



DOI: 10.29298/rmcf.v15i86.1486

Artículo de investigación

**Aspectos ecológicos, morfológicos y fenológicos de  
*Canella winterana* (L.) Gaertn. (Canellaceae) en  
Calakmul, Campeche**

**Ecological, morphological and phenological aspects of  
*Canella winterana* (L.) Gaertn. (Canellaceae) in  
Calakmul, Campeche**

Noel Antonio González-Valdivia<sup>1,2</sup>, Jorge Luis García-Lanz<sup>1</sup>, Enrique Arcocha-Gómez<sup>1,2</sup>, Brígido Manuel Lee Borges<sup>1</sup>, Patricia Sandoval Pech<sup>1</sup>, Edith González Lazo<sup>3</sup>, Benito Bernardo Dzib-Castillo<sup>1,2\*</sup>

Fecha de recepción/Reception date: 21 de mayo de 2024

Fecha de aceptación/Acceptance date: 27 de agosto del 2024

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Chiná, Departamento de Ingenierías. México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Chiná, Posgrado Maestría en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles. México.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Escárcega. México.

\*Autor para correspondencia; correo-e: bernadzib@yahoo.es

\*Corresponding author; e-mail: bernadzib@yahoo.es

## Resumen

La canela *che* (*Canella winterana*) es un árbol de madera dura y de distribución restringida en las selvas de Calakmul, Campeche, donde es poco conocido, pero con amplio potencial maderable y no maderable. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar y relacionar la composición florística asociada a la población de *C. winterana* en las selvas de Calakmul. Para ello, se identificó la composición de la comunidad florística asociada a *C. winterana*; se establecieron 10 sitios de muestreo similares a los del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (Infys) usado en México. Se calcularon los índices ecológicos, de ordenación y de proximidad entre comunidades de árboles con base en la similitud de su composición por NMDS y UPGMA, en PAST 4.07. Se identificaron 121 taxones de árboles además de *C. winterana*; la mayoría de los individuos de esta especie se ubicaron en bosques de llanura aluvial media a baja y bosques subperennifolios medios; sobre leptosoles líticos o mólicos y vertisoles. Su patrón de distribución fue agregado. Los árboles reproductivos promediaron alturas de 8.7 m y diámetros normales de 15.8 cm. Los frutos pesaron  $0.34 \pm 0.06$  g, con seis semillas en promedio, las cuales alcanzan un peso promedio de  $0.04 \pm 0.001$  g. En conclusión, se identificaron dos tipos de bosques y tres suelos asociados a *C. winterana*, así como atributos ambientales y ecológicos relevantes para su presencia en Calakmul, y se determinó que está bien integrada a la comunidad forestal de la región.

**Palabras clave:** Dendrometría, dispersión, ecología forestal, fenología, fitorrecursos, flora tropical.

## Abstract

Wild cinnamon (*Canella winterana*) is a hardwood tree of restricted distribution in the jungles of *Calakmul*, *Campeche*, where it is little known, but with ample timber and non-timber potential. The objective of this study was to characterize and relate the floristic composition associated with the population of *C. winterana* in the forests of *Calakmul*. For this purpose, the composition of the floristic community associated with *C. winterana* was identified; 10 sampling sites similar to those of the National Forest and Soil Inventory (*Infys* by its Spanish acronym) utilized in Mexico were established. Ecological, ordination, and proximity indices between tree communities were calculated based on similarity in their composition by NMDS and UPGMA, using PAST 4.07. In addition to *C. winterana*, 121 tree taxa were identified; most of the individuals of this species were located in medium to low alluvial plain forests and medium sub-evergreen forests, on lithic or mollic leptosols and vertisols. Its distribution pattern was aggregated. The reproductive trees averaged heights of 8.7 m and normal diameters of 15.8 cm. The fruits weighed  $0.34 \pm 0.06$  g, with six seeds on average, which reached an average weight of  $0.04 \pm 0.001$  g. In conclusion, two forest types and three soils associated with *C. winterana* were identified, as were environmental and ecological attributes relevant to its presence in *Calakmul*, and it was determined that it is well integrated into the forest community of the region.

**Keywords:** Dendrometry, dispersal, forest ecology, phenology, phytoresources, tropical flora.

## Introducción

Las selvas de México constituyen un conjunto de bosques tropicales de estructura y composición distintivas, que varían desde las de tipo bajo e intermedio en altura del dosel, hasta aquellas en las que el arbolado es relativamente alto (>20 m); además contienen muchas especies endémicas o raras, con frecuencia poco conocidas (Dzib-Castillo *et al.*, 2014; Granados-Victorino *et al.*, 2017). En las selvas del estado de Campeche, una de ellas es *Canella winterana* (L.) Gaertn. (familia Canellaceae: Canellales), árbol de distribución restringida a una pequeña área de la Reserva de la Biósfera de Calakmul que no obstante, contribuye de manera importante en el almacenamiento de carbono en la biomasa arbórea (Esparza y Martínez, 2018). Conocido como canela blanca o canela *che*, *C. winterana* es un árbol originario de las Antillas y la cuenca del Caribe (Ochoa-Gaona *et al.*, 2018).

En el sureste de México, es considerada como árbol maderable, pero con baja frecuencia de aparición en inventarios, lo que lo vuelve raro o escaso debido a su

distribución restringida, por lo cual es difícil de obtener en los estados de Campeche y Quintana Roo (Tetela-Rangel *et al.*, 2012). En Campeche, la especie parece avanzar hacia la vertiente del Golfo de México, y coloniza áreas más alejadas de la cuenca del Caribe.

Es empleada como estimulante, digestivo, para afecciones reumáticas y en el alivio de la artritis (Rodríguez, 2012). De igual modo, se han citado altos contenidos de sesquiterpenoides fitotóxicos o metabolitos secundarios con potenciales compuestos antifúngicos y bactericidas con posible aplicación en el control de enfermedades de cultivos agrícolas (Senkoro *et al.*, 2020). A pesar de ello, en México existen pocos estudios relacionados con su propagación y reproducción bajo condiciones ambientales naturales (*in situ*) y menos aún *ex situ* (Murcia *et al.*, 2016). Es una especie que puede considerarse en riesgo o peligro de pérdida genética por la reducción de los ecosistemas de selva donde se encuentra; situación que se agrava por su condición de especie de distribución restringida o rara, que además es endémica para la cuenca del Caribe y Las Antillas (Báez-Vargas *et al.*, 2017; Ellis *et al.*, 2017).

El poco conocimiento sobre las características de este taxón aromático, hacen interesante estudiarlo en su morfología, requerimientos ambientales y comunidades forestales en las que se presenta en Campeche, así como aspectos de su reproducción y dispersión. Por lo anterior, se planteó como objetivo del caracterizar y relacionar la composición florística asociada a la población de *C. winterana* en la selva de Calakmul, Campeche.

## **Materiales y Métodos**

### **Caracterización de la vegetación asociada a *C. winterana***

Dentro de la estrecha franja de distribución de la especie en Calakmul, previa exploración de la misma como recomiendan Olvera-Vargas *et al.* (2021), se ubicó una subzona en la cual se ha registrado su presencia y de los tipos de vegetación primaria en las que suele crecer (Chiquini-Heredia *et al.*, 2017). Las unidades de paisaje forestal en los que se ubicó *C. winterana* fueron: vegetación secundaria intermedia o barbecho por actividad agrícola de 15 a 30 años (VSI), vegetación secundaria avanzada o barbecho mayor a 30 años (VSM), vegetación secundaria avanzada con manejo silvicultural (VSM\_R), selva baja a mediana inundable o bajo inundable (SMI), y selva mediana subperennifolia (SMQ). Se utilizaron 10 parcelas en las cuales se identificaron las especies arbóreas presentes como acompañantes de canela *che*.

Este esquema permitió una mayor representatividad respecto a la comunidad estudiada, al conjuntar cuatro subparcelas circulares de 11.3 m de radio (400 m<sup>2</sup>), anidadas dentro de una mayor de 56.16 m de radio (10 000 m<sup>2</sup>), que delimita una hectárea (Chiquini-Heredia *et al.*, 2017). Cada subparcela circular se subdividió en ocho secciones, que iniciaron siempre con un transecto con rumbo norte franco, a partir del cual se trazaron otros en ángulos de 45° respecto al anterior, girando en el sentido de las manecillas del reloj. Esa configuración facilitó el inventario y así, en cada sección, se contabilizaron e identificaron los individuos arbóreos presentes, con apoyo de literatura especializada en la vegetación de la zona (Martínez y Galindo-Leal, 2002; Ochoa-Gaona *et al.*, 2018), y la nomenclatura posteriormente se actualizó mediante la consulta de un listado de flora publicado por el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) (Fernández-Concha *et al.*, 2010).

El conteo de individuos por parcela se consideró un estimador de la abundancia de cada especie y permitió establecer el listado de la comunidad de flora arbórea que acompaña la distribución de *C. winterana* en la zona. Para este taxón, se determinaron tres categorías: Brinzal (altura < 1 m), Latizal (1 m > altura < 3 m) y Fustal (altura > 3 m), modificando la propuesta de López-Toledo *et al.* (2012). Con los datos de campo se procedió a estimar índices ecológicos y comunitarios que

incluyeron la riqueza de especies (Índice *Hair*,  $S$ ), diversidad de *Shannon-Wiener* ( $H'$ ), dominancia de *Simpson* ( $D$ ) y equidad de *Pielou* ( $E$ ). Se hicieron análisis de ordenación por el método de escalamiento dimensional no métrico (NMDS) y de agrupamiento por pares de medias no ponderadas (UPGMA) en el programa *PAST* 4.07 (Hammer *et al.*, 2001); dichos índices se usaron para determinar si las comunidades en las que se presenta la especie se distinguían entre sí como unidades del paisaje distintos por su composición florística.

## Patrones de distribución

Con el fin de establecer una referencia reconocida en la literatura científica, se utilizaron los tres patrones principales de distribución: uniforme, agrupado y aleatorio centrados en el árbol progenitor o reproductivo (Carrillo-Ángeles *et al.*, 2011; Ledo *et al.*, 2012). Para determinar el tipo de distribución en *C. winterana* se contabilizó la cantidad de individuos en estados de brinzal o latizal respecto al árbol progenitor, ubicado hacia el centro de cuatro parcelas de muestreo. Se utilizaron los índices de distribución de *Cox* (Ecuación 1), que según Ledo *et al.* (2012) corresponden a aquellos usualmente aplicados en inventarios con unidades de muestreo no necesariamente contiguas, y el de *Morisita* útil cuando no se tienen datos de distancia entre individuos. Se emplearon ambos índices porque dan información contrastante con base en la densidad de individuos detectados en campo. Al mismo tiempo, se usó la función de distribución de *Poisson* (Ecuación 2), comprobada por la prueba  $X^2$ , que incluye aspectos espaciales referidos a parcelas de muestreo de límites conocidos, y permite estimar un Índice de Agrupamiento ( $Pss$ ) que sirvió para validar o rechazar a los anteriores (Hernández *et al.*, 2018).

$$\text{Distribución de Cox} = \frac{S^2}{\mu} \quad (1)$$

Donde:

$S^2$  = Varianza

$\mu$  = Media

$$IP = n \left[ \frac{(\sum xi^2 - \sum xi^2)}{(\sum xi)^2 - \sum(xi)} \right] \quad (2)$$

Donde:

$n$  = Tamaño de muestra

$Xi$  = Número de individuos en el cuadrante  $i$

## **Caracterización del hábitat de *C. winterana***

Cada una de las cuatro parcelas circulares se trazó utilizando un hipsómetro *Vertex* IV y un transpondedor T3 (ambos marca *Haglör*<sup>®</sup> Sweden), a partir del árbol adulto de *C. winterana* con rumbo norte. La humedad y temperatura ambiental se registraron con un equipo multifunción digital *Sunroad*<sup>®</sup> SR108N, el pH y temperatura del suelo con el equipo portátil de análisis multiparamétrico *Hanna*<sup>®</sup> HI9813-5, así como los equipos portátiles *Hanna Groline*<sup>®</sup> HI98331 y *Hanna*

*Checker*<sup>®</sup> HI98103. La iluminación incidente en el piso del bosque se estimó mediante el luxómetro portátil *Hanna*<sup>®</sup> HI97500.

## **Morfología y reproducción de *C. winterana***

La forma del árbol de *C. winterana* se ha descrito mediante el reconocimiento en campo de sus componentes superficiales (tallo, ramas, follaje, frutos); para ello, se obtuvieron datos sobre el diámetro normal (cinta diamétrica *Forestry Suppliers*<sup>®</sup> Inc. 283D); altura del árbol y altura de fuste limpio (clinómetro *Suunto*<sup>®</sup> PM-5/360 PC); número de ramas primarias, secundarias y de otros ordenes menores; infrutescencia por ramas terminales y número de frutos por infrutescencia. También, se estimó el peso de frutos y de semillas (balanza *Higland*<sup>®</sup> HCB602H), además del número de semillas por fruto. La fenología reproductiva fue descrita por el monitoreo mensual de la aparición de la floración y fructificación, desconocida en gran medida para esta especie.

## **Resultados**

### **Caracterización de la vegetación asociada a *C. winterana***

En Campeche, la canela *che* está concentrada en el sector norte de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, en terrenos irregulares y sobre la pendiente base del terreno;

se presenta en dos tipos de formaciones forestales, ampliamente distribuidas en la región, la selva mediana subperennifolia (SMQ) y la selva mediana y baja inundable (SMI). Asimismo es posible encontrarla dentro de la sucesión secundaria procedente de la agricultura, denominada localmente "acahual", tanto en unidades de vegetación posagrícola antigua (>30 años de barbecho o descanso, VSM), como intermedias (entre 15 y 30 años de abandono, VSI) y en vegetación posagrícola antigua (>30 años de barbecho o descanso con manejo, VSM\_R), por lo cual los silvicultores eliminan parte del arbolado y seleccionan aquellos con fustes rectos y sanos. No se ha registrado en vegetación de sucesión con menor edad.

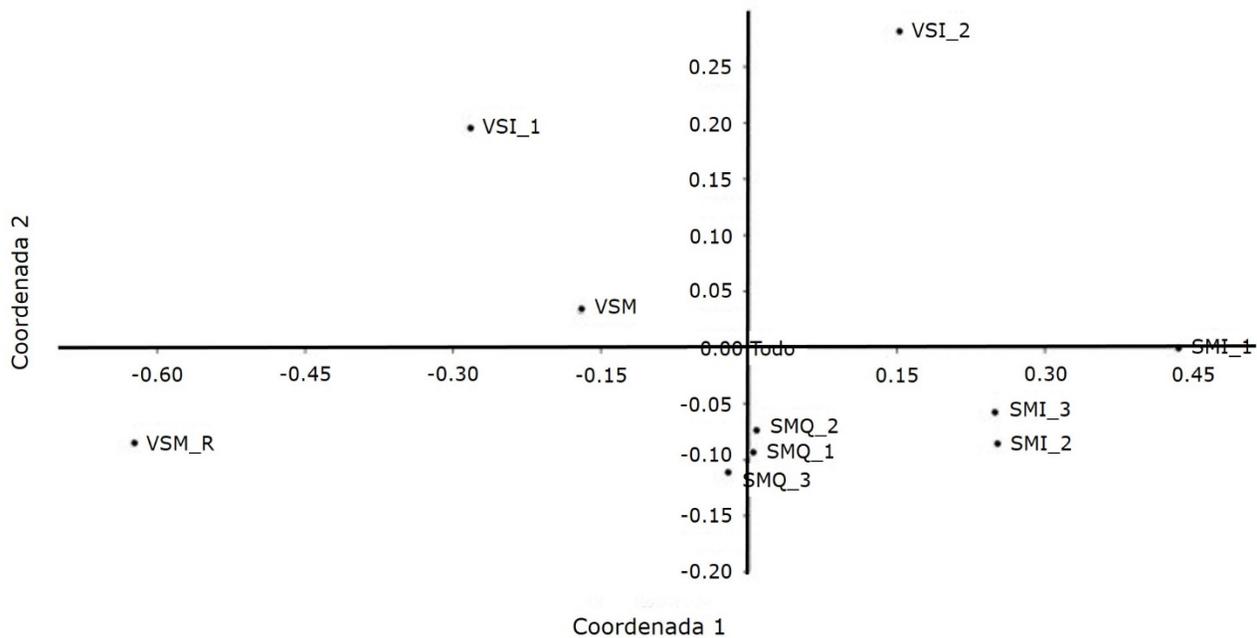
En la zona se detectaron 121 especies arbóreas asociadas a *C. winterana*, de las cuales 12 coincidieron en todas las unidades del paisaje, mientras que otras 19, 23, 22 y 45 compartieron cuatro, tres, dos o una de las cinco distintas unidades de paisaje de los ecosistemas forestales en Calakmul donde la canela *che* está presente. En el Cuadro 1 se anotan los cinco taxa que, con mayor frecuencia y abundancia, compartieron con *C. winterana* al menos tres de los ambientes forestales incluidos en el inventario. En la Figura 1 se muestra el ordenamiento de las unidades de paisaje y en la Figura 2, el agrupamiento de estas con base en la semejanza de la flora que se identificó como acompañante de *C. winterana* en la zona.

**Cuadro 1.** Principales especies de flora acompañante de *Canella winterana* (L.) Gaertn. en el paisaje forestal de la región de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche, México.

Espece	Familia	Ecosistemas	Densidad (ind. ha <sup>-1</sup> )
<b><i>Gymnanthes lucida</i> Sw.</b>	Euphorbiaceae	VSI, SMI, SMQ	32
<b><i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma</b>	Sapotaceae	VSI, VSM, SMI, SMQ	21
<b><i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.</b>	Fabaceae	VSI, VSM, VSM_R, SMI, SMQ	17

<b><i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.</b>	Burseraceae	VSI, VSM, VSM_R, SMI, SMQ	15
<b><i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen</b>	Sapotaceae	VSI, VSM, VSM_R, SMI, SMQ	13

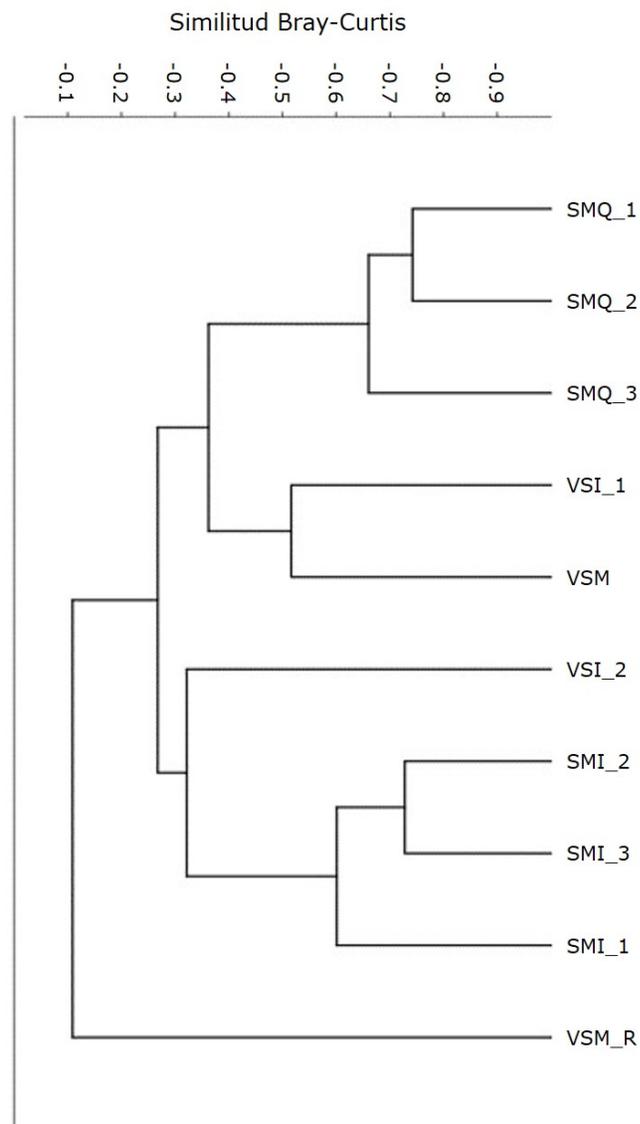
Ecosistemas: Unidades de paisaje forestal compartidos con *Canella winterana* (L.) Gaertn. en Calakmul, Campeche, México. VSI = Vegetación secundaria intermedia (barbecho por actividad agrícola de 15 a 30 años); VSM = Vegetación secundaria avanzada (barbecho mayor a 30 años); VSM\_R = Vegetación secundaria avanzada con manejo silvicultural; SMI = Selva baja a mediana inundable (bajo inundable); SMQ = Selva mediana subperennifolia.



SMQ = Selva mediana subperennifolia; SMI = Selva mediana a baja inundable; VSM = Vegetación secundaria antigua (>30 años de barbecho posagrícola) de SMQ; VSM\_R = VSM con manejo por el cual los silvicultores eliminan parte del arbolado y seleccionan aquellos con fustes rectos y sanos; VSI = Vegetación secundaria

intermedia (15 a 30 años de barbecho). NMDS *Stress* = 0.03744;  $R^2$  eje 1 = 0.7218;  $R^2$  eje 2 = 0.05282; Índice de distancia de *Bray-Curtis*.

**Figura 1.** Ordenamiento de las unidades de paisaje en la Reserva de la Biósfera de Calakmul en Campeche, México, donde se distribuye *Canella winterana* (L.) Gaertn., árbol maderable y aromático asociado a la cuenca Caribe-Antillana en América tropical.



SMQ = Selva mediana subperennifolia; SMI = Selva mediana a baja inundable; VSM = Vegetación secundaria antigua (>30 años de barbecho posagrícola) de SMQ; VSM\_R = VSM con manejo por el cual los silvicultores eliminan parte del arbolado y seleccionan aquellos con fustes rectos y sanos; VSI = Vegetación secundaria intermedia (15 a 30 años de barbecho).

**Figura 2.** Agrupamiento de las unidades de paisaje en la Reserva de la Biósfera de Calakmul en Campeche, México, donde se distribuye *Canella winterana* (L.) Gaertn., árbol maderable y aromático asociado a la cuenca Caribe-Antillana en América Tropical.

La diferencia entre las comunidades forestales fue mayor al compararse todas con VSM-R, debido a que las prácticas silviculturales de manejo que se aplican en ese tipo de ambientes se basan en la supresión o eliminación de especies consideradas no útiles por los silvicultores; lo que a su vez puede modificar las densidades de algunos taxones, ya que se favorecen las preferidas. Los índices ecológicos para las distintas condiciones ecológicas donde se ha observado *C. winterana* se describen en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Índices ecológicos registrados en parcelas circulares establecidas en el paisaje forestal de Calakmul, Campeche, México, donde se ubicaban árboles de *Canella winterana* (L.) Gaertn.

ECOSISTEMA	RIQUEZA	INDIVIDUOS	DIVERSIDAD	DOMINANCIA	EQUIDAD	CHAO1
VSI	53±3	358±13	3.0±0.2	0.1±0.01	1±0.03	62
VSM_R	30±2	391±41	2.0±0.3	0.2±0.01	1±0.08	33
VSM	60±6	373±64	4.0±0.4	0.05±0.01	1±0.02	74
SMI	56±13	408±32	3.0±0.2	0.06±0.01	1±0.02	73
SMQ	47±2	371±23	3.0±0.1	0.09±0.02	1±0.04	63

VSI = Vegetación secundaria intermedia (15 a 30 años); VSM\_R = Vegetación secundaria antigua con manejo silvicultural (>30 años); VSM = Vegetación secundaria antigua (>30 años); SMI = Selva mediana a baja inundable; SMQ = Selva mediana subperennifolia. Riqueza de *Hair* = Número de especies; Individuos = Promedio de individuos (árboles) contabilizados en una comunidad (ind. ha<sup>-1</sup>); Diversidad = Índice de *Shannon-Wiener* de base 10; Dominancia = Índice de *Simpson*; Equidad = Índice de *Pielou*; *Chao1* = Estimador de eficiencia de la intensidad del muestreo asociada a cada unidad por el Índice *Chao*, con base en el total de especies detectadas en el paisaje.

Las características del suelo en las cuales se desarrolla *C. winterana* incluyen, conforme la Base de Referencia Mundial (WRB), desde el Vertisol o Gleysol (*Aak 'al che'* en la clasificación Maya de suelos) y el Vertisol hístico (*Ya 'ax hom* en la clasificación Maya), hasta el Leptosol lítico o mólico (*Box lu'um*), que según Bautista y Zinck (2010) en la zona corresponden a aquellos en los que se distribuyen las selvas inundables en el primer caso y las selvas medianas subperennifolias en el segundo (Cuadro 2).

## **Patrones de distribución**

La canela *che* presentó un patrón de distribución que se alejó del progenitor, por lo que se asociaría a uno de tipo aleatorio respecto a su progenitor más probable, ya que en campo las plántulas y otros reclutas de la especie se ubicaron a una distancia mayor a 6 m, tanto del árbol reproductor céntrico de cada parcela como respecto a su vecino más próximo (Cuadro 3). No obstante, tanto el Índice de

*Morisita* ( $\hat{I}p=7.2$ , si  $\hat{I}p>0$ , la distribución es agregada), como el Índice de *Cox* ( $Cox=1.5$ , si  $Cox>1$ , la distribución es uniforme) demostraron que la especie tiende a distribuirse de forma agregada o uniforme, respectivamente.

**Cuadro 3.** Patrón de distribución de individuos de *Canella winterana* (L.) Gaertn., con base en datos de la distancia de individuos respecto al árbol reproductor centrado en parcelas circulares en el paisaje forestal de Calakmul, Campeche, México.

CATEGORÍA	DISTANCIA AL ÁRBOL DE <i>C. WINTERANA</i> (L.) GAERTN. CENTRAL (M)	DISTANCIA A <i>C. WINTERANA</i> (L.) GAERTN. AL VECINO MÁS PRÓXIMO (M)	PATRÓN DE DISTRIBUCIÓN DETECTADO
<b>FUSTAL</b>	6.7±4.8	6.1±4.6	Aleatorio con base en la distancia >5 m respecto al árbol central o de vecinos más próximos. Agregado a uniforme con base en los índices de <i>Cox</i> ( $Cox=1.5$ ), <i>Morisita</i> ( $\hat{I}p=7.2$ ) y de agregación por la función de distribución de <i>Poisson</i> ( $Pss=15.69$ , $X^2=11.502$ , $p<0.001$ ).
<b>BRINZAL</b>	6.5±3.3	3.6±4.3	
<b>LATIZAL</b>	11.7±1.2	8.6±5.6	

La discrepancia antes descrita, puede explicar porque los índices convencionales de *Cox* y *Morisita* no consideran las distancias y ubicaciones de los individuos entre sí. Para resolver esto, el estimador más apropiado ha sido el Índice de Agrupamiento de *Poisson* (Hernández *et al.*, 2018), el cual demostró que la distribución no es aleatoria, lo que confirmó el patrón de *C. winterana* como de tipo agrupado ( $Pss=15.69$ ,  $X^2=11.502$ ,  $p<0.001$ ).

## Condiciones de hábitat preferentes de *C. winterana*

La mayoría de los individuos de *C. winterana* se localizaron en unidades de paisaje de selva mediana a baja inundable y predominantemente en la selva mediana subperennifolia, así como en sucesión secundaria posagrícola en terrenos irregulares y sobre la pendiente base del terreno, que se caracteriza por suelos negros a grises de leptosoles líticos o mólicos a vertisoles que a menudo se saturan de humedad durante más de dos meses (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Características edáficas y ambientales de las unidades de paisaje donde se encuentran árboles reproductivos de *Canella winterana* (L.) Gaertn. en la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche, México.

Características de las condiciones ecológicas								
Ambiente	Suelo	P	Exp.	Ped. Sup.	Ped. Int.	Perturba.	Text.	Est.
<b>SMQ/SMI</b> <b>18°31'59.268"</b> <b>N, 89°12'0.828"</b> <b>O</b>	Vertisol ( <i>Aak 'al che'</i> ) negro grisáceo, abundantes raíces finas en los primeros 10 cm y gruesas a mayor profundidad	2	Sur-norte	Nula	Nula	Alta	Arcillosa	Blocosa
<b>SMQ</b> <b>18°31'58.836"</b> <b>N, 89°12'0.576"</b> <b>O</b>	Leptosol lítico ( <i>Box lu'um</i> ) gris oscuro, con poca arena y abundantes raíces finas en los primeros 20 cm	25	Norte-sur	Alta	Intermedia a alta	Baja	Franco-arcillosa	Granular
<b>SMQ</b> <b>18°31'55.956"</b> <b>N,</b> <b>89°11'42.000"</b> <b>O</b>	Leptosol mólico ( <i>Box lu'um</i> ) gris oscuro, con poca arena y abundantes raíces finas en los primeros 20 cm	5	Norte-sur	Alta	Intermedia a alta	Baja	Arenoso-franco	Granular a masivo
<b>SMQ/SMI</b>	Vertisol hístico	20	Oeste	Nula	Nula	Alta	Franco	Granular

**18°32'7.548" N,** (*Yaxhoom*) gris oscuro, -este migajoso  
**89°11'34.224"** con poca arena y  
**O** abundantes raíces finas  
 en los primeros 20 cm

**Características de las condiciones ecológicas**

<b>Ambiente</b>	HR	Tem.	pH	Lux	Alt.	Esp. Hoja.	Prof. Mineral	Act. Mac.
<b>SMQ/SMI</b>	56	28.7	7.7	14 000	177	3	50	Ninguna
<b>SMQ</b>	88	32.2	7.5	21 000	178	6	40	Escasa y poco móvil
<b>SMQ</b>	82	31.2	7.6	12 000	199	6.5	40	Abundante y activa
<b>SMQ/SMI</b>	21.6	26.9	7.4	8 000	181	4.4	18	Abundante y activa

SMQ = Selva mediana subperennifolia; SMI = Selva mediana a baja inundable; Suelo = Tipo de suelo; P = Pendiente en porcentaje; Exp. = Exposición de la pendiente; Ped. Sup. = Pedregosidad superficial; Ped. Int. = Pedregosidad interna; Perturba. = Nivel de perturbación antrópica observada; Text. = Clase textural del suelo; Est. = Estructura del suelo; HR = Humedad relativa en porcentaje; Tem. = Temperatura en °C; pH = Concentración de hidrógeno o reacción del suelo; Lux = Iluminancia en Lux; Alt. = Altitud sobre el nivel del mar; Esp. Hoja. = Espesor de hojarasca (cm); Prof. Mineral = Profundidad del suelo mineral friable (cm); Act. Mac. = Actividad observada de la macrofauna edáfica.

**Morfología y reproducción de *C. winterana***

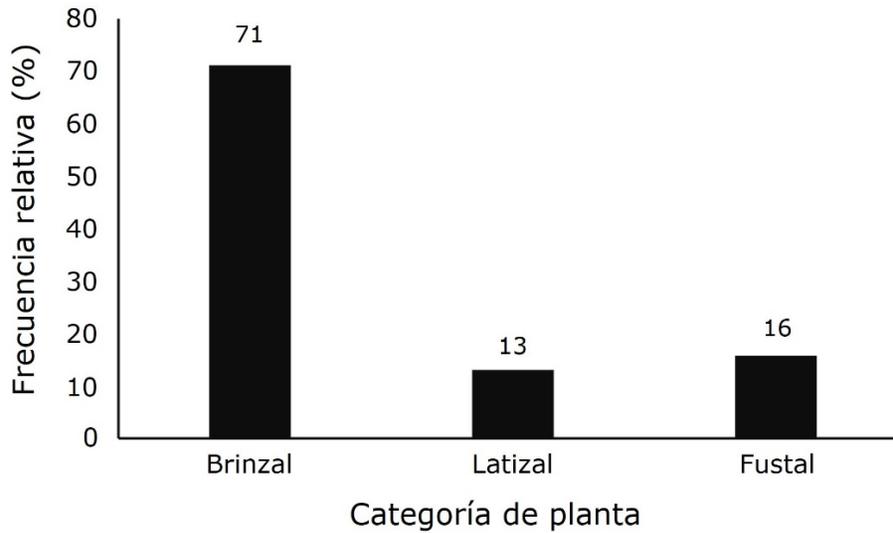
Los árboles registraron una altura promedio de 8.7 m y diámetro normal de 15.8 cm en su estado fustal, de 1.9 m de alto y 3.7 cm de diámetro como latizal; en el brinzal

los valores fueron 0.4 m de altura y 0.7 cm de diámetro medio (Cuadro 5). En todos los sitios predominaron los brinzales sobre fustales y latizales (Figura 3). La ramificación llegó hasta el octavo orden, a partir de las cuales se formaron las inflorescencias en cimbras de tipo tirso y las infrutescencias, que variaron de una a más de 60. En las ramas terminales, los frutos de forma globosa o bayas indehiscentes, relativamente pequeños, pesaron en promedio  $0.34 \pm 0.06$  g, con de una a seis semillas (Figura 4) inmersas en una resina aromática.

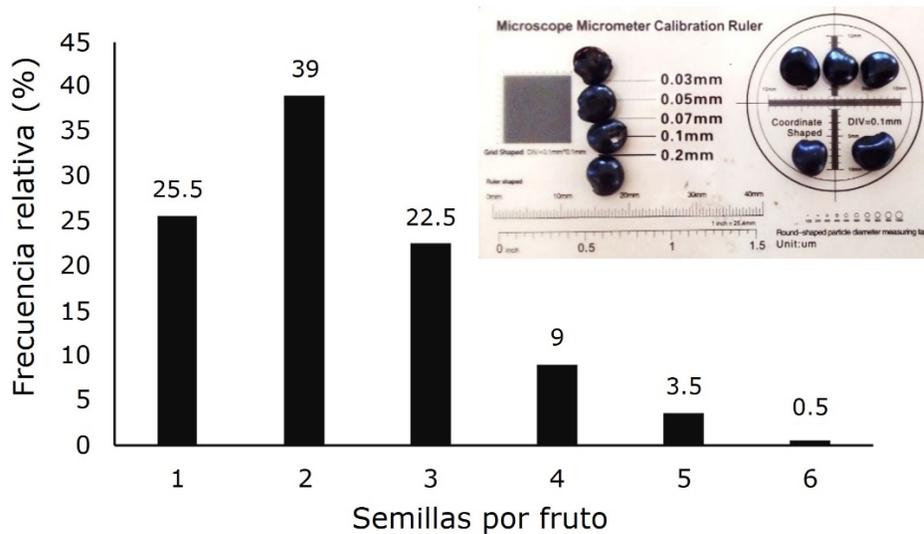
**Cuadro 5.** Aspectos morfológicos del fuste en individuos de *Canella winterana* (L.) Gaertn. registrados en parcelas dentro de selvas en la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche, México.

Categoría	Altura	DB	DN/DM	Ramas 1	Ramas 2	Hojas	Frutos/rama (amplitud)
<b>Brinzal</b>	0.4±0.2	1.8±2.4	0.7±0.6	2±1	2±2	36 379±9 904	
<b>Latizal</b>	1.9±1.0	6.4±7.2	3.7±4.4	3±3	6±3	60±2	
<b>Fustal</b>	8.7±2.1	16.1±8.4	15.8±13.8	4±4	15±7	20±8	15±3 (1 a 135)

Altura = Altura de la planta (m); DB = Diámetro basal del tallo a 10 cm desde el suelo (cm); DN/DM = Diámetro normal a 1.3 m de alto en el tallo de plantas mayores a 1.5 m o diámetro en la zona media del tallo en plantas menores que 1.5 m de alto (cm); Ramas 1 = Número de ramas primarias; Ramas 2 = Número de ramas secundarias; Hojas = Número de hojas en la planta; Frutos/rama (amplitud) = Número de frutos por ramas con infrutescencias terminales (amplitud de la cantidad de frutos contabilizados) en árboles reproductores.



**Figura 3.** Frecuencia relativa de la cantidad de individuos de tres categorías de crecimiento en la especie arbórea *Canella winterana* (L.) Gaertn. en Calakmul, Campeche, México.



*Microscope micrometer calibration ruler* = Regla de calibración con micrómetro para microscopio

**Figura 4.** Frecuencia relativa de la cantidad de semillas por fruto en árboles reproductivos de *Canella winterana* (L.) Gaertn. en Calakmul, Campeche, México.

La floración se detectó de mayo a junio, mientras que la formación del fruto inició en julio y se prolongó hasta enero y febrero como máximos de producción, para disminuir hacia marzo, cuando estos maduran tornándose rojizos y pueden utilizarse en la propagación por semilla sexual de la especie. Las semillas de 4 a 5 mm de ancho, aplanadas, circulares y de color negro azabache brillante, alcanzaron pesos de  $0.04 \pm 0.001$  g.

## Discusión

Los tipos de suelos donde frecuentemente crece *C. winterana* se caracterizan por tener mal drenaje interno y asociarse a la inundación estacional o a la saturación de humedad por varios meses durante la estación lluviosa. Esta situación parece influir en la distribución de la especie, pero no explica su restringida aparición en Calakmul, dado que las mismas condiciones de suelo están en otras zonas donde no se presenta.

El tipo de asociación forestal parece seguir la clasificación de bosque de chicozapote [*Manilkara zapota* (L.) P. Royen] que plantean Martínez y Galindo-Leal (2002) para la región de estudio, en la cual incluyen a la canela *che* y otras especies tolerantes a la saturación de agua en los suelos. Lo anterior concuerda con la idea de que las mayores afinidades florísticas se dan por similitudes ecológicas, más que por otros factores (Stevenson *et al.*, 1999). Al compararse los tres estados o etapas vegetativas en los que canela *che* se presenta en las unidades de paisaje forestal

analizadas, es interesante la observación de que la mayor proporción de plantas corresponde al brinzal (reclutas juveniles) y disminuyen en la etapa de latizal (juveniles de mayor tamaño), lo que refleja una alta mortalidad en la especie antes de alcanzar dimensiones de individuos del dosel (fustal). Esta característica puede influir en el patrón de distribución que se detecta mediante los índices utilizados en el presente estudio, pues aun con una mayor tasa de jóvenes reclutas tempranos, que favorece la distribución agregada, la alta mortalidad relativa tiende a disminuir la detección de esa agregación poblacional, y con ello se dificulta el uso eficiente de las medidas incluidas en el estudio.

En el caso de los suelos predominantes en las selvas medianas, al ser ampliamente preferidos para la agricultura de milpa, es el tipo edáfico que está mayoritariamente asociado con la vegetación secundaria en Calakmul (Díaz *et al.*, 2001). No obstante, *C. winterana* es una especie de lento crecimiento, lo que limita su capacidad de tolerar niveles mayores de perturbación o daño por modificaciones del hábitat, tal como la eliminación de la cubierta forestal para uso del suelo agrícola. Ello puede relacionarse con su inexistencia en unidades de la sucesión forestal temprana (<10 años de barbecho) en otros inventarios (Esparza y Martínez, 2018; Gómez *et al.*, 2020). Es notable que, en los ambientes con manejo silvícola en Calakmul, denominados VSM\_R, la especie parece ser suprimida intencionalmente del dosel.

En América Tropical, los mecanismos mamacoria, quiropterocoria y ornitocoria son los medios de dispersión de semillas más frecuentes en plantas con frutos indehiscentes semejantes a los de *C. winterana* (Contreras y Varela, 2016). Aparentemente, los flujos superficiales de agua también pueden ser necesarios para el traslado de frutos y semillas en el campo (hidrocoria), lo que en parte explicaría la presencia de resinas en estas estructuras reproductivas.

La distribución agrupada y la uniforme tienen en común que son estrategias de dispersión en especies arbóreas tropicales ampliamente relacionadas con altas tasas de depredación de frutos y semillas, así como el empleo de mecanismos

de dispersión o vectores del tipo frugívoros. La dispersión agrupada es frecuente en árboles con frutos ofrecidos como premio al dispersor (Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2019).

En *C. winterana* se ha señalado, por informantes locales, que los frutos (bayas rojizas) presentan alta depredación por aves y mamíferos terrestres y voladores, además afirman que por eso es escaso en los paisajes forestales de la zona, lo cual ha sido consignado por Ibarra-Manríquez y Cornejo-Tenorio (2010), quienes han observado que los frutos pequeños, drupas o bayas, negras a rojas, se asocian con la distribución zoocora, particularmente por aves.

Se descarta el caso propuesto en este documento de que la distancia del árbol, mayor al radio interior de parcelas centradas en árbol progenitor, sea confiable para estimar la distribución espacial de la especie. Un análisis del patrón de distribución con base en estrategias de dispersión y de su tabla de vida pueden resultar en una mejor estrategia para este tipo de árboles con baja frecuencia de aparición dentro del arbolado de las selvas tropicales.

Los individuos de *C. winterana* están dentro del promedio de alturas y dimensiones del dosel de las selvas donde se distribuye en Calakmul (Martínez y Galindo-Leal, 2002); su fenología corresponde a una especie que no requiere las precipitaciones inmediatas para que sus semillas inicien la germinación, al madurar frutos y semillas en la estación seca (enero a marzo), luego de un prolongado periodo de formación. Esa fenología reproductiva y la abundante emisión de frutos que se presentan simultáneamente en el árbol, aunada a las características de sus frutos y sus probables síndromes de dispersión mediados por consumidores, que corresponden con la alta depredación mencionada por los informantes locales, conlleva a que *C. winterana* coloniza espacios en la zona por medio de dispersores que se alimentan de frutos en la estación de mayor escasez de alimentos en las selvas. Es probable que su estrategia de dispersión, principalmente basada en la zoocoria, pero también por hidrocoria sea favorable a un incremento en el área que ocupa y la superficie en la

cual se establezca en el futuro; por lo tanto, se consideraría una especie de la cuenca Caribe-Antillana que avanza como colonizadora hacia la cuenca del Golfo de México en la Península de Yucatán.

Su presencia en suelos con tendencia a la inundación, también es factible asociarla a animales que buscan alimento donde hay humedad residual, que coincide con la etapa en que el árbol madura sus frutos/premio. Esto la convierte en una especie clave para la supervivencia de muchos organismos durante la etapa crítica y seca en Calakmul, que debe ser aprovechado para las mejoras en la gestión de esa área natural protegida. Al respecto, García-García y Santos-Moreno (2014) afirman que este tipo de especies con fructificación en la estación seca, resultan más escasas en los ecosistemas forestales tropicales, pero su estrategia de alta producción de frutos responde a varios ejes evolutivos exitosos, como la partición de nichos y el uso de vectores de dispersión con mayor alcance, lo que es una ventaja adaptativa y justifica el sacrificio de energía y recursos en la producción de frutos altamente depredados, pero mejor dispersados.

Los atributos autoecológicos antes descritos incrementan el valor ecológico de canela *che* y su papel en la conservación de la fauna. El sacrificio de frutos en *C. winterana* obedece a una estrategia de saturación de depredadores, por un lado, que puede favorecer la supervivencia de algunas semillas y plántulas cerca del progenitor (favorable al patrón agrupado), pero al mismo tiempo a la dispersión lejos del árbol progenitor por agentes de alta movilidad, como aves, murciélagos y mamíferos terrestres, favorable al patrón no agrupado, y más aleatorio de distribución (van Schaik *et al.*, 1993; Muscarella y Fleming, 2007). Lo antes mencionado representa que *C. winterana* coloniza espacios en la zona por medio de dispersores que se alimentan de frutos en la estación de mayor escasez de alimentos en las selvas, que les permite aprovechar ese periodo de alta necesidad en la fauna para su propio beneficio en la dispersión de semillas. En ese sentido, cabe señalar que los frutos y semillas de canela *che* están embebidos en una resina o arilo resinoso, por encima de

un pericarpio duro e impermeable que protege a los embriones durante su paso por los sistemas digestivos animales. Esto, no obstante, debería ser objeto de investigaciones más detalladas en el futuro.

## **Conclusiones**

Se identifican dos tipos de selvas y tres de suelos asociados a *C. winterana*, así como atributos ambientales y ecológicos relevantes para su presencia en Calakmul. La especie florece de mayo a junio, fructifica de manera abundante entre junio y enero, prolongándose la etapa de maduración hasta marzo, periodo cuando los frutos son dispersados por la fauna, por lo que presenta una distribución agregada. El patrón de distribución espacial tiende a ser agrupado, pero no es concluyente este atributo con base en los dos índices incluidos en el estudio, *Cox* y *Morisita*, así como la función de distribución *Poisson*. Es posible que nuevos modelos o enfoques sean necesarios para obtener mejores explicaciones para la distribución de *C. winterana*, particularmente aquellos que incluyan elementos asociados a las estrategias de dispersión de la especie y elementos biogeográficos, dado que aparentemente *C. winterana*, como especie propia de la cuenca Caribe-Antillana, avanza hacia la cuenca del Golfo de México, atravesando gradualmente la Península de Yucatán. Más estudios deben realizarse para ilustrar este fenómeno.

## **Agradecimientos**

Al Tecnológico Nacional de México por aportar fondos para esta investigación a través de la convocatoria de fortalecimiento a la investigación en 2021.

### **Conflicto de intereses**

Los autores manifiestan que no existe vínculo con las instituciones patrocinadoras de las investigaciones que sustentan las contribuciones, de modo que los datos publicados no otorgan ventajas de tipo profesional, laboral o económica.

### **Contribución por autor**

Noel Antonio González-Valdivia: diseño del muestreo y redacción; Jorge Luis García-Lanz: coordinación de la logística del muestreo; Enrique Arcocha-Gómez: toma de datos en campo; Brígido Manuel Lee Borges: captura y organización de datos; Patricia Sandoval Pech: búsqueda de literatura; Edith González Lazo: muestro en campo; Benito Bernardo Dzib-Castillo: redacción del artículo.

### **Referencias**

Báez-Vargas, A. M., L. Esparza-Olguín, E. Martínez-Romero, S. Ochoa-Gaona, N. Ramírez-Marcial y N. A. González-Valdivia. 2017. Efecto del manejo sobre la diversidad de árboles en vegetación secundaria en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical* 65(1):41-53. Doi: 10.15517/rbt.v65i1.20806.

Bautista, F. and J. A. Zinck. 2010. Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 6(1):7.

[https://www.researchgate.net/publication/41426456\\_Construction\\_of\\_an\\_Yucatec\\_Maya\\_soil\\_classification\\_and\\_comparison\\_with\\_the\\_WRB\\_framework](https://www.researchgate.net/publication/41426456_Construction_of_an_Yucatec_Maya_soil_classification_and_comparison_with_the_WRB_framework). (5 de mayo de 2024).

Carrillo-Ángeles, I. G. y M. del C. Mandujano. 2011. Patrones de distribución espacial en plantas clonales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (89):1-18. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-21282011000200001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-21282011000200001). (20 de abril de 2024).

Chiquini-Heredia, W., L. Esparza-Olguín, Y. Peña-Ramírez, A. Maya-Martínez y E. Martínez-Romero. 2017. Estructura y diversidad en selva inundable al centro y sur de Calakmul. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12):511-524. Doi: 10.19136/era.a4n12.859.

Contreras, C. L. y C. W. Varela. 2016. Mecanismos de dispersión de diásporas en un bosque perturbado de La Cumaca, estado Carabobo, Venezuela. *Acta Botanica Venezuelica* 39(2):128-156. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86253677001>. (5 de mayo de 2024).

Díaz G., J. R., G. García G., O. Castillo A. e I. March M. 2001. Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* (44):39-53. <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n44/n44a4.pdf>. (25 de abril de 2024).

Dzib-Castillo, B., C. Chanatásig-Vaca y N. A. González-Valdivia. 2014. Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(1):167-178. Doi: 10.7550/rmb.38706.

Ellis, E. A., I. U. Hernández-Gómez y J. A. Romero-Montero. 2017. Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México. *Ecosistemas* 26(1):101-111. Doi: 10.7818/ECOS.2017.26-1.16.

Esparza O., L. G. y E. Martínez R. 2018. Diversidad y carbono almacenado en el área forestal permanente de Álvaro Obregón, Calakmul, Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(45):152-185. Doi: 10.29298/rmcf.v9i45.141.

Fernández-Concha, G. C., J. L. Tapia-Muñoz, R. Duno de S. e I. M. Ramírez M. (Edits.). 2010. Flora ilustrada de la Península de Yucatán: Listado Florístico. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Mérida, Yuc., México. 326 p. [https://www.researchgate.net/publication/362666455\\_Flora\\_Ilustrada\\_de\\_la\\_Peninsula\\_de\\_Yucatan\\_Listado\\_floristico](https://www.researchgate.net/publication/362666455_Flora_Ilustrada_de_la_Peninsula_de_Yucatan_Listado_floristico). (23 de mayo de 2024).

García-García, J. L. y A. Santos-Moreno. 2014. Variación estacional en la diversidad y composición de ensamblajes de murciélagos filostómidos en bosques continuos y fragmentados en Los Chimalapas, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(1):228-241. Doi: 10.7550/rmb.36744.

Gómez V., A., A. E. Tadeo N., L. Beltrán-Rodríguez, E. Guízar N., M. Apodaca M. y Á. Leyva O. 2020. Coeficiente de asociación entre especies de selva mediana subperennifolia en Calakmul, México. *Bosque* 41(3):233-239. Doi: 10.4067/S0717-92002020000300233.

Granados-Victorino, R. L., A. Sánchez-González, D. Martínez-Cabrera y P. Octavio-Aguilar. 2017. Estructura y composición arbórea de tres estadios sucesionales de selva mediana subperennifolia del municipio de Huautla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(1):122-135. Doi: 10.1016/j.rmb.2017.01.024.

Hammer, Ø., D. A. T. Harper and P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1):1-9. [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf). (3 de marzo de 2024).

Hernández, F. J., C. B. Navarro M., R. Peña M. y A. Nájera L. 2018. Patrón de distribución espacial de las especies arbóreas de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(47):169-186. Doi: 10.29298/rmcf.v9i47.161.

Ibarra-Manríquez, G. y G. Cornejo-Tenorio. 2010. Diversidad de frutos de los árboles del bosque tropical perennifolio de México. *Acta Botánica Mexicana* 90:51-104. <https://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n90/n90a6.pdf>. (10 de abril de 2024).

Ledo, A., S. Condés y F. Montes. 2012. Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. *Revista Peruana de Biología* 19(1):113-124.

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/799>. (18 de abril de 2024).

López-Toledo, J. F., J. I. Valdez-Hernández, M. Á. Pérez-Farrera y V. M. Cetina-Alcalá. 2012. Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la Reserva de la Biósfera La Sepultura, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(12):43-56. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v3n12/v3n12a5.pdf>. (15 de marzo de 2024).

Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: Clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (71):7-32. Doi: 10.17129/botsci.1660.

Murcia, G. A., F. González, M. I. García and J. Lasso. 2016. Angiosperm flag species for mangrove conservation in San Andrés Island (Colombia) are highly vulnerable and locally rare. *Caldasia* 38(1):1-16. Doi: 10.15446/caldasia.v38n1.57818.

Muscarella, R. and T. H. Fleming. 2007. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews* 82(4):573-590. Doi: 10.1111/j.1469-185X.2007.00026.x.

Ochoa-Gaona, S., H. Ruíz G., D. Álvarez M., G. Chan C. y B. H. J. de Jong. 2018. Árboles de Calakmul. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur). San Cristóbal de las Casas, Chis., México. 244 p.

Olvera-Vargas, M., B. L. Figueroa-Rangel and C. Solís R. 2021. Floristic composition, structure and environmental characterization of *Cyathea costaricensis* population in a remnant cloud forest in Mexico. *Revista de Biología Tropical* 69(3):1079-1097. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v69n3/0034-7744-rbt-69-03-1079.pdf>. (20 de enero de 2024).

Rodríguez G., Y. 2012. Etnobotánica, diversidad y contenido de sustancias inorgánicas presentes en el follaje de especies forestales de interés medicinal en el Parque Nacional Viñales, Cuba. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología* 1(3):210-210. Doi: 10.59410/RACYT-v01n03ep04-0018.

Sánchez-Gutiérrez, F., J. I. Valdez-Hernández, P. Hernández-de la Rosa y L. Beltrán-Rodríguez. 2019. Distribución y correlación espacial de especies arbóreas por gradiente altitudinal en la Selva Lacandona, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(54):74-99. Doi: 10.29298/rmcf.v10i54.590.

Senkoro, A. M., P. Talhinhos, F. Simões, P. Batista-Santos, ... and A. I. Ribeiro-Barros. 2020. The genetic legacy of fragmentation and overexploitation in the threatened medicinal African pepper-bark tree, *Warburgia salutaris*. *Scientific Reports* 10:19725. Doi: 10.1038/s41598-020-76654-6.

Stevenson, P. R., M. C. Castellanos y A. del P. Medina. 1999. Elementos arbóreos de los bosques de un plano inundable en el Parque Nacional Natural Tinigua, Colombia. *Caldasia* 21(1):38-49.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/31119/17501-55724-1-PB.pdf>. (20 de enero de 2024).

Tetetla-Rangel, E., R. Durán, J. L. Hernández-Stefanoni y J. M. Dupuy. 2012. Distribución espacial de la riqueza de especies leñosas raras de la Península de Yucatán y su relación con las áreas naturales protegidas. *Tropical Conservation Science* 5(3):320-339. Doi: 10.1177/194008291200500307.

van Schaik, C. P., J. W. Terborgh and S. J. Wright. 1993. The phenology of tropical forests: Adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 24:353-377. Doi: 10.1146/annurev.es.24.110193.002033.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.