la Tierra se encuentran cerca del Ecuador y primordialmente en las selvas tropicales (Bergel 2020). Entonces, estos ecosistemas son complejos estructurales más importantes por la diversidad de especies (Palace 2016); por ejemplo, se encuentran entre 40 y 100 especies de árboles en una hectárea comparada con 10 a 30 especies/ha en el hemisferio norte (Bergel 2020).

En el caso de México, la zona tropical del país cuenta con diferentes tipos de selvas: selvas alta perennifolia, mediana o baja perennifolia, alta o mediana subperennifolia, alta o mediana subcaducifolia y baja subperennifolia (Miranda & Hernández-X 1963, Toledo *et al.* 2001). Un integrante de estos ecosistemas tropicales es *Castilla elastica* Cerv., un árbol monopódico, caducifolio de la familia Moraceae. Se tienen antecedentes que se distribuye en ambas vertientes de México; en Latinoamérica, desde Centroamérica hasta la zona costera del oeste de Colombia y el Caribe como consecuencia de la demanda de látex a finales del siglo XIX y principios del siglo XX (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Sakai 2001). Como otras plantas de la familia Moraceae, *C. elastica* cuenta con la presencia de laticíferos que contienen látex, denominado también hule natural. Los primeros pobladores de México conocían los beneficios de procesar el hule de forma selectiva y lo utilizaban para la fabricación de pelotas para diversos ritos ceremoniales, además se utilizaba para elaborar “mangos” para las herramientas y figuras diversas (Stone 2002, Porras 2004). Las propiedades elásticas del látex permitieron su uso como material resistente para las suelas de sandalias y para unir aplicaciones como adhesivos o bandas de arrastre, además de la fabricación de botellas y como impermeabilizante de capas, sombreros y otros objetos (Standley 1920-1926, Tarkanian & Hosler 2011). La madera es blanca y moderadamente pesada, en Puerto Rico es utilizada como combustible y se presume que la corteza fue una de las fuentes para la pulpa del papel en México. La hoja y el tallo se utilizan para diferentes tratamientos en la medicina tradicional (Standley 1920-1926, Vázquez-Yanes *et al.* 1999). A nivel ecológico, esta especie se reconoce por ser una de las más típicas en bosques húmedos, tener buen rendimiento en el intercambio gaseoso en hojas y ser forofito de varias especies de orquídeas ubicadas en agroecosistemas (Wilson & Townsend 2006, Lugo *et al.* 2008, Morales 2012). A su vez, se propone a *C. elastica* como estrategia de restauración para hábitats ribereños, dichos ecosistemas satisfacen las condiciones de suelo y agua necesarios para su óptimo desarrollo (Meli *et al.* 2015)

En los últimos años, los estudios relacionados con las asociaciones vegetales han comenzado a tener un significativo nivel de importancia. Las problemáticas que han surgido, tales como el cambio de uso del suelo para actividades agrícolas y ganaderas, la creciente urbanización y de la red de carreteras, así como por las industrias extractivas, por mencionar algunos ejemplos, han dado como consecuencia que los ecosistemas vegetales disminuyeran progresivamente, con pérdidas a nivel nacional en la vegetación desde 500,000 hasta 600,000 ha⁻¹ (Vázquez-Negrín *et al.* 2011).

Una manera de proteger a las especies que se encuentran amenazadas es notificar su estatus mediante la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010), pero esta no incluye su distribución geográfica (Royo-Márquez *et al.* 2014). Por lo tanto, varios especialistas han recurrido a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el manejo de datos registrados en herbarios y recolectados en campo con el fin de obtener su ubicación y así determinar su cobertura. Los ejemplares de herbario son una herramienta útil porque contienen registros de ubicación geográfica y ecológicos, los cuales, puede usarse para elaborar mapas de distribución y en dado caso calcular las Áreas de Ocupación o bien para conformar y de ser el caso actualizar la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Mundial para la Conservación (IUCN) (Paulsen & Körner 2001, Hernández & Navarro 2007, González 2008, Rivers *et al.* 2010).

Las Áreas de Ocupación (AO) se refieren a la superficie de cubierta vegetal por un taxón dentro de su Extensión de Ourrencia (EO), de manera general, se definen como una medida para determinar el tamaño de distribución de

cierta especie en una zona estudiada (Hernández & Navarro 2007). Las AO se pueden determinar de diversas formas, una es a través del método de conglomerados, la utilidad de este método es que proporciona las estimaciones más confiables en campo al tomar en cuenta las disyunciones y la distribución no uniforme de las especies (Rivers *et al.* 2010, Jaryan *et al.* 2013). Cada conglomerado definiría el área de ocupación, mediante agregaciones discretas de los registros de la especie, así como aquellos registros que se encuentran aislados o solitarios a los que se les denominan satélites. Las AO contribuyen a robustecer las Listas Rojas y están acordes con los criterios de la IUCN (Breiner & Bergamini 2018).

De acuerdo con la Lista Roja de la IUCN (IUCN 2021) *C. elastica* está clasificada como “menor preocupación” y en el listado de la NOM-059 (SEMARNAT 2010), aún no se encuentra. Sin embargo, en los últimos años, México perdió el 34 % de bosques tropicales y continua la inminente amenaza de disminuir aún más su cobertura (Arasa-Gisbert *et al.* 2021), anualmente se pierden 508 mil has (Rosete-Vergés *et al.* 2014). En Tabasco, las selvas ocuparon solo el 5.47 % del territorio en 2006, cuando en 1940, casi la mitad del territorio estaba cubierto por tal ecosistema (Villanueva-Partida *et al.* 2017). Por ello, en este trabajo el objetivo fue obtener los diferentes paisajes en los que se encuentra la especie en el territorio nacional con énfasis en algunos municipios del estado de Tabasco; sus relaciones ambientales y geográficas mediante mapas, así como las AO. Los resultados de esta investigación proporcionan información relevante que permitirá en un futuro su conservación mediante un manejo sustentable en México y en su zona de distribución del estado de Tabasco.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión de ejemplares de *Castilla elastica* en herbarios locales y nacionales: UJAT (Universidad Juárez Autónoma de Tabasco), CSAT (Colegio de Posgraduados Campus Tabasco) y MEXU (Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México). Se utilizaron los datos registrados en Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org), y a partir de esta información se revisaron los ejemplares de los siguientes herbarios virtuales internacionales e instituciones con colecciones científicas: University of Texas at Austin Herbarium (TEX), CV Starr Virtual Herbarium, University of Michigan Herbarium, IEB, Herbario Alfredo Barrera Marín-UADY, FZUACH, CICY, CHIP, CIB, INIFAP, SERO, ENCB, QMEX, CHAPA (Gernandt *et al.* 2011, Scheinvar *et al.* 2011, Arias-Del Razo *et al.* 2015), Jardín Histórico Etnobotánico del Centro Cultural Santo Domingo, Instituto de Geología-UNAM, California Academy of Sciences.

Así mismo se consideraron los registros proporcionados por el Inventario Nacional Forestal 2004-2007 y 2009-2014 (Comisión Nacional Forestal, México), para complementar la información se revisó literatura sobre inventarios florísticos donde se citó a la especie. Para el estado de Tabasco se realizaron avistamientos en los municipios de Centro, Cunduacán, Comalcalco, Paraíso y Teapa, se consideró la presencia de al menos un árbol adulto. Los registros que carecían de coordenadas geográficas, así como los datos obtenidos en campo, se georreferenciaron con el programa Google Earth (s.f.). Los registros duplicados se identificaron y se eliminaron para evitar sobreestimaciones en el cálculo de las AO, lo cual se realizó mediante el software R con la función ‘duplicated’ (R Core Team 2020).

Áreas de Ocupación (AO). Para el cálculo de las AO se consideró el método cartográfico por conglomerados según Hernández & Navarro (2007). Los insumos utilizados fueron información vectorial de uso de suelo y vegetación serie VI con escala 1:250,000 (INEGI 2017); de climas escala, 1:1,000,000 (CONABIO 2001); para la clasificación de suelos se utilizó la Base Armonizada de Suelos del Mundo (HWSD, por sus siglas en inglés) con escala 1:5,000,000, a partir de información ráster con una resolución espacial de 30 segundos de arco por píxel (1 km²) (FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC 2012); altitud, generada a partir del Continuo de Elevaciones de México CEM 3.0 (INEGI 2013) con una escala 1:1,000,000.

Los datos georreferenciados se exportaron al formato shapefile mediante el programa QGis v. 3.16.6 (www.qgis.org). Los registros ubicados en los mapas se interconectaron en un árbol de expansión mínima al unir los puntos

más cercanos y evitar el cruzamiento entre líneas, de acuerdo con el método de proporcionalidad media (Rapoport & Monjeau 2001). Se realizó una suma entre las distancias resultantes de las uniones y el total se dividió entre el número de líneas obtenidas (614) para obtener la distancia media. Rapoport (1975) recomienda como una medida de dispersión de los datos, la media aritmética en el método de proporcionalidad media, así cada conglomerado contó con una escala en particular. La cifra obtenida se usó como radio para trazar un círculo alrededor de cada registro georreferenciado.

A partir de las áreas resultantes se identificaron los conglomerados y se delimitaron los satélites (puntos aislados que no conforman un conglomerado). Posteriormente, se insertó una cuadrícula en el mapa por cada conglomerado localizado; para definir la escala se obtuvo la distancia entre los dos puntos más distantes, luego se sacó el 10 % de cada distancia máxima elevada al cuadrado así se obtuvo el área por celda de cada cuadrícula. A los satélites se les asignó un área constante de 2 km² (Hernández & Navarro 2007). El número de celdas donde hubo presencia de la especie se multiplicó por el área de celda para obtener el Área de Ocupación (AO) por cada conglomerado. El total de AO de la especie se obtuvo al sumar las áreas de todos los conglomerados y los satélites (Hernández & Navarro 2007).

Los datos obtenidos de la topografía digital de las capas de altitud, edafología, clima y uso de suelo se combinaron con el shapefile de los registros para crear el mapa base. Con la información resultante se delimitaron las condiciones ecológicas donde habita *C. elastica* y se elaboraron las tablas de material suplementario.

Resultados

Se obtuvo un total de 615 datos, la mayoría (354) del Inventario Nacional Forestal 2004-2007 y 2009-2014, seguido de los registros que se consultaron en los herbarios físicos (10) y virtuales (194), inventarios florísticos (35) y avistamientos en campo para Tabasco (22) (Material suplementario, [Tabla S1](#)). Con los registros obtenidos y la información de los insumos cartográficos se elaboraron los mapas de distribución y altitud, uso de suelo y vegetación que ilustran este estudio.

Se constató que el intervalo latitudinal de distribución para esta especie es de 14° 52' 0.0006" a 22° 36' 2.1996" en latitud norte y -87° 01' 9.8976" a -105° 34' 37.7976" en longitud oeste. Esta especie se encuentra en ambas costas de la República Mexicana; en el Golfo de México desde Veracruz hasta Yucatán, en el occidente, desde Sinaloa hasta Chiapas; se registra también en San Luis Potosí y Puebla. Sin embargo, la mayor cantidad de datos se contabilizó en el estado de Chiapas, con 23.57 % del total de registros, principalmente en los municipios de Ocosingo y Marqués de Comillas, sucesivamente Campeche con 17.88 %, primordialmente en la Reserva de la Biosfera Calakmul y en Hopelchén; Quintana Roo con 16.91 %, sobresalen los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Bacalar y Veracruz con 15.77 % en los municipios de Uxpanapa y Papantla, mayormente. Los estados del área occidental presentaron menor número de registros: Oaxaca con 7.64 %, se remiten a los municipios de la zona costera San Miguel Soyaltepec, San Pedro Pochutla y Villa de Tututepec y Guerrero con 1.46 % principalmente en el municipio de Coyuca de Benítez. Sinaloa por su parte fue el más bajo con solo 0.32 % localizado en Escuinapa. Dentro de los estados donde se encuentra la especie fuera de la zona costera resalta Puebla cuya distribución de *C. elastica* se remite a la sierra norte del estado y San Luis Potosí cuyos registros de la especie se encontraron en la región de la Huasteca. Para el estado de Tabasco sólo se encontró el 6.34 % del total de registros los cuales se ubican principalmente en los municipios de Teapa y Comalcalco. ([Figura 1](#), Material suplementario, [Tabla S1](#)).

La especie, se desarrolla en altitudes de 0-1,660 m, el intervalo más elevado (1,500-1,660 m snm) se atribuye al estado de Chiapas, particularmente en los municipios El Bosque, Bochil y Jitotol y en Olinalá, Guerrero, pero cabe resaltar que la altitud en donde se obtuvo el mayor número de registros fue en 0-300 m ([Figura 1](#), Material suplementario, [Tabla S1](#)).

Castilla elastica se encuentra en 11 diferentes unidades de suelo, al ser más frecuente Leptosols (49.6 % del total de registros), Regosols (12.0 %), Cambisols (10.2 %), Acrisols (7.8 %) y Nitisols (7.3 %); en menor proporción (menos del 4.8 %), Luvisols, Gleysols, Vertisols, Solonchaks y Andosols. En el estado de Tabasco, los suelos asociados son Gleysols, Acrisols y Leptosols, en orden de importancia (Material suplementario, [Tabla S1](#)).

Distribución y Áreas de Ocupación de *Castilla elastica*

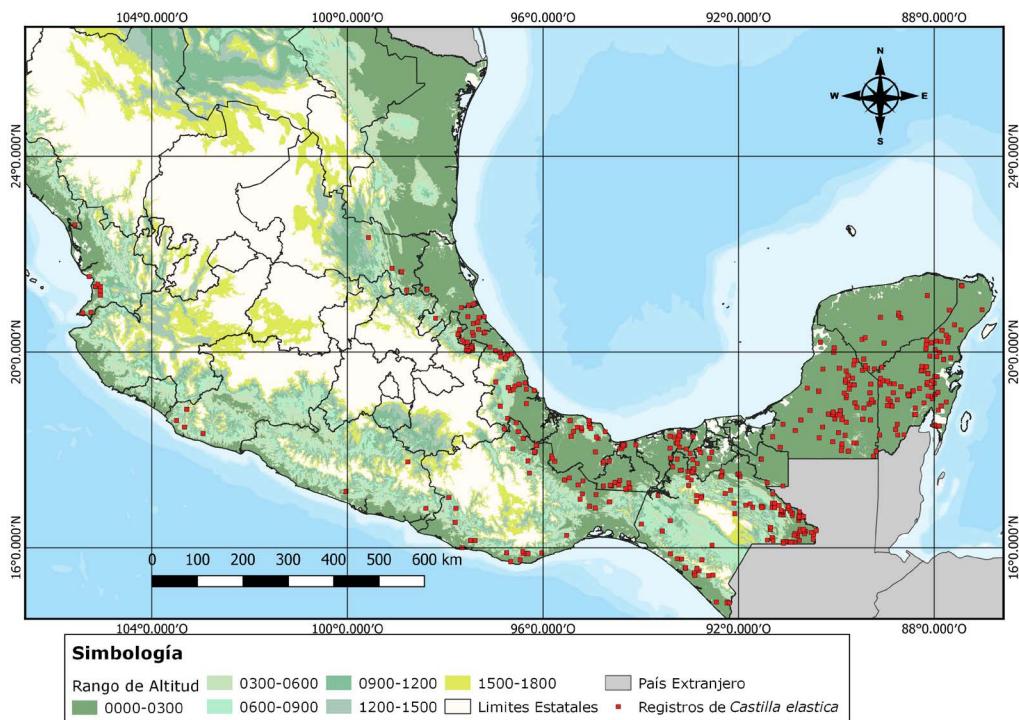


Figura 1. Distribución geográfica de *Castilla elastica* en la República Mexicana y sus intervalos altitudinales. Elaboración propia.

Los climas asociados a esta especie son del tipo A (cálido), con sus variantes Am, A(f) y Aw, al ser los más usuales: Aw1(x') con 24.71 % del total de registros, Am con 22.27 %, Aw1 con 11.54 %, A(f) con 10.73 % y Am(f) con 7.96 %. Se obtuvo el subtipo: (A)C, un clima de transición, cálido-templado, con 5.04 % del total de registros a nivel nacional (Material suplementario, [Tabla S1](#)).

En cuanto a la vegetación y uso de suelo, esta especie se encuentra distribuida en 15 diferentes paisajes, se destacan: selva mediana subperennifolia (24.39 %), selva alta perennifolia (17.72 %) y pastizal cultivado (12.84 %). Los demás ecosistemas y agroecosistemas asociados a la especie son selva mediana subcaducifolia y diferentes tipos de agricultura (particularmente la de temporal) que, representan el 24.6% (Material suplementario, [Tabla S1](#)). Los registros encontrados en selvas altas y medianas son particulares en los estados de Chiapas, Campeche y Yucatán. En Tabasco, se le ha encontrado en selva alta perennifolia (0.48 %), particularmente en agricultura temporal permanente como los cacaotales (0.30 %) y mínimamente en Tular y Popal (0.16 % para cada uno). Los cacaotales registrados se encontraron en los municipios de Comalcalco, Cunduacán, Teapa y Paraíso ([Figura 2](#). Material suplementario, [Tabla S1](#)).

Áreas de Ocupación (AO). El AO total de la especie en la República Mexicana fue de 62,644.6593 km², lo constituyen 43 conglomerados. El de mayor superficie (31,450.5728 km²) se localiza en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo; la segunda área de mayor extensión se localiza en Tabasco y Chiapas con 12,343.8422 km², el conglomerado de menor dimensión se localizó en el estado de Michoacán con un área de 0.000023 km² (no observable en la figura); así mismo se encontraron 20 registros satélites, ubicados en estados del sur y noreste del país ([Figura 3](#), Material suplementario, [Tabla S2](#)). La mayoría de las AO se ubicaron en los estados del Golfo de México; en el Pacífico, resaltan los de Chiapas y Oaxaca, en el noroeste fueron escasas y poco extensas (< de 147 km²) ([Figura 3](#), Material suplementario, [Tabla S2](#)). Para el estado de Tabasco hubo presencia de tres conglomerados, el que se mencionó, otro de 6,466.21116 km², que también comparte con Chiapas, y uno de menor área (0.0064326 km²); no se registró ningún satélite ([Figura 4](#), Material suplementario, [Tabla S2](#)).

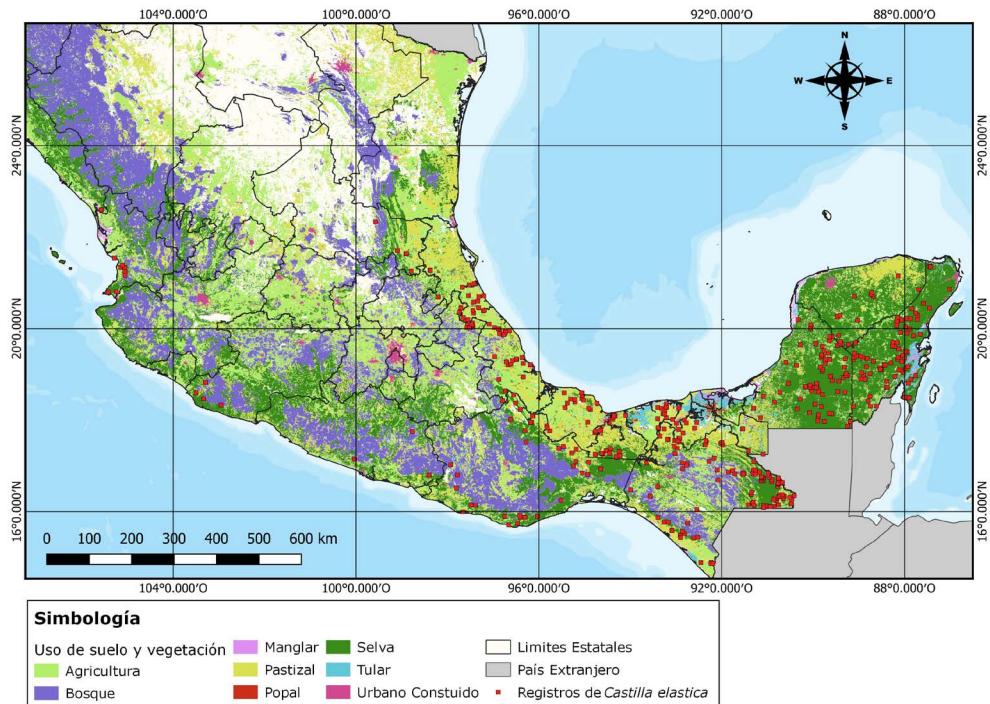


Figura 2. Uso de suelo y vegetación de la República Mexicana y puntos referenciados de *Castilla elastica*. Elaboración propia.

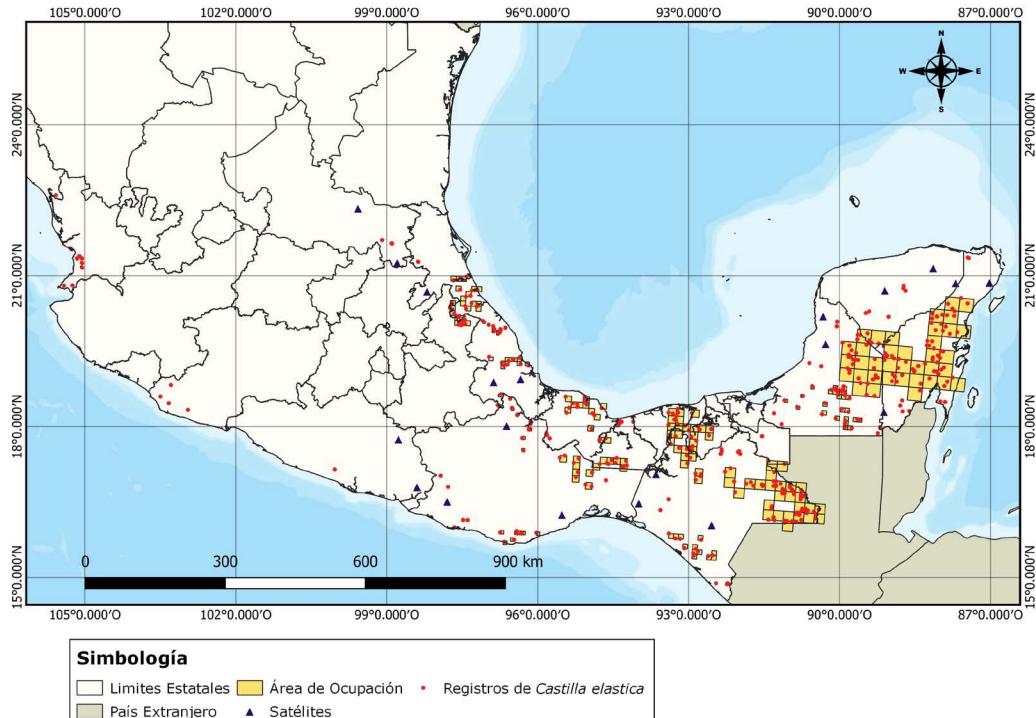


Figura 3. Áreas de Ocupación de *Castilla elastica* en la República Mexicana.

Distribución y Áreas de Ocupación de *Castilla elastica*

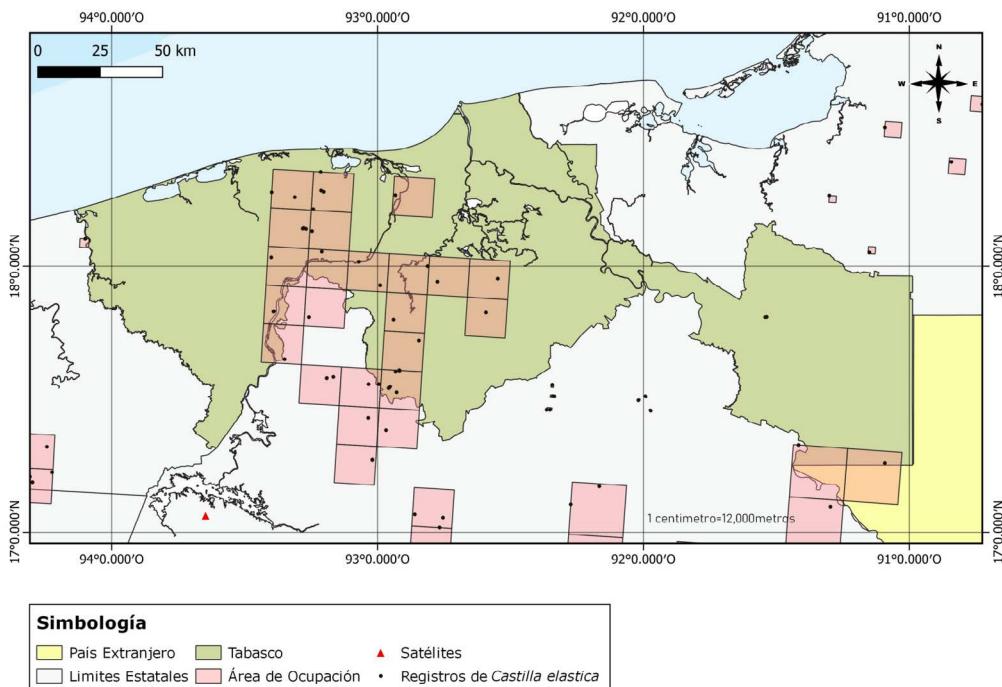


Figura 4. Áreas de Ocupación de *Castilla elastica* en el estado de Tabasco, México.

Discusión

Los datos referenciados para *Castilla elastica* reflejan que esta especie prefiere áreas específicas donde, acorde a las características ambientales, le brindan un óptimo desarrollo. Al respecto, una variable relevante es la altitud, el punto máximo que se determinó en este trabajo es de 1,660 m snm que corresponde a Jitolol, Chiapas; sin embargo, Soto-Pinto *et al.* (2001) consideraron en un estudio realizado en la zona norte de este Estado, un nivel máximo de 1,200 m, en ambos casos sobrepasan los valores mencionados por Pennington & Sarukhán (2005), quienes reportan intervalos de 0-700 m. Los sitios altos de distribución de *C. elastica* coinciden con los bosques de niebla, también denominados bosques mesófilos de montaña, estos se caracterizan por tener climas transicionales (González-Espinosa *et al.* 2012). Villaseñor (2010), la menciona para los estados de la República donde se encuentra dicho ecosistema. La altitud, en consecuencia, es uno de los elementos orográficos que influyen en los patrones de clima y diversidad de especies vegetales (Miranda & Hernández-X 1963, Morales-Saldaña *et al.* 2021).

A nivel nacional *C. elastica* prefiere suelos Leptosol, son someros que se encuentran sobre material calcáreo (kárstico), se localizan preferentemente en áreas montañosas (FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC 2012, Palma-López *et al.* 2019), se encuentran peculiarmente en Chiapas, Veracruz y Yucatán (Villalobos-Sánchez 2013, Francisco-de la Cruz *et al.* 2017, Bautista 2021). Así mismo, en suelos Regosols poco desarrollados de climas áridos y en terrenos montañosos de los estados del occidente de México, desde Nayarit hasta Chiapas; además en Puebla, San Luis Potosí y Veracruz (FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC 2012, IUSS Working Group WRB (IUSS 2015). Destaca su predilección por suelos poco o moderadamente desarrollados (Cambisols), con poca actividad de arcillas y baja saturación de bases (Acrisols); y profundos, arcillosos, de color rojo oscuro, pardo o amarillo clasificados como Nitisols (FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC 2012). Estas últimas unidades de suelo se distribuyen en Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Tabasco, respectivamente; y el Nitisols es propio de Chiapas.

En el estado de Tabasco, *C. elastica* se localiza en suelos Gleysol, Acrisols y Leptosols, Los Gleysols, se caracterizan por ser profundos con alto contenido de materia orgánica y de nutrientes, permanecen saturados de agua la mayoría del tiempo y se encuentran generalmente en las áreas de la planicie tabasqueña (Palma-López *et al.* 2019).

En un estudio sobre los municipios de Tabasco, Palma-López *et al.* (2019), reportan, además: Fluvisols y Alisols en los sitios concretos de esta investigación. Los primeros son peculiares en las “vegas de los ríos”, de buen drenaje superficial con texturas medias a gruesas, ricos en materia orgánica y nutrientes; los Alisols se identifican por su textura fina y aluminio intercambiable (FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC 2012, Palma-López *et al.* 2019).

La mayoría de los registros de *C. elastica* se distribuye en climas cálidos (grupo A, según la clasificación de Kōppen modificado por García 2004). Este resultado muestra la preferencia que tiene la especie a este tipo de climas, esto coincide con las condiciones ambientales en los estados costeros del Golfo de México y del Pacífico (Pennington & Sarukhán 2005). Así mismo, se le localiza en climas de transición A(C), asociado a bosques de niebla, los cuales tienen intervalos de precipitación de 1,000-3,000 mm anuales y temperaturas medias de 12-23 °C (Villaseñor 2010, González-Espinosa *et al.* 2012).

En cuanto a los tipos de vegetación, la mayoría de los registros se encontraron asociados a ecosistemas antropizados y disturbados. Además, en ambientes como márgenes de ríos, potreros, acahuales y, en algunas regiones de la península de Yucatán en bordes de cenotes (Salas-Morales *et al.* 2003, Grande *et al.* 2009, Mariaca Méndez 2012, Morales 2012). Pennington & Sarukhán (2005) señalan que esta especie es frecuente en selvas altas subperennifolias y mediana subperennifolias; así mismo, aunque en menor medida en el bosque nublado, lo cierto es que estos ecosistemas han sido altamente alterados a nivel nacional y estatal con una notoria disminución en su vegetación (Villaseñor 2010, Vázquez-Negrín *et al.* 2011).

En el caso del occidente de México, el extremo geográfico de *C. elastica* corresponde a Sinaloa, la especie fue registrada en el inventario de 2005, pero ya no aparece en el inventario de 2014; sin embargo, Blomster & Salazar Chávez (2020) indican su presencia antigua en este Estado, sobre todo porque en la zona sur (donde se cuenta con registros) se asentaron culturas prehispánicas (Grave Tirado 2019). Y en Michoacán, se muestran los registros de *C. elastica* obtenidos en el inventario 2009-2014, Cué-Bär *et al.* (2006) la consideran parte de diferentes ecosistemas: Bosque mesófilo de montaña, tropical perennifolio, caducifolio y subcaducifolio.

Los árboles observados en campo de *C. elastica* están asociados principalmente a agroecosistemas cacaotales en Tabasco. La preferencia de la especie en dichos sistemas data de 1940 cuando se plantaban para ser usados como sombra (Fuller 1951). Así mismo, la producción de cacao en el estado creció significativamente en el periodo de 1968 a 1998, al ser entre las razones principales el apoyo y promoción al cultivo, así como la disponibilidad de suelo para la siembra como consecuencia del drenado de suelos inundados (Córdova-Ávalos *et al.* 2001). En años recientes las plantaciones de cacaotales han disminuido, las razones principales son: bajo interés por parte de programas gubernamentales y los campesinos no lo ven como actividad rentable (Morales 2012). Se tiene referencia por los custodios de la zona arqueológica de Comalcalco que existen al menos 100 individuos de *C. elastica*, aunque este dato no se corroboró (Sánchez Ocaña 2020). La falta de inventarios es un problema ya que se subestima a las especies endémicas o nativas que sus poblaciones pueden ser amenazadas. (García-Aguilar *et al.* 2017).

Miranda & Hernández-X (1963) determinaron los diferentes tipos de vegetación para México, establecieron una íntima relación entre ellos con el clima y la altitud. Se afirma que el clima, como es la interrelación entre diferentes factores, es determinante en los procesos que se efectúan en un ecosistema, desde suelo hasta la relación entre la flora y la fauna, por ello explica la distribución y abundancia de una especie como es el caso de *C. elastica* (Hernández-Pérez *et al.* 2011).

Áreas de Ocupación. Del total de conglomerados que se encontraron (43), siete se localizaron en más de una entidad estatal; los que presentaron mayor superficie son: Campeche, Yucatán y Quintana Roo (31,450.5728 km²) y el de Chiapas y Tabasco (12,343.8422 km² + 6,466.21116 km²). Esto demuestra que *C. elastica* rebasa los límites políticos estatales y que su distribución coincide con las condiciones ambientales de altitud y climas que *C. elastica* prefiere. Las condiciones de alta humedad y temperaturas cálidas son las características ecológicas que contribuyen que esta especie tenga una extensión de ocurrencia alta en las AO del Golfo de México y suroeste de México, que, a pesar de la alta deforestación, aún se encuentran puntos aislados (satélites). Aunque se cuenta con registros en las áreas de los estados noroccidentales, las AO calculadas son de menor número y de menor superficie, debido posiblemente al cambio drástico de uso de suelo y baja precipitación (Monjardin Armenta *et al.* 2016, Kolb *et al.* 2018).

Las AO donde fue hallada *C. elastica* coinciden en gran medida con la zona del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), el cual está implementándose en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco y Chiapas. Entre los principales objetivos del CBM está el conectar sitios claves de biodiversidad de tal manera que permita el movimiento y dispersión de especies. De esta forma, *C. elastica* podría conservarse *in situ* o en sistemas agroforestales (*ex situ*) de las AO definidas en este trabajo, por sus ventajas ecológicas y porque sus frutos son apetecibles por la fauna silvestre (Miller *et al.* 2001, Ponce 2008, CONABIO 2015).

En la recolección de datos, cabe resaltar que, para el estado de Tabasco, sólo se pudieron usar cinco registros de herbarios físicos (cuatro registros de UJAT y uno del CSAT), ya que fue difícil su georreferenciación porque los ejemplares carecían de coordenadas y la descripción de sus ubicaciones son erráticas. En estos herbarios, los ejemplares de *C. elastica* sólo fueron colectados en los municipios de Teapa y Balancán, con fechas de colecta de 1976-1986.

Debido a la antigüedad de los registros muchos árboles podrían no existir en la actualidad, principalmente por la fragmentación y desaparición de las selvas ante el cambio en el uso del suelo y a la tala de árboles como estrategia para la extracción de látex (Fuller 1951, Maldonado-Sánchez *et al.* 2016). De igual manera, el desplazamiento de *C. elastica* por parte de la especie exótica introducida *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. en selvas altas y medianas como alternativa para el látex natural (Martínez-Ruiz *et al.* 2007).

La información obtenida en los registros de herbario, así como el trabajo en campo para Tabasco muestra la presencia histórica y actual de *C. elastica*. Los resultados de este trabajo registran una distribución espacial más amplia para el estado de Tabasco de la que se tenía conocimiento en los herbarios locales. Se reitera el riesgo que tienen sus ecosistemas por el cambio de uso del suelo (Villaseñor 2010, Vázquez-Negrín *et al.* 2011) y por la elevación de las temperaturas, ya que los árboles tropicales disminuyen sus tasas fotosintéticas, entre ellas *C. elastica* (Mau *et al.* 2018). La alternativa para mitigar la disminución de poblaciones de *C. elastica* es su incorporación o continuar con su conservación en los sistemas agroforestales cacaotales en el estado de Tabasco. Además de los beneficios económicos, ecológicos y de servicio ecosistémico que brinda a los productores, también es una de las principales productoras de látex, material con el que se pueden elaborar diversos productos útiles a nivel artesanal (impermeables, pelotas, etc.) tal y como lo sugiere Vaylon (2012). Winter & Lovelock (1999) la catalogan como una especie tolerante a altas concentraciones de CO₂, adicionalmente; Trinidad *et al.* (2016) afirman que, en agroecosistemas como los cacaotales, la captura de carbono se potencia debido al crecimiento de especies de sombra como *C. elastica* y Moreno-Jiménez *et al.* (2017) mencionan que esta especie es además una indicadora en la recuperación de la vegetación ribereña. Otra de las formas para conservar a la especie sería mediante la restauración ecológica de áreas fragmentadas o degradadas. Además de conservar a la especie, servirá para recuperar la biodiversidad y la funcionalidad del ecosistema restaurado (Aguirre-Jaimes *et al.* 2021, Martínez-Garza *et al.* 2021).

Se concluye que el método de conglomerados para el cálculo de las AO permite una estimación confiable de las áreas de extensión de una especie (Jaryan *et al.* 2013). Las AO calculadas son áreas potenciales a gran escala que muestran los diferentes tipos de hábitat con base en insumos abióticos (Álvarez-Martínez *et al.* (2017), pero en estudios posteriores más precisos, convendrían las evaluaciones en campo, modelos y registros con sensores remotos para analizar a través del tiempo el efecto de las presiones antrópicas en la disminución de dichas áreas y evitar el riesgo de extinción en este caso de *C. elastica* y árboles asociados (Álvarez-Martínez *et al.* 2017, Dakhil *et al.* 2021).

Material suplementario

El material suplementario de este artículo se puede encontrar aquí: <https://doi.org/10.17129/botsci.3081>

Agradecimientos

Este trabajo formó parte del Proyecto Interno “Estado actual del árbol del hule (*Castilla elastica* Sessé) en el estado de Tabasco”. Folio 287. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Literatura citada

- Aguirre-Jaimes A, López-Acosta JC, Dirzo R. 2021. Tropical rainforest fragmentation affects plant species richness, composition and abundance depending on plant-size class and life history. *Botanical Sciences* **99**: 92-103. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2679>
- Álvarez-Martínez JM, Jiménez-Alfaro B, Barquín J, Ondiviela B, Recio M, Silió-Calzada A, Juanes JA. 2017. Modelling the area of occupancy of habitat types with remote sensing. *Methods in Ecology and Evolution* **9**: 580-593. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12925>
- Arasa-Gisbert R, Arroyo-Rodríguez V, Ortiz-Díaz JJ, Martínez E. 2021. Regeneración de plantas leñosas en fragmentos de bosque tropical húmedo: estructura de la comunidad y registros nuevos para Chiapas, Tabasco y México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **92**: 1-30. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3502>
- Arias-Del Razo I, Mendoza-González G, Martínez ML, Rojas-Soto O. 2015. *Patrones de distribución de la vegetación costera en el Golfo de México y mar Caribe. Información de colecciones*. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto JM027. México: Instituto de Ecología. <https://www.snib.mx/proyectos/JM027/metadatos/SNIB-JM027-informacion-de-colecciones.pdf> (accessed June 6, 2022).
- Bautista F. 2021. *Los territorios kársticos de la península de Yucatán: caracterización, manejo y riesgos*. Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst. México. ISBN: 978-607-97684-2-3
- Bergel SD. 2020. Desarrollo sustentable y medio ambiente: la perspectiva latinoamericana. *Alegatos* **1**: 196-221.
- Blomster JP, Salazar Chávez VE. 2020. Origins of the Mesoamerican ballgame: Earliest ballcourt from the highlands found at Etlatongo, Oaxaca, Mexico. *Science Advances* **6**: 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay6964>
- Breiner FT, Bergamini A. 2018. Improving the estimation of area of occupancy for IUCN Red List assessments by using a circular buffer approach. *Biodiversity and Conservation* **27**: 2443-2448. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1555-5>
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 2001. Climas, Escala 1: 1000000. Portal de geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre biodiversidad. Subdirección de Sistemas de Información Geográfica. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. <http://www.CONABIO.gob.mx/informacion/gis/> (accessed February 26, 2019)
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 2015. Corredor Biológico Mesoamericano, Biodiversidad Mexicana. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. <http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/corredorbiomeso.html> (accessed February 2, 2015).
- Córdova-Ávalos V, Sánchez-Hernández M, Estrella-Chulím NG, Sandoval-Castro E, Ortiz-García CF. 2001. Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el ejido Francisco I. Madero del Plan Chontalpa, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* **17**: 93-100.
- Cué-Bär EM, Villaseñor JL, Arredondo-Amezcu L, Cornejo-Tenorio G, Ibarra-Manríquez G. 2006. La flora arbórea de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **78**: 47-81. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1721>
- Dakhil MA, Halmy MWA, Liao Z, Pandey B, Zhang L, Pan K, Sun X, Wu X, Eid EM, El-Barougy RF. 2021. Potential risks to endemic conifer montane forests under climate change: integrative approach for conservation prioritization in southwestern China. *Landscape Ecology* **36**: 3137-3151. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01309-4>
- FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC. 2012. *Harmonized World Soil Database (version 1.2)*. Rome, Italy: FAO and Laxenburg, Austria: IIASA
- Francisco-de la Cruz A, Villareal-Quintanilla JA, Estrada-Castillón AE, Jasso-Cantú D. 2017. Flora y vegetación del municipio Álamo Temapache, Veracruz, México. *Acta Botanica mexicana* **121**: 83-124. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm121.2017.1291>
- Fuller HJ. 1951. War-Time rubber exploitation in tropical America. *Economic Botany* **5**: 311-337. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02984800>

- García E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 970-32-1010-4
- García-Aguilar MC, Luévano-Esparza J, De la Cueva H. 2017. La fauna nativa de México en riesgo y la NOM-059: ¿Están todos los que son y son todos los que están? *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)* **33**: 188-198. DOI: <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3321060>
- Gernandt D, Salazar G, Vergara F, Arias S, Sosa V, García A, Reyes J, Cabrera L, Rosas P. 2011. *Código de barras genético de cinco grupos críticos de la flora de México. Información de colecciones*. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto GE021. México. Instituto de Ecología. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/GE021/metadatos/SNIB-GE021-informacion-de-colecciones.pdf> (accessed June 6, 2022).
- González AG. 2008. Aplicación de los sistemas de información geográfica a estudios florísticos y corológicos: algunos ejemplos. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* **28**: 9-13.
- González-Espinosa M, Meave J, Ramírez-Marcial N, Toledo-Aceves T, Lorea-Hernández F, Ibarra-Manríquez G. 2012. Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Ecosistemas* **21**: 36-52.
- Google Earth. s.f. Mapa satelital de México. https://earth.google.com/web/@23.85364684,-97.32614935,3141687.78038137a,0d,35y,1.8176h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419 (accessed August 7, 2021).
- Grande D, Losada H, Cortés J, Rivera J, Maldonado M, Pérez-Gil F. 2009. Los árboles dispersos en potreros de la región de la Sierra de Tabasco, México. *Revista Brasileira de Agroecología* **4**: 4489-4492.
- Grave Tirado LA. 2019. Informe final primera temporada. Proyecto Arqueológico Sur de Sinaloa (PASS). Dinámica cultural y organización político-territorial en la época prehispánica y la Conquista. Sinaloa, México: Secretaría de Cultura. Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).
- Hernández HM, Navarro M. 2007. A new method to estimate areas of occupancy using herbarium data. *Biodiversity and Conservation* **16**: 2457-2470. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9134-6>
- Hernández-Pérez E, González-Espinosa M, Trejo I, Bonfil C. 2011. Distribución del género *Bursera* en el estado de Morelos, México y su relación con el clima. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **82**: 964-976.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2013. Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0). <http://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/> (accessed June 30, 2022)
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2017. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Serie VI, escala: 1:250 000. <http://www.INEGI.org.mx/geo/contenidos/recnat/usosuelo/> (accessed February 26, 2019)
- IUCN [Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza]. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. <http://www.iucnredlist.org> (accessed July 30, 2021).
- IUSS [Working Group WRB]. 2015. *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports No. 106. Rome, Italy: FAO. e-ISBN: 978-92-5-108370-3
- Jaryan V, Uniyal SK, Kumar A, Gupta RC, Singh RD. 2013. Extent of occurrence and area of occupancy of tallow tree (*Sapium sebiferum*): using the red list criteria for documenting invasive species expanse. *National Academy Science Letters* **36**: 85-91. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40009-012-0103-1>
- Kolb M, Gerritsen PRW, Garduño G, Lazos Chavero E, Quijas S, Balvanera P, Álvarez N, Solís J. 2018. Land Use and Cover Change Modeling as an Integration Framework: A Mixed Methods Approach for the Southern Coast of Jalisco (Western Mexico). In: Camacho Olmedo MT, Paegelow M, Mas J-F, Escobar F, eds. *Geomatic Approaches for Modeling Land Change Scenarios, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Cham: Springer, pp. 241-268. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60801-3>
- Lugo AE, Da Silva JF, Sáez Uribe AM. 2008. Balance de carbono en un bosque novedoso de *Castilla elastica*: resultados preliminares. *Acta Científica* **22**: 13-27.

- Maldonado-Sánchez EA, Ochoa-Gaona S, Ramos-Reyes R, Guadarrama-Olivera MA, González-Valdivia N, De Jong BHJ. 2016. La selva inundable de canacoite en Tabasco, México, una comunidad vegetal amenazada. *Acta Botanica Mexicana* **115**: 75-101. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm115.2016.1113>
- Mariaca Méndez R. 2012. *El huerto familiar del sureste de México*. Chiapas, México: Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco. El Colegio de la Frontera Sur. ISBN: 978-607-7637-68-4.
- Martínez-Garza C, Méndez-Toribio M, Ceccon E, Guariguata MR. 2021. Ecosystem restoration in Mexico: insights on the project planning phase. *Botanical Sciences* **99**: 242-256. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2695>
- Martínez-Ruiz R, Rojo-Martínez GE, Jasso-Mata J. 2007. Análisis del crecimiento y producción de látex en plantaciones comerciales de hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) en el estado de Oaxaca, México. *Ra Ximhai* **3**: 565-578. DOI: <https://doi.org/10.35197/rx.03.03.2007.06.rmrerre>
- Mau AC, Reed SC, Wood TE, Cavalieri MA. 2018. Temperate and tropical forest canopies are already functioning beyond their thermal thresholds for photosynthesis. *Forests* **9**:1-24. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9010047>
- Meli P, Rey Benayas JM, Martínez Ramos M, Carabias J. 2015. Effects of grass clearing and soil tilling on establishment of planted tree seedlings in tropical riparian pastures. *New Forests* **46**: 507-525. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9479-3>
- Miller K, Chang E, Johnson N. 2001. *En busca de un enfoque común para el Corredor Biológico Mesoamericano*. Washington, D.C, USA: World Resources Institute. ISBN: 1-56973-486-0
- Miranda F, Hernández-X E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences* **28**: 29-79. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>
- Monjardin Armenta SA, Pacheco Angulo CE, Plata Rocha W, Corrales Barraza G, Romero Andrade R, Beltran Gonzalez JC. 2016. Determination and Analysis of Hot Spot Areas of Deforestation Using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques. Case Study: State Sinaloa, México. *Open Journal of Forestry* **6**: 295-304. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojf.2016.64024>
- Morales LJ. 2012. *Diversidad y conservación de orquídeas en plantaciones de cacao del sureste de México*. MSc. Thesis. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México.
- Morales-Saldaña S, Luna-Bonilla OÁD, Cadena-Rodríguez YJ, Valencia-AS. 2021. Species distribution of *Quercus* (Fagaceae) along an altitude gradient, reveals zonation in a hotspot. *Botanical Sciences* **99**: 722-734. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2761>
- Moreno-Jiménez V, Castillo-Acosta O, Gama-Campillo L, Zavala-Cruz J, Ortiz-Pérez MA. 2017. Relación de vegetación ribereña y propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco, México. *Madera y Bosques* **23**: 91-109. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2017.231510>
- Palace M, Sullivan FB, Ducey M, Herrick C. 2016. Estimating tropical forest structure using a terrestrial lidar. *Plos one* **11**: 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154115>
- Palma-López DJ. 2019. Suelos. In: CONABIO. *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 43-49. ISBN: 9786078570201
- Paulsen J, Körner C. 2001. GIS-analysis of tree-line elevation in the Swiss Alps suggests no exposure effect. *Journal of Vegetation Science* **12**: 817-824. DOI: <https://doi.org/10.2307/3236869>
- Pennington TD, Sarukhán J. 2005. *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. México: UNAM. ISBN: 9789703216437
- Ponce SG. 2008. *Dispersión secundaria de semillas defecadas por monos en hábitats con diferentes niveles de perturbación*. MSc. Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México
- Porras MO. 2004. Alergia al látex: Una revisión. *Revista Médica del Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera* **39**: 12-23. DOI: <https://doi.org/10.51481/amc.v45i4.118>
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from: <https://www.R-project.org/> (accessed March 10, 2022).
- Rapoport EH. 1975. *Aerografía: estrategias geográficas de las especies*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Rapoport E, Monjeau A. 2001. Aerografía. In: Llorente Bousquets J, Morrone JJ, eds. *Introducción a la biogeografía*.

- grafía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 23-30. ISBN: 968-36-9463-2
- Rivers MC, Bachman S, Meagher TR, Lughadha EN, Brummitt NA. 2010. Subpopulations, locations and fragmentation: applying IUCN red list criteria to herbarium specimen data. *Biodiversity and Conservation* **19**: 2071-2085. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9826-9>
- Rosete-Vergés FA, Pérez-Damián JL, Villalobos-Delgado M, Navarro-Salas EN, Salinas-Chávez E, Remond-Noa R. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* **20**: 21-35. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2014.201173>
- Royo-Márquez MH, Melgoza-Castillo A, Quintana-Martínez G. 2014. Especies vegetales en peligro, su distribución y estatus de conservación de los ecosistemas donde se presentan. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* **5**: 86-103. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i22.352>
- Salas-Morales SH, Saynes-Vásquez A, Schibli L. 2003. Flora de la costa de Oaxaca, México: Lista florística de la región de Zimatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **72**: 21-58. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1669>
- Sakai S. 2001. Thrips pollination of andro dioecious *Castilla elastica* (Moraceae) in a seasonal tropical forest. *American Journal of Botany* **88**: 1527-1534. DOI: <https://doi.org/10.2307/3558396>
- Sánchez Ocaña A. 2020. *Conocimiento biocultural del árbol del hule (*Castilla elastica* Cerv.) en la región de la Chontalpa, Tabasco*. BSc Thesis. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Scheinvar L, Matias E, Olalde G. 2011. *Especies silvestres de nopal mexicanos. Información de colecciones*. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto GE005. México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/GE005/metadatos/SNIB-GE005-informacion-de-colecciones.pdf (accessed June 6, 2022).
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 2da Sección, 30 de diciembre de 2010.
- Soto-Pinto L, Romero-Alvarado Y, Caballero-Nieto J, Segura Warnholtz G. 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in Northern Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical* **49**: 977-987.
- Standley PC. 1920-1926. Trees and shrubs of Mexico. *Contributions of United States National Herbarium* **23**: 1-1721. DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.15726>
- Stone AJ. 2002. Spirals, Ropes, and Feathers. The iconography of rubber balls in Mesoamerican art. *Ancient Mesoamerica* **13**: 21-39. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0956536102131026>
- Tarkanian MJ, Hosler D. 2011. America's first polymer scientists: rubber processing, use and transport in Mesoamerica. *Latin American Antiquity* **22**: 469-486. DOI: <https://doi.org/10.7183/1045-6635.22.4.469>
- Toledo VM, Alarcón-Chaires P, Moguel P, Olivo M, Cabrera A, Lyequien E, Rodríguez-Aldabe A. 2001. El Atlas Etnoecológico de México y Centroamérica: Fundamentos, Métodos y Resultados. *Etnoecología* **6**: 7-41.
- Trinidad FW, Sol-Sánchez A, Galindo-Alcántara A. 2016. Evaluación de la rentabilidad económica y captura de carbono en plantaciones de cacao en el plan Chontalpa, Tabasco. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático* **2**: 53-71.
- Vaylon L. 2012. *Uso y distribución de *Castilla elastica* (hule) en Zozocolco de Guerrero, Veracruz*. BSc Thesis. Universidad Nacional Autónoma De México.
- Vázquez-Negrín I, Castillo-Acosta O, Valdez-Hernández JI., Zavala-Cruz J, Martínez-Sánchez JL. 2011. Estructura y composición florística de la selva alta perennifolia en el ejido Niños Héroes Tenosique, Tabasco, México. *Polibotánica* **32**: 41-61.
- Vázquez-Yanes C, Batis Muñoz AI, Alcocer Silva MI, Gual Díaz M, Sánchez Dirzo C. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ecología, Universidad

- Nacional Autónoma de México. http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/J084_Fichas%20de%20Especies.pdf (accessed February 10, 2019).
- Villalobos-Sánchez G. 2013. El contexto físico y su importancia para la preservación de la Biodiversidad. In: CONABIO, eds. *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, pp. 27-40. ISBN Vol I: 978-607-7607-99-1
- Villanueva-Partida CR, Casanova-Lugo F, González-Valdivia NA, Villanueva-López G, Oros-Ortega I, Cetral-Ix W, Basu SK. 2017. Traditional uses of dispersed trees in the pastures of the mountainous region of Tabasco, Mexico. *Agroforestry Systems* **93**: 383-394. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0125-2>
- Villaseñor JL. 2010. *El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico-taxonómico*. DF, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 978-607-02-1557-5
- Wilson LD, Townsend JH. 2006. The herpetofauna of the rainforest of Honduras. *Caribbean Journal of Science* **42**: 88-113.
- Winter K, Lovelock CE. 1999. Growth responses of seedlings of early and late successional tropical forest trees to elevated atmospheric CO₂. *Flora* **194**: 221-227. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)30900-3](https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30900-3)

Editor de sección: Alejandro Zavala Hurtado

Author contributions: DBMH recopiló la información necesaria para el trabajo, analizó la información y redactó el escrito. GVS, concibió la idea, contribuyó a recopilar la información necesaria para el trabajo, analizó la información y redactó el escrito. MLNP analizó la información, ayudó en la elaboración de los mapas, contribuyó en el análisis de la información y en la redacción del escrito.