



Diferencias en morfometría y germinación de semillas de *Croton guatemalensis* (Euphorbiaceae), procedentes de poblaciones silvestres de la Selva Zoque, Chiapas, México

Differences in morphometry and seed germination of *Croton guatemalensis* (Euphorbiaceae), from wild populations of the Zoque Forest, Chiapas, Mexico

Dulce María Pozo-Gómez¹ , Carolina Orantes-García^{2,5} , Tamara Mila Rioja-Paradela¹ , Rubén Antonio Moreno-Moreno³ , Oscar Farrera-Sarmiento⁴ 

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: *Croton guatemalensis* es una especie nativa que tiene diversos usos locales y juega un papel importante en la medicina tradicional de los habitantes de las comunidades campesinas de la Selva Zoque, Chiapas, México. Actualmente, la especie se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo "Protección Especial". El presente trabajo tuvo como objetivos evaluar la morfometría, viabilidad, sanidad y germinación de semillas recolectadas en poblaciones silvestres de cuatro Áreas Naturales Protegidas de la Selva Zoque, Chiapas, así como generar información básica que permita desarrollar en un futuro programas o proyectos locales de conservación, restauración y manejo forestal de la especie, para así contribuir a disminuir el impacto sobre las poblaciones silvestres.

Métodos: De noviembre 2016 a octubre 2017 se recolectó material vegetal para corroborar la identificación taxonómica de *Croton guatemalensis*, y frutos y semillas para determinar, bajo un diseño al azar, el tamaño (longitud × grosor), peso, porcentaje de viabilidad, sanidad y germinación de las semillas. Debido a la anomalía de los datos resultantes, la comparación y determinación de las diferencias estadísticas entre zonas se realizó mediante los análisis de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney, por el software R 3.24.

Resultados clave: Los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre las cuatro zonas de recolecta. Los resultados más contrastantes se presentaron en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera y Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende. En la primera, las semillas presentaron mayor tamaño ($5.13 \pm 0.06 \times 3.26 \pm 0.06$ mm), alto porcentaje de sanidad, viabilidad y germinación final (98 ± 2.16 , 98 ± 2.30 , $98 \pm 3.84\%$, respectivamente), mientras que en la segunda, las semillas fueron más pequeñas ($4.63 \pm 0.09 \times 2.69 \pm 0.08$ mm), obtuvieron $68 \pm 6.65\%$ de sanidad, $19 \pm 5.03\%$ de viabilidad y $6 \pm 3.84\%$ de germinación final.

Conclusión: El presente estudio aporta información reproductiva fundamental para la generación de estrategias de conservación, restauración y manejo forestal de *Croton guatemalensis*.

Palabras clave: especies útiles, especie nativa, manejo forestal, restauración.

Abstract:

Background and Aims: *Croton guatemalensis* is a native species that is used locally and plays an important role in the traditional medicine of people of the rural communities of the Zoque Forest, Chiapas, Mexico. Currently it is protected by the NOM-059-SEMARNAT-2010 under "Special Protection". The objectives of this research were to evaluate the morphometry, viability, health and germination of seeds collected from wild populations in four Protected Natural Areas of the Zoque Forest, Chiapas; and generate basic information that will allow the development in the future local programs or projects of conservation, restoration and forest management of the species, in order to reduce the impact on wild populations.

Methods: From November 2016 to October 2017, plant material was collected to corroborate the taxonomic identification of *Croton guatemalensis*, and fruits and seeds to determine, under a random design, the size (length × thickness), weight, percentage of viability, health and germination of the seeds. Due to the abnormality of the data, the comparison and determination of the statistical differences between areas was carried out by Kruskal-Wallis and Mann-Whitney analyses, in the software R 3.24.

Key results: The results indicate that there are statistically significant differences between the four collection zones. The most contrasting results were present in the Area Subject to Ecological Conservation La Pera and Protected Forest Area Vedada Villa de Allende. In the first, the seeds had larger size ($5.13 \pm 0.06 \times 3.26 \pm 0.06$ mm), high percentage of health, viability and final germination (98 ± 2.16 , 98 ± 2.30 , $98 \pm 3.84\%$, respectively), while in the second, the seeds were smaller ($4.63 \pm 0.09 \times 2.69 \pm 0.08$ mm), they obtained $68 \pm 6.65\%$ of health, $19 \pm 5.03\%$ of viability and $6 \pm 3.84\%$ of final germination.

Conclusions: The present study provides reproductive information essential for the generation of strategies for conservation, restoration and forest management of the species *Croton guatemalensis*.

Key words: forest management, native species, restoration, useful species.

1 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ingeniería, Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos, Libramiento Norte Poniente 1150, Colonia Lajas Maciel, 29039 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

2 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Ciencias Biológicas, Libramiento Norte Poniente 1150, Colonia Lajas Maciel, 29039 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

3 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ciencias Humanas y Sociales, Libramiento Norte Poniente 1150, Colonia Lajas Maciel, 29039 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

4 Secretaría del Medio Ambiente e Historia Natural, Jardín botánico Faustino Miranda, Calzada de los Hombres Ilustres, Parque Madero, edificio Museo Botánico s/n, colonia Centro, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

5 Autor para la correspondencia: c_orantes@hotmail.com

Recibido: 30 de abril de 2018.

Revisado: 9 de julio de 2018.

Aceptado por Marie-Stéphanie Samain: 20 de agosto de 2018.

Publicado primero en línea: 10 de octubre de 2018.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 126 (2019).



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-Non Comercial (CC BY-NC 4.0 International).

Citar como:

Pozo-Gómez, D. M., C. Orantes-García, T. M. Rioja-Paradela, R. A. Moreno-Moreno y O. Farrera-Sarmiento. 2018(2019). Diferencias en morfometría y germinación de semillas de *Croton guatemalensis* (Euphorbiaceae), procedentes de poblaciones silvestres de la Selva Zoque, Chiapas, México. Acta Botanica Mexicana 126: e1384. DOI: 10.21829/abm126.2019.1384

e-ISSN: 2448-7589

Introducción

La Selva Zoque, localizada en el sureste de México, es considerada como centro importante de diversidad biológica y cultural por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y la Unión Mundial para la Conservación (UICN), y comprende los bosques tropicales de los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas (CI, 2004). En Chiapas, la Selva Zoque está conformada por La Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO), la Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera (ZSCELPE), Zona Sujeta a Conservación Ecológica Cerro Meyapac, la Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende (ZPFVVA), el Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS) y el Área Prioritaria de Conservación Sumidero-La Chacona (Arriaga et al., 2000); juntas conforman el Corredor Biológico de la Selva Zoque con una extensión de más de 135,000 ha (SEMARNAT-CONANP, 2001).

La investigación sobre su diversidad florística y faunística es escasa; sin embargo, se sabe que la Selva Zoque alberga una gran biodiversidad, por lo que es considerada una de las áreas más importantes del sur de México (Flamenco-Sandoval et al., 2007). Además, es un espacio donde habitan comunidades campesinas e indígenas que satisfacen sus necesidades básicas mediante el uso de los recursos naturales ahí distribuidos (Moreno, 2009). Debido al mal manejo de los procesos de cambio de uso de suelo (deforestación, agricultura, ganadería extensiva), a los conflictos agrarios (invasiones de tierra), al tráfico ilegal de flora y a los incendios provocados, la biodiversidad presente en esta área enfrenta serios problemas de conservación (Díaz-Gallegos et al., 2008).

Dentro de la diversidad florística de la Selva Zoque reportada por Espinosa-Jiménez et al. (2011) y Orantes-García et al. (2013)a, se encuentran especies catalogadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010); tal es el caso de *Croton guatemalensis* Lotsy, que se reporta en Protección Especial. Esta especie, llamada por los pobladores locales copalchí, pertenece al segundo género más numeroso y diverso de la familia Euphorbiaceae (Aldana, 1999). Es considerada maderable, útil en la construcción, en la manufactura de herramientas de trabajo y en su uso como poste, cerca viva y leña. Además, presenta importancia en la medicina tradicional para controlar el dolor de estómago e infecciones intestinales (diarrea, em-

pacho, vómitos), fiebres intermitentes, inflamación, anemia, escalofríos, malaria, resfrío, reumatismo y diabetes (Méndez, 2006; Salatino et al., 2007 y Rejón-Orantes et al., 2016). No obstante su importancia, el aprovechamiento actual de *C. guatemalensis* en la Selva Zoque se lleva a cabo en poblaciones silvestres sin un adecuado manejo forestal, y se carece de estudios que permitan generar protocolos adecuados para su reproducción, propagación y manejo.

Dentro de la Selva Zoque, se reportan pocos trabajos sobre viabilidad y germinación de especies arbóreas nativas (Orantes-García et al., 2013b; Lazos-Monterrosa et al., 2014); en particular, se carece de información relativa a la morfometría y fisiología de las poblaciones de *C. guatemalensis* que ahí se localizan. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivos el evaluar las características morfométricas (tamaño y peso), sanidad, viabilidad y germinación de las semillas de *C. guatemalensis* provenientes de poblaciones silvestres dentro de cuatro Áreas Naturales Protegidas (Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Parque Nacional Cañón del Sumidero, Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera y Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende) en la Selva Zoque, Chiapas, México, así como generar información básica que permita desarrollar en un futuro programas o proyectos locales de conservación, restauración y manejo forestal de la especie, para así contribuir a disminuir el impacto sobre las poblaciones silvestres.

Materiales y Métodos

Zona de Estudio

El estudio se llevó a cabo en cuatro zonas de la Selva Zoque, Chiapas, México: a) Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO), con una extensión de 101,288 ha, ubicada a 16°58'1" latitud norte y 93°41'11" longitud oeste, b) Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), con una superficie de 10,712.97 ha, localizada a 16°44'24" latitud norte y 92°58'12" longitud oeste, c) Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera (ZSCELPE), con una superficie de 4518 ha, ubicada a 18°63'85" latitud norte y 93°19'21" longitud oeste y d) Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende (ZPFVVA), con una superficie de 2800 ha, localizada a 16°50'84" latitud norte y 93°20'69" longitud oeste (SEMARNAT-CONANP, 2001) (Fig. 1). Las particularidades de cada una de las zonas, tales como temperatura, precipitación,

altitud, asociaciones vegetales y características del suelo, pueden observarse en el Cuadro 1. Los datos de temperatura y precipitación fueron proporcionados por la red de estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Instituto Nacional de Investigaciones, Agrícolas y Pecuarias de Chiapas (INIFAP), cercanas a las zonas de recolecta (2016-2017).

Identificación de *Croton guatemalensis*

Durante las estaciones seca (noviembre-abril) y húmeda (mayo-octubre) del 2016 y 2017, y para cada una de las cuatro zonas monitoreadas dentro de la Selva Zoque, se ubicó un área de 1 ha con presencia de *Croton guatemalensis*, dentro de la cual se seleccionaron de forma dirigida

sitios de fácil acceso para la recolecta de material vegetal y la posterior corroboración de la especie. Las muestras fueron herborizadas de acuerdo con Lot y Chiang (1990). Su identificación taxonómica se realizó mediante la revisión de bibliografía especializada de flora (Stevens et al., 2001) y a través de cotejos con las colecciones de herbarios (CHIP: 44713, HEM: DB-23664, IBUNAM: MEXU-PVsn46367), así como de la revisión de los sitios The Plant List (TPL, 2013) y Tropicos (TROPICOS, 2017).

Recolecta de frutos y semillas

En cada una de las cuatro zonas de estudio se eligieron cinco individuos con características fenotípicas homogéneas de *C. guatemalensis*. De cada árbol se recolectaron 100

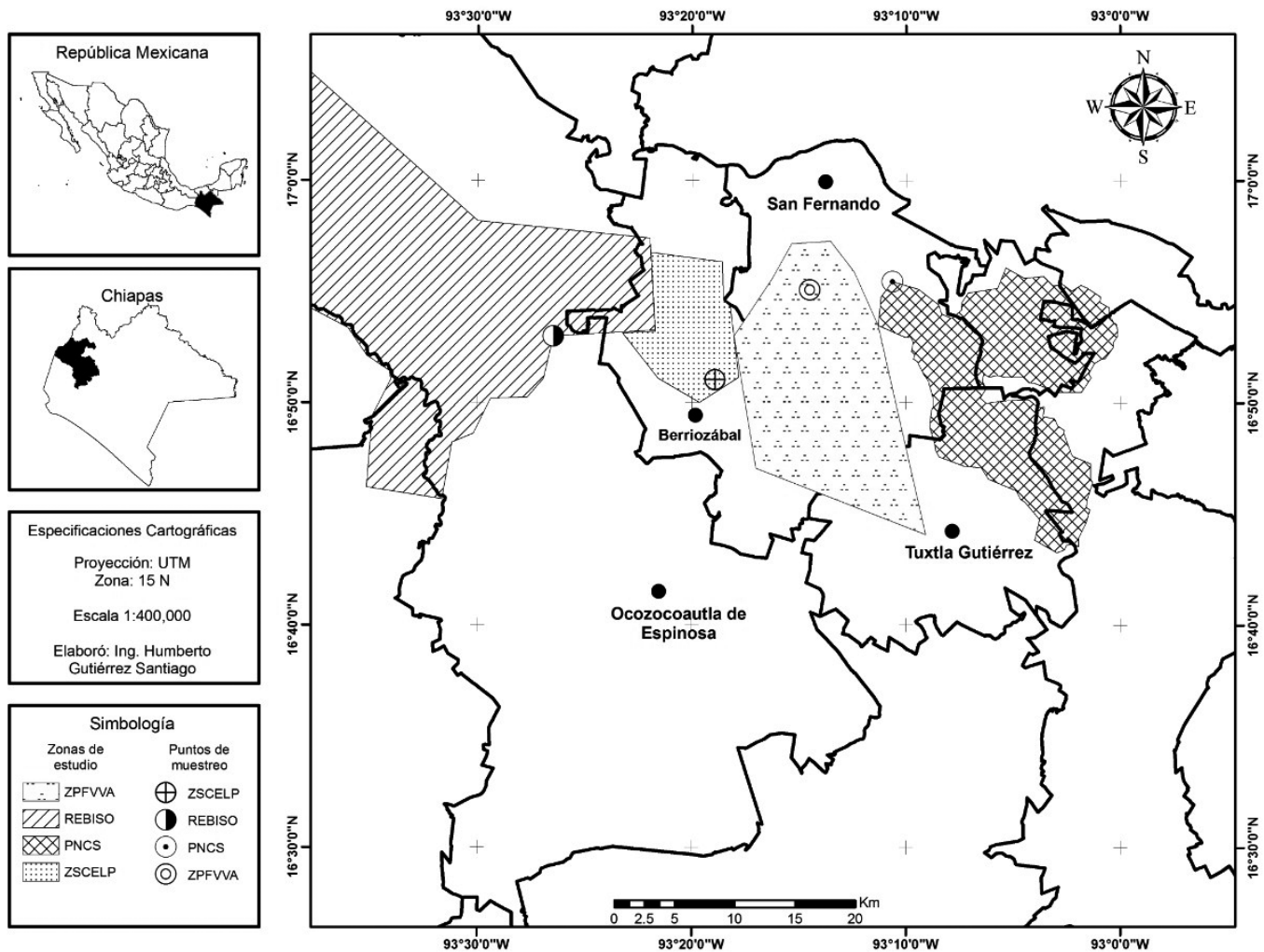


Figura 1: Mapa de localización de las zonas de estudio: Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO), Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera (ZSCELP) y Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende (ZPFVVA), en la Selva Zoque, Chiapas, México.

Cuadro 1: Características de las cuatro zonas (Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO), Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera (ZSCELP) y Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende (ZPFVVA)) de recolecta de semillas de *Croton guatemalensis* Lott, dentro de la Selva Zoque, Chiapas, México. Altitud, Temperatura mensual=TM, Precipitación mensual=PM, características del suelo: pH, Materia Orgánica=MO, Porosidad=P, Textura=T, Arcilla=A, Franco Arcilloso=FA, Franco Arenoso-Arcilla=FAA, asociaciones vegetales: Vegetación Predominante=VP, Selva Alta Perennifolia=SAP, Selva Mediana Perennifolia=SMP, Selva Mediana=SM, Vegetación Secundaria=VS.

Zonas	Altitud (m s.n.m.)	TM (°C)		PM (mm)	Suelo				VP
		Mín.	Máx.		pH	MO (%)	P (%)	T	
ZSCELP	1010	27.8	17.5	61.2	6.8	4.9	63	A	SAP
REBISO	953	26.9	16.3	86.4	7.7	4.4	55	FA	SMP
PNCS	1200	28.1	14.0	68.7	7.4	3.8	48	A	SM
ZPFVVA	780	27.4	14.0	68.7	5.4	2.7	36	FAA	VS

frutos, los cuales se guardaron en bolsas de papel etiquetadas para ser trasladadas al Laboratorio del Banco de Germoplasma Vegetal del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). De los frutos se extrajeron, de forma manual, un total de 500 semillas, para cada una de las zonas, las cuales fueron utilizadas para realizar los análisis de morfometría, sanidad, viabilidad y germinación.

Morfometría de semillas

De acuerdo con la International Seed Testing Association (ISTA, 2005), de forma aleatoria, de cada zona monitoreada y del total de semillas recolectadas, se tomaron 100 para el análisis de morfometría. De manera individual se determinó el ancho de la semilla (AS), considerado como el diámetro perpendicular, y el largo de la semilla (LS), considerado como el diámetro paralelo con respecto al eje del micrópilo; para ello se utilizó un calibrador digital (caliper, Stainless Hardened, EUA) con precisión de 0.1 mm. Por otro lado, las características de peso por semilla (PS) se midieron en gramos con una balanza analítica (Ohaus, OHAUS, EUA), con un grado de precisión de 0.0001 g (ISTA, 2005).

Sanidad de semillas

Se consideraron semillas sanas aquellas que no presentaban daño físico aparente o que no estaban visiblemente contaminadas con microorganismos, sobre el número total de la muestra del experimento, esto multiplicado por 100, y los resultados se expresaron en porcentajes (ISTA, 2005).

Viabilidad y germinación de semillas

Para conocer la viabilidad de las semillas, se tomaron 100 semillas al azar del lote de cada una de las cuatro zonas; éstas se dividieron en lotes de 25 con cuatro repeticiones (25 × 4). Las semillas se colocaron en una caja Petri con agua a temperatura ambiente (25 °C) durante 24 h; posteriormente con la ayuda de un bisturí se dividieron por los cotiledones y se les agregaron tres gotas de 2, 3, 5 trifenil cloruro de tetrazolio diluido (1% p/v). Las semillas fueron incubadas en total oscuridad y a temperatura ambiente (25 °C) por 24 h (ISTA, 2005). El porcentaje de viabilidad se determinó de acuerdo con la fórmula de Hartmann y Kester (2001), la cual considera el tono rojo como indicador de semillas totalmente viables, mientras que las semillas libres de coloración son consideradas como no viables.

Bajo un diseño experimental completamente aleatorio, se realizó la prueba de germinación, con tres repeticiones de 30 semillas de medidas homogéneas, estas fueron tomadas del total del lote recolectado para cada zona de estudio (30 × 3 × 4). Las 360 semillas, después de tres días de ser recolectadas, fueron sembradas, a una profundidad de 2 cm con el micrópilo hacia abajo, en 12 charolas de unicel para especies forestales tipo Koper block® (60 cm × 35 cm × 12 cm), con sustrato recolectado de cada zona de estudio. El experimento se desarrolló en un vivero con malla sombra (70% de sombra), temperatura de 26 °C y humedad de 78%, los datos y riego a capacidad de campo fueron realizados cada tres días durante un periodo de 30 días. Las semillas se consideraron germinadas cuando presentaron emergencia del epicotilo sobre el

sustrato (>5 mm) (Hartmann y Kester, 2001). Cada charola fue considerada como unidad experimental, teniendo como variable independiente el tiempo y como variables de respuesta las medias de porcentaje de germinación final (PG), germinación acumulada (GA), el tiempo promedio de germinación (T), la velocidad de germinación (M), el índice de germinación (IG) y el coeficiente de velocidad (CV) (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996).

Análisis estadísticos

Se verificó que los datos obtenidos de las variables de morfometría, sanidad, viabilidad y germinación tuvieran una distribución normal (mesocúrtica) con valores de curtosis estandarizada y sesgo estandarizado dentro del rango -2 a +2, de acuerdo a la prueba de normalidad (Prueba de Shapiro). Al no tener una distribución normal, se llevó a cabo la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para el análisis de morfometría, sanidad, viabilidad y germinación entre las cuatro zonas de estudio de la Selva Zoque. Posteriormente, se realizó la prueba U de Mann-Whitney, usando el ajuste de Bonferroni (Duplancic et al., 2015) para la comparación

entre cada zona e identificación de grupos. Para confirmar el efecto del tiempo sobre la germinación de semillas en cada una de las cuatro zonas, se obtuvieron los coeficientes de regresión, así como su ecuación, ajustando una curva sigmoideal (Tsoularis y Wallace, 2002) para el periodo del experimento, en Microsoft Office Excel 2010. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R 3.24 (R Core Team, 2018).

Resultados

Morfometría de semillas

En la figura 2 se muestran el tamaño y peso de las semillas para cada zona de estudio. De acuerdo al análisis de Kruskal-Wallis, se presentaron diferencias significativas de longitud ($K=24.46$; $p<0.0002$), grosor ($K=25.97$; $p<0.0009$) y peso ($K=21.21$; $p<0.0009$) entre las semillas de las cuatro zonas de estudio. Las de ZSCELP (5.13 ± 0.06 mm) y de PNCS (4.88 ± 0.07 mm) presentaron mayor longitud que las pertenecientes a REBISO (4.66 ± 0.14 mm) y ZPFVVA (4.63 ± 0.09 mm) que obtuvieron valores menores (estas últimas dos no presentaron diferencias significativas entre ambas: $p>0.05$). Respecto al

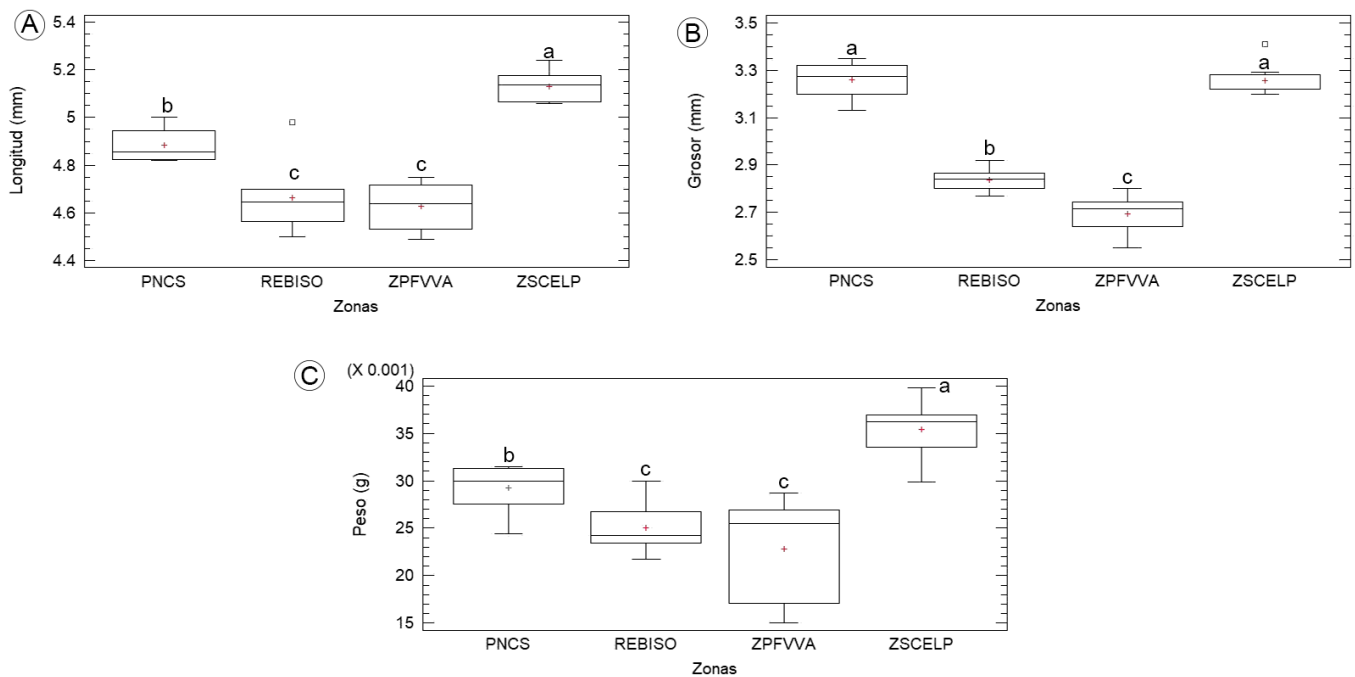


Figura 2: Características de la longitud (A), grosor (B) y peso (C) de las semillas de *Croton guatemalensis* Lotsy, recolectadas en cuatro zonas (Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO), Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera (ZSCELP) y Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende (ZPFVVA)) de la Selva Zoque, Chiapas, México. Los grupos representados por a, b, y c están dados por la prueba Mann-Whitney.

grosor, las zonas ZSCELP (3.26 ± 0.06 mm) y PNCS (3.26 ± 0.07 mm) presentaron semillas más gruesas que las provenientes de REBISO (2.84 ± 0.05 mm) y ZPFVVA (2.69 ± 0.08 mm). En cuanto al peso de las semillas, ZSCELP (0.035 ± 0.003 g) presentó las semillas con mayor peso, seguida de PNCS (0.029 ± 0.002 g), mientras que REBISO (0.025 ± 0.002 g) y ZPFVVA (0.022 ± 0.005 g) registraron pesos menores.

Sanidad de semillas

De acuerdo con el análisis de Kruskal-Wallis, existen diferencias significativas en la sanidad de las semillas de las cuatro zonas de estudio ($K=13.80$; $p=0.0023$). El porcentaje total de semillas sanas para las zonas ZSCELP y REBISO fue el más alto ($98\pm 2.16\%$ y $98\pm 2.07\%$, respectivamente), mientras que el menor correspondió a las de ZPFVVA ($68\pm 6.65\%$, Fig. 3).

Viabilidad y germinación de semillas

De acuerdo con el análisis de Kruskal-Wallis, existen diferencias estadísticamente significativas en la viabilidad ($K=13.01$; $p<0.004$), y datos de germinación: porcentaje ($K=9.31$; $p<0.025$), tiempo promedio ($K=8.56$; $p<0.036$), índice ($K=9.49$; $p<0.023$), velocidad ($K=10.38$; $p<0.016$) y coeficiente ($K=8.56$; $p<0.036$), de las semillas de *C. guatemalensis* entre las cuatro zonas de estudio.

Tanto ZSCELP como REBISO fueron las que presentaron el mayor porcentaje de viabilidad (98% y 96%, respecti-

vamente), y mayor porcentaje final de germinación (98% y 88%, respectivamente), mientras que los valores menores se presentaron en PNCS (63% de viabilidad y 72% de porcentaje final de germinación) y ZPFVVA (19% de viabilidad y 6% de porcentaje final de germinación).

En cuanto a los grupos dados a partir de Mann-Whitney, por ejemplo, en relación al porcentaje de viabilidad, la ZSCELP y REBISO corresponden a un mismo grupo, mientras que, para el índice de germinación, ZSCELP, REBISO y PNCS corresponden también a un mismo grupo y ZPFVVA está separada de éste (Cuadro 2).

En cuanto a la germinación acumulada, la germinación de *C. guatemalensis* inició después de tres a seis días, incrementándose el número de semillas germinadas entre los nueve y 15 días y alcanzando el mayor número de semillas germinadas a los 24 o 27 días, dependiendo de la zona de estudio. Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis indican la presencia de diferencias significativas entre las cuatro zonas de estudio ($K=20.78$; $p<0.0001$). Por otra parte, las curvas sigmoidales que se observan en la figura 4, poseen una R^2 cercana a uno, indicando que el ajuste de una curva sigmoideal muestra el efecto del tiempo sobre la germinación acumulada para este experimento.

Discusión

Existe una clara variación significativa de la morfometría, sanidad, viabilidad, y germinación de semillas de *Croton*

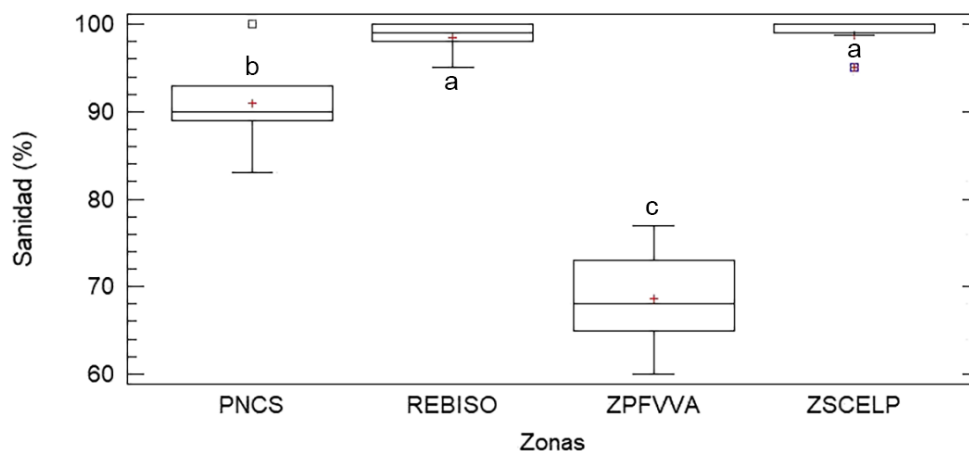


Figura 3: Porcentaje de sanidad de *Croton guatemalensis* Lotsy recolectadas en cuatro zonas (Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO), Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera (ZSCELP) y Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende (ZPFVVA)) de la Selva Zoque, Chiapas, México. Los grupos a, b y c están dados por la prueba Mann-Whitney.

Cuadro 2: Medias y desviaciones estándar de germinación y viabilidad de semillas de *Croton guatemalensis* Lotsy en las cuatro zonas de estudio: Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO), Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera (ZSCELP) y Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende (ZPFVVA), de la Selva Zoque, Chiapas, México. Desviación estándar (\pm), porcentaje de viabilidad=V, porcentaje de germinación final=PG, tiempo promedio de germinación en días=T, índice de germinación=IG, velocidad de germinación en días=MG y coeficiente de germinación=CV. Se presentan los grupos (indicados por superíndices) obtenidos por la prueba Mann-Whitney.

Zonas	V (%)	PG (%)	T (días)	IG	MG (días)	CV
ZSCELP	98 \pm 2.30 ^c	98 \pm 3.84 ^d	12 \pm 0 ^a	11.73 \pm 0.46 ^b	4.586 \pm 0.15 ^c	8.33 \pm 0 ^a
REBISO	96 \pm 5.65 ^c	88 \pm 11.70 ^{cd}	21 \pm 3 ^{bc}	18.66 \pm 5.11 ^b	3.93 \pm 0.47 ^c	4.828 \pm 0.69 ^a
PNCS	63 \pm 13.21 ^b	72 \pm 8.38 ^b	23 \pm 1.73 ^c	16.533 \pm 1.22 ^b	1.928 \pm 0.35 ^b	4.365 \pm 0.34 ^a
ZPFVVA	19 \pm 5.03 ^a	6 \pm 3.84 ^a	13 \pm 6.24 ^a	0.833 \pm 0.85 ^a	0.137 \pm 0.06 ^a	9.629 \pm 6.11 ^a

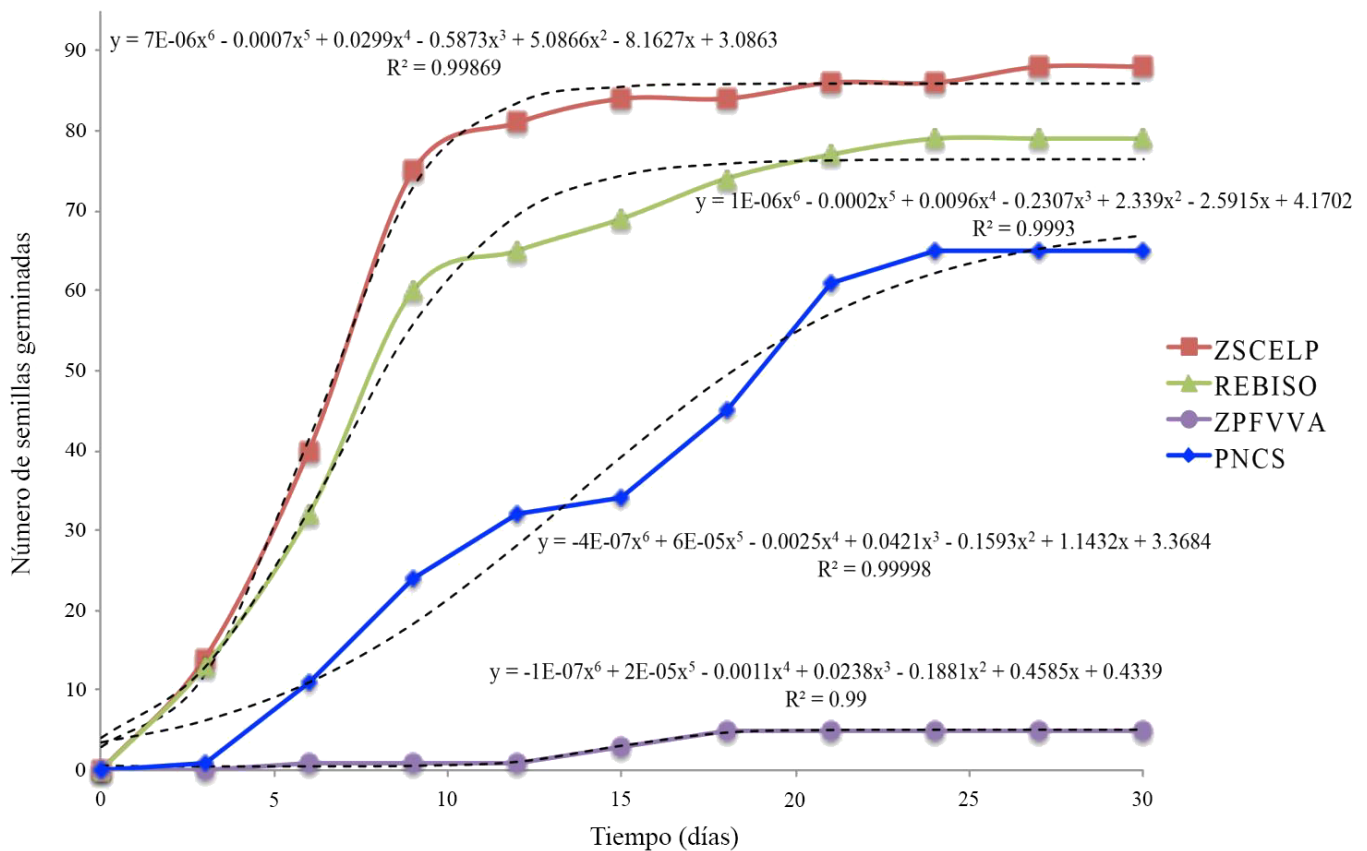


Figura 4: Germinación acumulada en semillas de *Croton guatemalensis* Lotsy recolectadas en cuatro zonas (Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO), Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera (ZSCELP) y Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende (ZPFVVA) de la Selva Zoque, Chiapas, México. Se muestra la línea de tendencia en color negro y punteado.

guatemalensis entre las cuatro Áreas Naturales Protegidas de La Selva Zoque. Las condiciones genéticas y ambientales son dos factores importantes que afectan las características y calidad de las semillas (Meyer et al., 1989; Keller y Kollmann, 1999). Las diferencias morfométricas que se presentan en las semillas de una especie se encuentran

íntimamente ligadas a las condiciones ambientales que prevalecen en el ciclo de vida de las mismas, de modo que la estrecha relación planta-ambiente hace énfasis en la importancia de poseer la suficiente flexibilidad en el proceso de desarrollo o de contar con mecanismos de resistencia para prevalecer en condiciones donde éstas están ubicadas

(Meyer et al., 1989; Keller y Kollmann, 1999; Ramírez-Morales y Orozco-Carmona, 2010; Santiago et al., 2017).

Las características de la semilla también pueden ser adaptables a las condiciones ambientales (Moles et al., 2004; Iglesias-Andreu y Tivo-Fernández, 2006). Esto se puede observar en *C. guatemalensis*, ya que las semillas de mayor tamaño, con altos porcentajes de sanidad, viabilidad y germinación se encontraron en la zona ZSCELP, ubicada a una altitud de 1010 m, con suelo rico en materia orgánica y vegetación de selva alta perennifolia. Esto puede permitir un mejor desarrollo de las semillas, en contraste con la zona ZPFVVA, localizada a menor altitud (780 m), con suelo pobre y vegetación secundaria, lo que pudo generar que las semillas fueran más pequeñas, con bajos porcentajes de sanidad, viabilidad y germinación. Giraldo-Cañas (2000) y Castillo-Campos y Laborde (2004) mencionan que una vegetación de selva alta perennifolia puede permitir un mejor desarrollo de los árboles a lo largo de todo el año, en comparación con una vegetación secundaria la cual es una comunidad con una composición florística variable en función del tiempo de abandono que se manifiesta después de que una selva tropical primaria ha sido perturbada por factores como incendios naturales, caída de árboles, vientos fuertes, extracción selectiva de árboles y actividad agropecuaria, entre otros. Por su parte, Hernández-Verdugo et al. (2010) reportan que diferentes especies de árboles en un sitio con mayor humedad y sombra producen semillas más pesadas y con mayor porcentaje de viabilidad que las semillas de plantas de un sitio relativamente más seco, caliente y soleado.

En estudios realizados en las especies *Scilla paui* La-caita y *Scilla ramburei* Boiss., se observa la influencia de las condiciones de temperatura y precipitación sobre la aparición de latencias secundarias (Santiago et al., 2017). Sin embargo, en el presente estudio, al parecer, la temperatura ambiental y la precipitación pluvial registradas durante la recolecta no jugaron un papel determinante en el desarrollo de las semillas, lo cual puede deberse a que los datos de ambas variables fueron similares para las cuatro zonas y no contemplan datos de microclimas para poder determinar si a nivel muy local (de microsítio), las temperaturas y la humedad están variando entre las zonas debido a la presencia de las diferentes coberturas vegetales existentes en cada una.

En cuanto a la germinación, las semillas de mayor tamaño presentaron un porcentaje final de germinación alto (98%), iniciando este proceso al tercer día después de la siembra, mientras que las semillas más pequeñas tuvieron un porcentaje de germinación pobre (6%), iniciando ésta, hasta los seis días después de la siembra. Estos datos coinciden con la idea de que las semillas más grandes germinarán más rápido que las semillas pequeñas (Harrison et al., 2014), lo que puede indicar que las semillas más pesadas son más apropiadas para la producción o siembra (Seltmann et al., 2007). Cabe mencionar que para *C. guatemalensis* no se habían realizado estudios sobre morfometría, viabilidad y germinación de las semillas; sin embargo, en estudios con otras especies se ha observado que el tamaño de las semillas interviene en la viabilidad y germinación (Simons y Johnston, 2000; Baloch et al., 2001). Por ejemplo, en poblaciones de *Pinus hartwegii* Lindl. es muy probable que las semillas de mayor peso y tamaño tengan mayor oportunidad de sobrevivir las primeras fases de sus ciclos de vida (Iglesias et al., 2006), mientras que Davidson et al. (1996) detectaron una correlación positiva entre el peso de la semilla y la capacidad de germinación en *Abies amabilis* (Douglas ex Loudon) J. Forbes, lo que puede tener implicaciones en la producción de vivero. Villarreal-Garza et al. (2013) determinaron por su parte el porcentaje de germinación, viabilidad y morfometría de la semilla del mezquite mielero (*Prosopis glandulosa* Torr.) y del huizache (*Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn.), encontrando los porcentajes más altos de germinación y viabilidad en el mezquite que presentaba semillas más grandes que las del huizache con diferencias altamente significativas. Finalmente, en semillas de *Lupinus campestris* Schltldl. & Cham. se obtuvo el porcentaje de germinación más bajo con semillas de valores morfométricos menores (Pablo-Pérez et al., 2013).

La sanidad de las semillas puede afectar la viabilidad y germinación de las mismas (Caubel, 1982); esto coincide con los resultados de la zona ZPFVVA donde se obtuvo un bajo porcentaje de sanidad y germinación, observándose la presencia de insectos (escarabajos) en las semillas de *C. guatemalensis*. Mujica (1987) señala que los insectos provocan agujeros en las semillas y se alimentan del endospermo quedando sólo la testa (cubierta exterior), causando baja viabilidad y germinación; ocasionando grandes

pérdidas en plantaciones forestales. Machado (2000) menciona que es de extrema importancia saber que los daños provenientes de la asociación de patógenos en las semillas causan enfermedades devastadoras en las mismas, ocasionando la disminución del rendimiento y de la germinación.

Por otro lado, el sustrato utilizado proveniente de cada zona de estudio también pudo ser un factor importante para la germinación de las semillas, ya que el porcentaje más bajo coincide con el suelo obtenido de la zona ZPFVVA que presentó un pH ácido (5.4) y una materia orgánica pobre. Según Handreck y Black (2002), la porosidad y textura pobre afectan la capacidad de intercambio gaseoso del suelo, disminuyendo la retención del oxígeno; la gran cantidad de poros grandes y el bajo contenido de arcilla provocan que se pierda más fácilmente agua y nutrientes, especialmente nitrógeno, y la pobreza de la materia orgánica en el suelo daña la estructura coloidal, aumenta el encharcamiento del suelo, aumenta la erosión, el desperdicio del agua y daña la vida microbiana, elementos esenciales que requieren las semillas para su germinación. Las características fisicoquímicas de suelo son esenciales para determinar el crecimiento y desarrollo de las plántulas (Castellanos, 2000).

Los resultados obtenidos en esta investigación permitirán diseñar programas de propagación de *Croton guatemalensis* para cada zona con las semillas provenientes de cada localidad donde se realizó la investigación y para establecer estrategias adaptativas que les permitan prosperar en condiciones particulares.

Conclusiones

Las semillas de *Croton guatemalensis* presentan variación en su morfometría, sanidad, viabilidad y germinación entre cuatro diferentes Áreas Naturales Protegidas al interior de la Selva Zoque, en el estado de Chiapas, México. La Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera (ZSCELP) presentó las semillas de mayor tamaño, así como los porcentajes de sanidad, viabilidad y germinación más altos, mientras que la Zona Protectora Forestal Vedada Villa de Allende (ZPFVVA) obtuvo los valores más bajos.

La realización de estudios básicos que permitan obtener información sobre morfometría, germinación y viabilidad de diferentes especies de plantas representa una etapa fundamental para su propagación. Con los resultados

presentados se contribuye a generar esta información para la conservación y propagación de esta especie, la cual se encuentra registrada bajo Protección Especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010, y por ello se le deben tener cuidados especiales y tenerla contemplada para los proyectos y/o programas de conservación y restauración en la Selva Zoque.

Contribución de autores

DMPG y COG concibieron y diseñaron el estudio, escribieron y revisaron el manuscrito con ayuda de RAMM, OFS y TMRP quien se encargó, además, de la interpretación de los datos. Todos los autores contribuyeron a la revisión, discusión y aprobación del manuscrito final.

Financiamiento

Se recibió una beca de maestría de CONACYT para el primer autor.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a Dulce María Pozo-Gómez para la realización de la Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos.

Literatura citada

- Aldana, J. C. M. 1999. Composición y distribución del género *Croton* (Euphorbiaceae) en Colombia, con cuatro especies nuevas. *Caldasia* 21(2): 141-166.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html> (consultado septiembre de 2016).
- Baloch, H. A., A. Di Tommaso y A. K. Watson. 2001. Intrapopulation variation in *Abutilon theophrasti* seed mass and its relationship to seed germinability. *Seed Science Research* 11(4): 335-345. DOI: <https://doi.org/10.1079/SSR200190>
- Castellanos, J. Z. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos, Aguas. Ed. Intagri. Guanajuato, México. 186 pp.
- Castillo-Campos, G. y J. Laborde 2004. La vegetación. In: Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos (eds.). Los Tuxtlas. El paisaje

- de la sierra. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea. Xalapa, México. Pp. 231-265.
- Caubel, G. 1982. Importance of the transmission by seed of phytoparasitic nematodos. In: Simon, J. C., C. A. Dedryver, C. Rispe, M. Hullé (eds.). Nematology. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Le Rheu, France. pp. 1-4.
- CI (Conservación Internacional). 2004. Northern region of The Mesoamerica biodiversity hotspot. Conservation International, Mexico and Central American Program. Belize, Guatemala, México. México, D.F., México. 58 pp.
- Davidson, R. H., D. G. W. Edwards, O. Sziklai y Y. A. El-Kassaby. 1996. Genetic variation in germination parameters among populations of Pacific Silver fir. *Silvae Genetica* 45: 23-25.
- Díaz-Gallegos, J. R., J. F. Mas y A. M. Velázquez. 2008. Monitoreo de los patrones de deforestación en el corredor biológico Mesoamericano, México. *Interciencia* 33(12): 882-890.
- Duplancic, M. A., E. Martínez-Carretero, B. Cavagnaro, M. Herrera-Moratta, N. Romero y A. Laura. 2015. Factores que inciden en la germinación de *Araucaria araucana* (Araucariaceae) del bosque xérico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 47(2): 71-82.
- Espinosa-Jiménez, J. A., M. Á. Pérez-Farrera y R. Martínez-Camilo. 2011. Inventario florístico del Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 89(1): 37-82. DOI: <https://dx.doi.org/10.17129/botsci.369>
- Flamenco-Sandoval, A., M. M. Ramos y O. R. Masera. 2007. Assessing implications of land-use and land-cover change dynamics for conservation of a highly diverse tropical rain forest. *Biological Conservation* 138(1-2): 131-145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.04.022>
- Giraldo-Cañas, D. 2000. Variación de la diversidad florística en un mosaico sucesional en la cordillera central andina (Antioquia, Colombia). *Darwiniana* 38: 33-42.
- González-Zertuche, L. y A. Orozco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58: 15-30. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1484>
- Handreck, K. A. y N. Black. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. 3 ed. UNSW Press. Sidney, Australia. 542 pp.
- Harrison, P. A., T. G. Bailey, R. E. Vaillancourt y B. M. Potts. 2014. Provenance and seed mass determines the seed germination success of *Eucalyptus ovata* (Myrtaceae). *Seed Science and Technology* 42(3): 466-472. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2014.42.3.14>
- Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 2001. Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial Continental. México, D.F., México. 760 pp.
- Hernández-Verdugo, S., R. G. López-España, F. Porras, S. Parra-Terraza, M. Villarreal-Romero y T. Osuna-Enciso. 2010. Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de chile silvestre. *Agrociencia* 44(6): 667-677.
- Iglesias-Andreu, L. y Y. Tivo-Fernández. 2006. Caracterización morfológica de la población de *Pinus hartwegii* Lindl. del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Ra Ximhai* 2(2): 449-468.
- Iglesias, L., I. Mora y J. L. Casas. 2006. Morfometría, viabilidad y variabilidad de las semillas de la población de *Pinus hartwegii* del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Cuadernos de Biodiversidad* 19: 14-18. DOI: <https://doi.org/10.14198/cd-bio.2006.19.03>
- ISTA (International Seed Testing Association). 2005. International Rules for seed testing. Rules and annexes. *Seed Science and Technology* 4: 3-177.
- Keller, M. y J. Kollmann. 1999. Effects of seed provenance on germination of herbs for agricultural compensation sites. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 72: 87-99.
- Lazos-Monterrosa, F. A., C. Orantes-García, O. Farrera-Sarmiento, A. G. Verdugo-Valdez, M. S. Sánchez-Cortés y L. E. Ruíz-Meza. 2014. Evaluación de la viabilidad y germinación de tempisque, *Sideroxylon capiri* (A. DC.) Pittier, Sapotaceae. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 84(2): 138-143.
- Lot, A. y F. Chiang. 1990. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México. México, D.F., México. 142 pp.
- Machado, J. C. 2000. Tratamiento de sementes, no controle de doenças. Ed. Lavras (Universidade Federal de Lavras, UFLA). Lavras, Brasil. 138 pp.
- Méndez, C. L. I. 2006. Validación farmacológica de la actividad analgésica de las infusiones de la corteza de *Spondias purpurea* L. (Jocote), hojas de *Chyranthodendron pentadactylon* (Manita) y *Croton guatemalensis* (Copalchi). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala. 54 pp.

- Meyer, S. E., D. E. McArthur y G. L. Jorgensen. 1989. Variation in germination response to temperature in rubber rabbitbrush (*Chrysothamnus nauseosus*: Asteraceae) and its ecological implications. *American Journal of Botany* 76(7): 981-989. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1989.tb15078.x>
- Moles, A. T., D. S. Falster, M. R. Leishman y M. Westoby. 2004. Small seeded species produce more seeds per square metre of canopy per year, but not per individual per lifetime. *Journal of Ecology* 92: 384-396.
- Moreno, M. R. A. 2009. Comunidad campesina y apropiación social de los recursos naturales en la Selva El Ocote. Tesis de doctorado. Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 207 pp.
- Mujica, M. M. 1987. Presencia de *Bruchophagus platypterus* Walker en la República Argentina: infestación de semillas de *Lotus tenuis* Waldst et Kit. *Revista de la Facultad de Agronomía (La Plata)* 63: 82-90.
- Obeso, J. R. 1993. Seed mass variation in the perennial herb *Asphodelus albus*: sources of variation and position effect. *Oecologia* 93: 571-575.
- Orantes-García, C., M. A. Pérez-Farrera, C. U. Carpio-Penagos y C. Tejeda-Cruz. 2013a. Aprovechamiento del recurso maderable tropical nativo en la comunidad de Emilio Rabasa, Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Madera y Bosques* 19(3): 7-21. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2013.193324>
- Orantes-García, C., M. A. Pérez-Farrera, T. M. Rioja-Paradela y E. R. Garrido-Ramírez. 2013b. Viabilidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la Selva Tropical, Chiapas, México. *Polibotánica* 36: 117-127. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.36.13>
- Pablo-Pérez, M., L. C. Lagunes-Espinoza, J. López-Upton, J. Ramos-Juárez y E. M. Aranda-Ibáñez. 2013. Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus* silvestres. *Bioagro* 25(2): 101-108.
- R Core Team. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez-Morales, S. y A. Orozco-Carmona. 2010. Maduración del fruto y morfometría de semillas de *Genipa americana* L. en el departamento del Quiridío. *Revista ACCB* 21(1): 73-81.
- Rejón-Orantes, J. del C., J. W. Hernández, A. del C. Grajales, N. Jiménez-García, S. S. Coutiño, A. Cañas, J. D. Parceros, L. Gordillo y M. Pérez. 2016. Antinociceptive effect of aqueous extracts from the bark of *Croton guatemalensis* Lott in mice. *Research in Pharmaceutical Sciences* 11(1): 15-22.
- Salatino, A., S. M. L. Faria y G. Negri. 2007. Traditional uses, chemistry and pharmacology of *Croton* species (Euphorbiaceae). *Journal of the Brazilian Chemical Society* 18(1): 11-33.
- Santiago, A., J. M. Herranz, M. Á. Copete, R. Herranz y P. Ferrandis. 2017. Influencia de las condiciones de temperatura e iluminación en la rotura de latencia y germinación de los endemismos mediterráneos *Scilla pauri* y *Scilla ramburei* (Liliaceae). *Bosque (Valdivia)* 38(2): 271-283.
- SAS. 1995. JMP Statistics and graphics guide, statistical discovery software. SAS Institute Inc. Cary, USA.
- Seltmann, P., I. Leyer, D. Renison e I. Hensen. 2007. Variation of seed mass and its effects on germination in *Polylepis australis*: implications for seed collection. *New Forests* 33(1): 171-181.
- SEMARNAT. 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. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010.
- SEMARNAT-CONANP. 2001. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote. México. Ed. 1. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D.F., México. 1-220 pp.
- Simons, A. M. y M. O. Johnston. 2000. Variation in seed traits of *Lobelia inflata* (Campanulaceae): sources and fitness consequences. *American Journal of Botany* 87(1): 124-132.
- Stevens, W. D., C. Ulloa Ulloa, A. Pool y O. M. Montiel. 2001. Flora de Nicaragua. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. Missouri Botanical Garden Press 85(1): 943-945.
- TPL. 2013. The Plant List, Versión 1.1. <http://www.theplantlist.org> (consultado mayo de 2017).
- TROPICOS. 2017. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org> (consultado mayo de 2017).

Tsoularis, A. y J. Wallace. 2002. Analysis of logistic growth models. *Mathematical Biosciences* 179(1): 21-55. DOI: [https://dx.doi.org/10.1016/S0025-5564\(02\)00096-2](https://dx.doi.org/10.1016/S0025-5564(02)00096-2)

Villarreal-Garza, J. A., A. Rocha-Estrada, M. L. Cárdenas-Ávila, S. Moreno-Limón, M. González-Álvarez y V. Vargas-López.

2013. Caracterización morfológica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 82(2): 169-174.