



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.462>

Artículo

Mortalidad y sanidad de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la costa de Oaxaca

Mortality and health of provenances of *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. in the coast of Oaxaca

Mario Valerio Velasco-García^{1*}, María Luisa Hernández-Hernández², Carlos Ramírez-Herrera³,
Martín Enrique Romero-Sánchez¹ y Liliana Muñoz-Gutiérrez¹

Abstract

In Mexico, there is a knowledge gap on plant mortality and health of tropical forest plantations. Therefore, a provenances test of *Enterolobium cyclocarpum* was established in two sites (*Pinotepa de Don Luis* and *Valdeflores*) in the coastal region of Oaxaca, Mexico to determine the mortality factors and biotic agents related to the health of this specie. Mortality and plant health were recorded during 18 months; also, differences between sites and between provenances were determined. *Orthogeomys grandis* (pocket gopher) in *Pinotepa de Don Luis* (27.9 %) and drought (29.2 %) in Valdeflores caused higher plant mortality. Powdery mildews (*Oidium*), aphid (*Aphis*), cottony cochineal (*Pseudococcus longispinus*), twig girdlers (*Oncideres*), borer (Lepidoptera) and defoliator (Lepidoptera) were the biotic agents related to health of *E. cyclocarpum*. The powdery mildews and the aphids infected the highest number of plants; in *Pinotepa de Don Luis*, the powdery mildews and the aphids infected 58.8, 29.2 % of the plants, respectively; whereas, in *Valdeflores*, the powdery mildews and aphids infected 3.3 % and 0.8 % of the plants, respectively. In *Pinotepa de Don Luis*, plants from *Cortijo* and *Colotepec* had the lowest powdery mildews infection, and the aphid infestation was not different in plants between provenances. In *Valdeflores*, plants from five provenances were free of powdery mildews infection, and the aphids only infested plant from the *El Zarzal* provenance. The location and precipitation of the sites influenced the levels mortality and infection of *E. cyclocarpum* plants.

Key words: *Aphis*, *Oidium*, *Oncideres*, tropical plantations, *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti, 1867), drought.

Resumen

En México existe un vacío de conocimiento sobre la mortalidad y sanidad de plantaciones forestales tropicales. Por tanto, un ensayo de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* se estableció en dos sitios (*Pinotepa de Don Luis* y *Valdeflores*) de la región Costa de Oaxaca, México, para conocer los factores y agentes bióticos relacionados con esta especie. La mortalidad y sanidad de las plantas se registró durante 18 meses, y se determinaron diferencias entre sitios y procedencias. *Orthogeomys grandis* (tuza) en *Pinotepa de Don Luis* (27.9 %) y la sequía (29.2 %) en Valdeflores causaron mayor mortalidad de individuos. Cenicilla (*Oidium*), pulgón (*Aphis*), cochinilla algodonosa (*Pseudococcus longispinus*), corta palos (*Oncideres*), un barrenador (Lepidoptera) y un defoliador (Lepidoptera) se vincularon con la sanidad de *E. cyclocarpum*. Las cenicillas y los pulgones afectaron el mayor número de ejemplares; en *Pinotepa de Don Luis*, las cenicillas infectaron 58.8 % de las plantas y los pulgones a 29.2 %; mientras que, en Valdeflores la afectación fue de 3.3 % y 0.8 %, respectivamente. En *Pinotepa de Don Luis*, *Cortijo* y *Colotepec* tuvieron menor infección de cenicilla y la infestación de pulgones no fue significativa entre las procedencias. En Valdeflores, cinco procedencias carecieron de presencia de cenicilla y, únicamente, *El Zarzal* tuvo evidencia de pulgones. La ubicación y la precipitación de los sitios influyeron en los niveles de mortalidad y sanidad de las plantas de *E. cyclocarpum*.

Palabras clave: *Aphis*, *Oidium*, *Oncideres*, plantaciones tropicales, *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti, 1867), sequía.

Fecha de recepción/Reception date: 22 de noviembre de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 2 de abril de 2019

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP. México.

²Universidad del Mar. México.

³Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. México.

*Autor para correspondencia: taxodium01@hotmail.com

Introducción

En México, durante el periodo de 2000 a 2018 se plantaron 4.708 millones de ha de árboles forestales con fines comerciales y de conservación; sin embargo, el porcentaje de supervivencia varió de 20 a 64 % (GEUM, 2018). Los cuales son similares en plantaciones experimentales, cuyos valores son de 22 a 82 % (Pedraza y Williams-Linera, 2003; Alvarez-Aquino *et al.*, 2004; Muñoz *et al.*, 2013; Sigala *et al.*, 2015). Esta baja supervivencia se debe a factores múltiples, entre ellos la calidad de planta, los sistemas de producción y la procedencia de semillas (Ramírez-Contreras y Rodríguez-Trejo, 2004; Rodríguez-Trejo, 2006; Sigala *et al.*, 2015); además de, las condiciones del sitio de plantación, la depredación, las plagas y enfermedades (Alvarez-Aquino *et al.*, 2004; Ramírez-Contreras y Rodríguez-Trejo, 2004; Cibrián, 2013).

Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. es un árbol multipropósito (Couttolenc-Brenis *et al.*, 2005) de importancia forestal, nativo de México y Centroamérica (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Pennington y Sarukhán, 2005). En zonas tropicales de México, se utiliza para programas de restauración, sistemas agroforestales y silvopastoriles, así como en plantaciones forestales comerciales (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Muñoz-Flores *et al.*, 2016). No obstante, la supervivencia varía de 50.8 a 64 % (Foroughbakhch *et al.*, 2006; Muñoz *et al.*, 2013); aunque las causas de la mortalidad se desconocen, pero es de suponer que se debe a factores relacionados con el origen de las semillas, el sitio de plantación (Foroughbakhch *et al.*, 2006; Muñoz *et al.*, 2013), a las plagas y enfermedades (Cibrián, 2013).

En México, existe un gran vacío de conocimiento sobre la depredación y los agentes bióticos relacionados a la sanidad de *E. cyclocarpum* en plantaciones forestales; sin embargo, retrasan el crecimiento, afectan la productividad y pueden causar la muerte de los árboles (Cibrián, 2013). Respecto a la sanidad de *E. cyclocarpum*, en el país se han identificado insectos del género *Aphis*, cochinilla algodonosa y cochinilla rosada, las cuales afectan brotes, hojas, ramas y frutos de individuos adultos (Solares, 2008; López-Arriaga *et al.*, 2010; Sinavef, 2011; Isiordia-Aquino *et al.*, 2012); además, tres especies de barrenadores, entre ellos *Xyleborus volvulus* (F.), que dañan el tronco (Cibrián *et al.*, 1995; Solares, 2008).

Por otra parte, el conocimiento de la variación geográfica adaptativa permite generar reglas de movimiento de semillas forestales (Zobel y Talbert, 1988; White *et al.*, 2007), las cuales aumentan la probabilidad de éxito de las plantaciones. Elegir la procedencia adecuada para cada sitio en particular es fundamental para disminuir la mortalidad, aumentar la productividad y mejorar la salud del arbolado plantado (White *et al.*, 2007); por tanto, los ensayos de procedencias son necesarios para seleccionar plantas resistentes a la depredación y a los agentes bióticos vinculados a la sanidad (Zobel y Talbert, 1988; White *et al.*, 2007).

En este contexto, se estableció un ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* en dos sitios de la región Costa de Oaxaca, México con los objetivos siguientes: 1) determinar los factores de mortalidad y evaluar el porcentaje de plantas muertas en procedencias de *E. cyclocarpum*; 2) identificar agentes bióticos relacionados con la sanidad y evaluar el porcentaje de afectación en procedencias de *E. cyclocarpum*. La hipótesis planteada fue: las condiciones ecológicas de los sitios de plantación pueden favorecer o afectar la mortalidad y sanidad de las procedencias de *E. cyclocarpum*.

Materiales y Métodos

Un ensayo de procedencias de *E. cyclocarpum* se estableció en dos sitios en la Costa de Oaxaca (Figura 1, Cuadro 1); región en donde, se recolectaron las semillas de 10 procedencias, entre marzo y mayo del 2008. La germinación y la producción de plantas se llevaron a cabo en un sustrato constituido por 35 % de suelo, 35 % de corteza y 30 % de aserrín. Al momento de la plantación, la edad de los individuos fue de seis meses, con altura promedio de 25 cm; dicha actividad se hizo en junio y julio de 2009 en Valdeflores y Pinotepa de Don Luis, respectivamente. En la primera localidad, Colotepec fue la procedencia más cercana, y en la segunda se tuvo una local. En ambos lugares, el diseño experimental correspondió a bloques completamente al azar con 10 tratamientos (procedencias), seis repeticiones y cuatro plantas por unidad experimental.

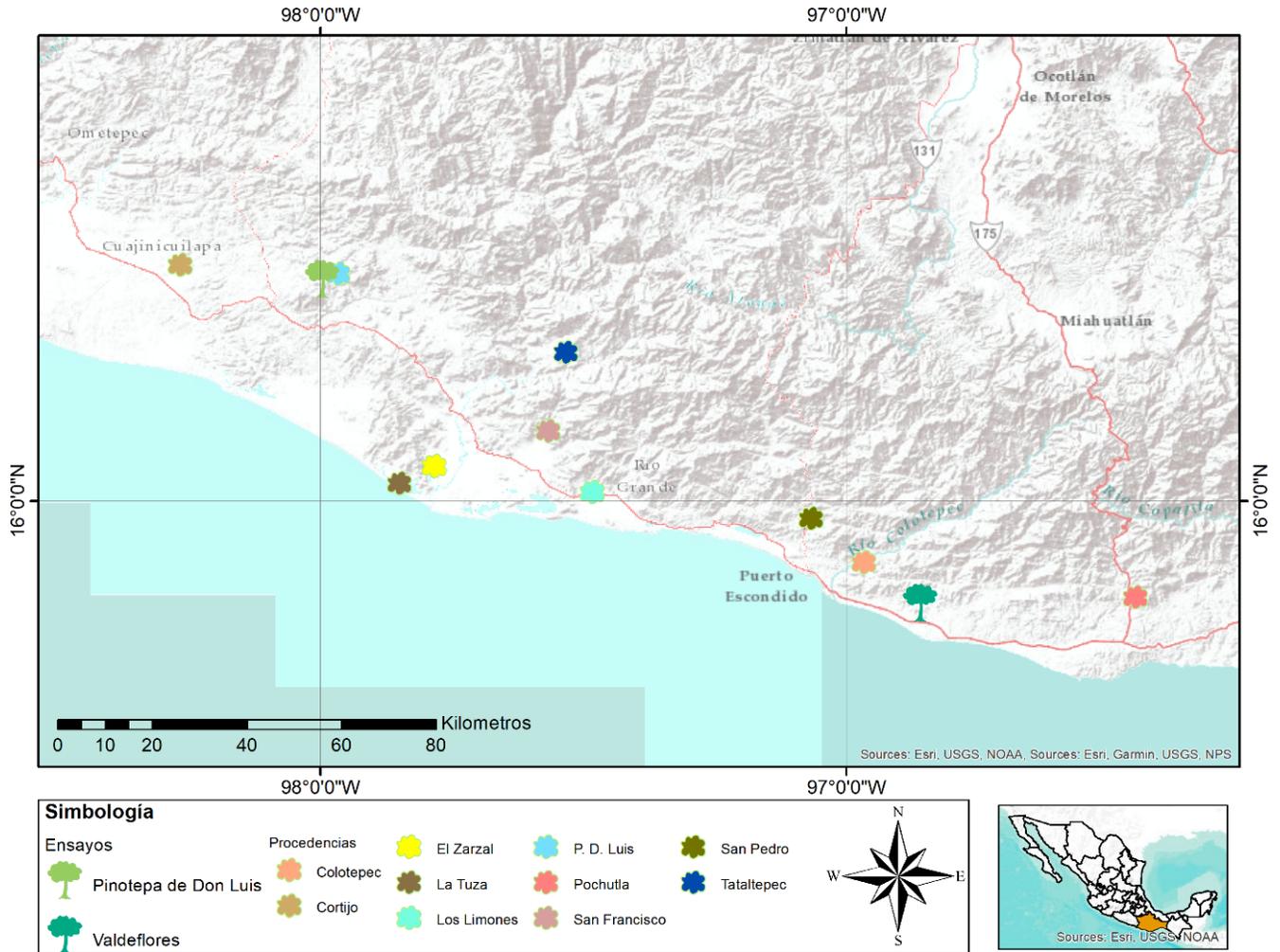


Figura 1. Distribución espacial de las procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y ubicación geográfica de los sitios de ensayo en la costa de Oaxaca.



Cuadro 1. Características de los sitios y de las procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. evaluadas en la región Costa de Oaxaca.

	Altitud (m)	TMA (°C)	PMA (mm)	ÍA	TS
Sitios					
Pinotepa de Don Luis	455	25.9	1645	4.6	Regosol
Valdeflores	90	25.8	910	8.2	Phaeozem
Procedencias					
Cortijo	59	26.9	1176	6.7	Luvisol
Pinotepa de Don Luis	420	26.1	1658	4.6	Regosol
El Zarzal	14	26.8	1194	6.6	Phaeozem
La Tuza	15	26.8	1185	6.6	Regosol
Tataltepec	370	26.5	1296	6.0	Regosol
San Francisco	67	26.9	1215	6.5	Phaeozem
Los Limones	23	26.9	1197	6.6	Phaeozem
San Pedro	240	25.9	1102	6.8	Phaeozem
Colotepec	37	26.3	938	8.2	Cambisol
Pochutla	234	25.4	1331	5.5	Cambisol

TMA = Temperatura media anual; PMA = Precipitación media anual; ÍA = Índice de aridez, obtenidos del *Moscow Forestry Science Laboratory* (Crookston, 2018); TS = Tipo de suelo (INEGI, 2013).

La plantación se inspeccionó quincenalmente durante los primeros 18 meses; en cada visita se registró la causa de la mortalidad y se recolectaron los agentes bióticos presentes (plagas u organismos patógenos). Al final del periodo, se obtuvo el porcentaje de mortalidad, así como el de individuos infectados e infestados. La identificación (a nivel de clase, familia, género o especie) se efectuó comparando el espécimen y su daño con la información citada en libros, manuales, folletos, fichas técnicas y claves taxonómicas especializadas (Cibrián *et al.*, 1995; Cibrián *et al.*, 2007a; Solares, 2008; Barriga, 2009; Monné y Bezark, 2011; Cibrián, 2013); además, se consultó a especialistas de algunos grupos taxonómicos.

Los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianzas de los datos se verificaron con la prueba de *Shapiro-Wilks* y de *Levene*, respectivamente. Ninguna variable cumplió con ambos supuestos; por tanto, las diferencias entre sitios y procedencias en cada sitio se determinaron mediante análisis de varianza y comparaciones múltiples de intervalos RT-3 (Conover, 2012).

Resultados y Discusión

Mortalidad

En ambas plantaciones, la sequía y las tuzas fueron los factores causantes de los mayores porcentajes de mortalidad. Los síntomas de muerte por sequía fueron enrollamiento de los folíolos, seguido de marchitez y muerte de hojas jóvenes; después marchitez y muerte de hojas adultas y tallo, en forma descendente; las raíces no evidenciaron daños por depredación. Los individuos muertos por tuzas presentaron raíz roída y entradas a sus túneles ubicadas en la base del tallo de las plantas. La especie identificada fue *Orthogeomys grandis* (Thomas, 1893), la cual tiene una amplia distribución en la Costa de Oaxaca (Lira *et al.*, 2005). La mortalidad total aumentó durante el periodo de evaluación (Figura 2) y hubo diferencias significativas entre sitios ($p= 0.03312$); al igual que la mortalidad por sequía ($p< 0.0001$) y por tuzas ($p< 0.0001$). Tanto en Pinotepa de Don Luis, como en Valdeflores la mortalidad total fue de 38.3 y 45.8 %, la causada por sequía de 8.3 y 29.2 %, y la originada por tuzas de 27.9 y 0.4 %, respectivamente (Figura 2).

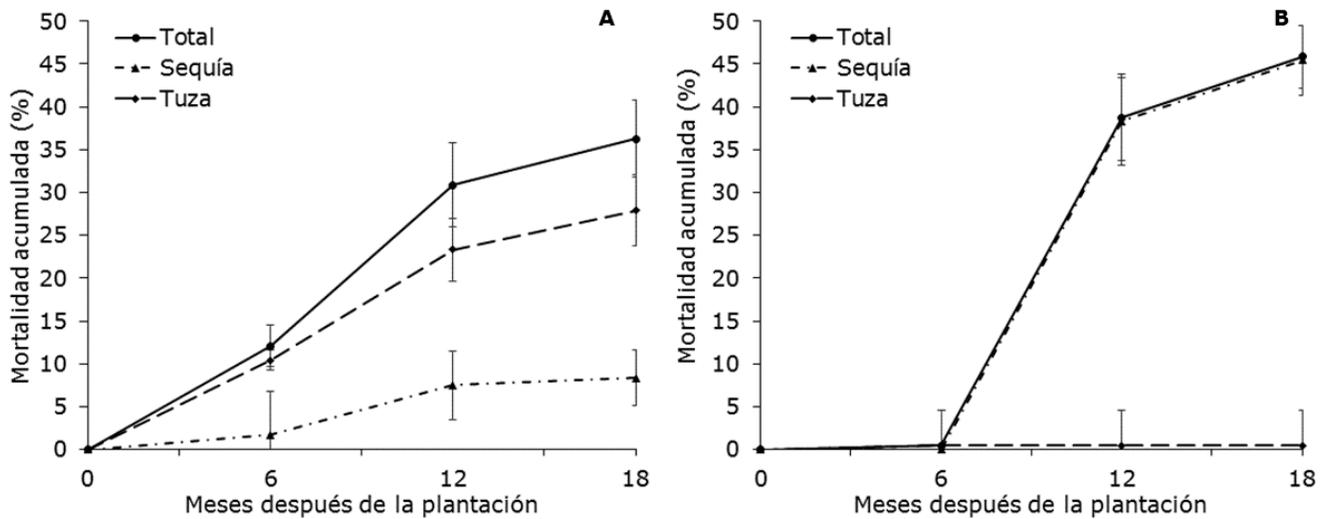


Figura 2. Mortalidad acumulada (total, debida a sequía y por tuzas) de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en tres periodos (6, 12 y 18 meses) en Pinotepa de Don Luis (A) y Valdeflores (B), región Costa de Oaxaca.

Los factores de mortalidad fueron diferenciados entre plantaciones; mientras que, la sequía fue la principal causa en Valdeflores, el ataque de tuzas lo fue en Pinotepa de Don Luis. La diferencia, entre sitios, de la mortalidad por sequía se debió a la lluvia: en Valdeflores, la precipitación media anual (910 mm) fue menor a la registrada (1 645 mm) en Pinotepa de Don Luis; mientras que, el índice de aridez (ÍA) fue superior en Valdeflores (8.2), con respecto al de Pinotepa de Don Luis (ÍA= 4.6). En esta última localidad, la depredación por tuzas fue más grande, probablemente, debido a que en los primeros seis meses la plantación estuvo mezclada con cultivo de maíz, el cual pudo condicionar a un mayor daño por ser alimento de dichos mamíferos. Viveros-Viveros *et al.* (2005) registraron mortalidad causada por tuzas en un ensayo de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en el que la población de dicho roedor aumentó en respuesta al historial agrícola del sitio, la disponibilidad de alimento y la eliminación de sus predadores naturales. Además, los suelos de Pinotepa de Don Luis son limosos y profundos, lo que facilita a este animal cavar madrigueras; por el contrario, en Valdeflores el suelo es arcilloso y poco profundo (INEGI, 2013).

La mortalidad total fue significativamente diferente ($p \leq 0.0355$) entre procedencias en los dos sitios. En Pinotepa de Don Luis, las plantas de la procedencia San Pedro tuvo menor mortalidad total y a las de Colotepec les correspondió la más alta; asimismo, las plantas de San Pedro y Pochutla tuvieron menor afectación por tuzas, y las de Cortijo la mayor; mientras que, los individuos de cuatro procedencias mostraron más tolerancia a la sequía (Cuadro 2). En Valdeflores, las plantas de las procedencias Cortijo y Tataltepec tuvieron menor mortalidad total y mostraron una tolerancia superior a la sequía; a diferencia de las de San Francisco que presentaron la mayor mortalidad total y menos tolerancia a la sequía (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje y comparación de medias de mortalidad de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, región Costa de Oaxaca.

Procedencias	Pinotepa de Don Luis			Valdeflores		
	Total	Sequía	Tuza	Total	Sequía	Tuza
Cortijo	50.0cd	8.3ab	41.7b	29.2a	29.2ab	0.0a
Pinotepa de Don Luis	29.2abcd	4.2a	25.0ab	50.0abc	50.0abcd	0.0a
El Zarzal	37.5abcd	4.2a	33.3ab	37.5ab	37.5abc	0.0a
La Tuza	45.8bcd	8.3ab	37.5ab	45.8abc	45.8abcd	0.0a
Tataltepec	41.7abcd	12.5ab	29.2ab	29.2a	25.0a	4.2b
San Francisco	41.7abcd	4.2a	37.5ab	66.7c	66.7d	0.0a
Los Limones	25.0abc	8.3ab	16.7ab	54.2abc	54.2bcd	0.0a
San Pedro	16.7a	4.2a	12.5a	37.5ab	37.5abc	0.0a
Colotepec	54.2d	20.8b	33.3ab	45.8abc	45.8abcd	0.0a
Pochutla	20.8ab	8.3ab	12.5a	62.5bc	62.5bcd	0.0a

Valores con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.0389$).

En Pinotepa de Don Luis, las plantas que se produjeron con semilla de la misma localidad evidenciaron mayor tolerancia a la sequía, lo que demostró que la procedencia local está mejor adaptada; sin embargo, los ejemplares de San Pedro fueron tolerantes a la sequía y a la depredación de la tuza; respuesta que puede deberse a que es una localidad con altitud cercana al sitio de plantación, y un ÍA alto (6.8), lo cual le provee ventajas al ser plantada en Pinotepa de Don Luis, donde la humedad es mayor (ÍA= 4.6). En Valdeflores, la procedencia Colotepec, por ser la más cercana y tener igual ÍA (8.2) que el sitio de plantación, se esperaba que tuviera la menor mortalidad de plantas; no obstante, registró un valor intermedio, estadísticamente igual a todas. El resultado de Colotepec en Valdeflores, posiblemente, se debe a la diferencia en el tipo de suelo, ya que es Cambisol en Colotepec y Phaeozem en el lugar de establecimiento (INEGI, 2013).

Sanidad

Se identificaron seis agentes bióticos relacionados a la sanidad de *E. cyclocarpum* (Cuadro 3, figuras 3 y 4); de estos, cenicillas del género *Oidium* Link y pulgones (*Aphis* L.) tuvieron mayor presencia en los ensayos. En México, existen pocos registros del ataque de cenicillas en especies forestales, particularmente en tropicales. García y Cibrián (2007) citan infecciones en brinzales de *Acacia* spp., *Erythrina* spp. y *Quercus* spp. producidas en vivero; y Cibrián *et al.* (2007b) documentan infección de cenicillas (*Podosphara* Kunze, *Micrisphaera* Lév. y *Phyllactina* Lév.) en plantas adultas de *Acacia* spp., *Fraxinus* spp., *Quercus* spp., *Ulmus* spp., *Acer negundo* L., *Erythrina coralloides* DC. y *Platanus occidentalis* L.



Cuadro 3. Agentes bióticos asociados a la sanidad y descripción de daños en procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la Costa de Oaxaca.

Agente biótico	Descripción del daño
Cenicilla: <i>Oidium</i> sp. (Erysiphales: Erysiphaceae)	Afectó yemas apicales y tallos tiernos: se observaron polvos de coloración blanca (Figura 3A). El crecimiento del tallo principal se detuvo y se generaron múltiples yemas (Figura 3B).
Pulgón: <i>Aphis</i> sp. (Homoptera: Aphididae)	Succionó savia en yemas apicales, brotes y hojas tiernas: ocasionó amarillamiento de las hojas y el crecimiento en altura se detuvo (Figura 3C).
Cochinilla algodonosa: <i>Pseudococcus longispinus</i> (Targioni Tozzetti, 1867) (Hemiptera: Pseudococcidae)	Afectó brotes y yemas apicales: succionó la savia y limitó el crecimiento en altura (Figura 3D).
Corta palos: <i>Oncideres</i> sp. (Coleoptera: Cerambycidae)	Atacó el tallo y ramas principales: realizó un corte circular (anillado) hasta provocar el derribo de la parte superior del anillado. El tallo en pie (debajo del corte) rebrotó y se generaron bifurcaciones (Figura 4A, 4B).
Barrenador: (Lepidóptera)	Atacó el tallo principal: la larva barrenó la médula, primero se observó una perforación cerca de la yema apical (esta muere), después hubo presencia de varios grumos de exudado en el tallo (Figura 4C, 4D).
Defoliador: (Lepidóptera)	Atacó hojas jóvenes: la larva (Figura 4E) se alimentó de ellas; generó seda, con la cual enrolló las ramas y hojas ocasionándoles la muerte (Figura 4F).



Figura 3. Cenicilla del género *Oidium* (A) con su efecto (B), pulgones del género *Aphis* (C) y *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti, 1867) (D) en procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la Costa de Oaxaca.

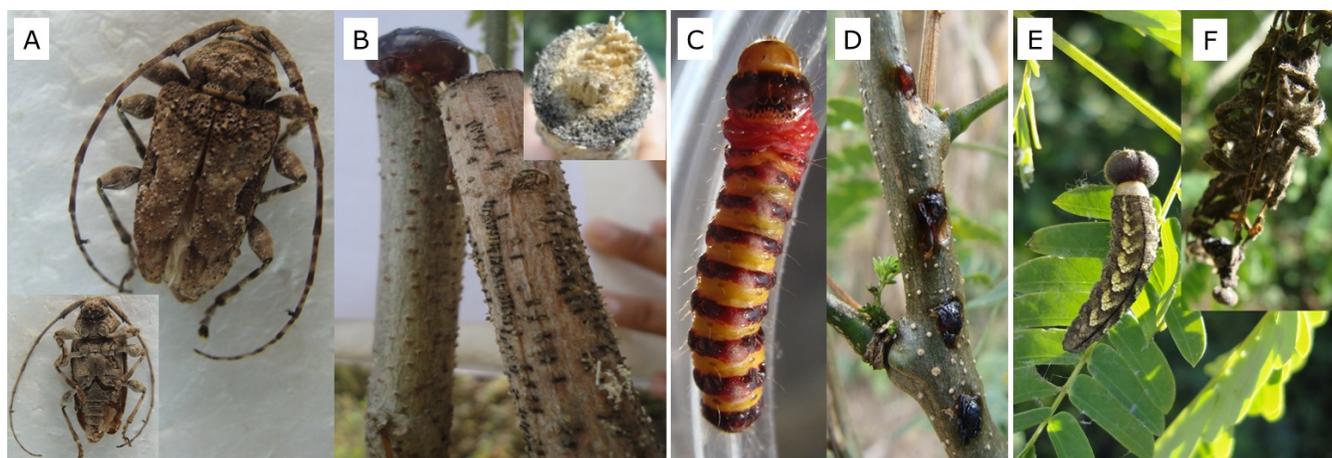


Figura 4. Corta palos del género *Oncideres* (A), larva del barrenador de tallo (C) y larva del insecto defoliador (E), con sus daños respectivos (B, D, F) en procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la Costa de Oaxaca.



En México, pulgones del género *Aphis* dañan el raquis de hojas y tallos tiernos de plantas adultas y brinzales de *E. cyclocarpum* cultivados en vivero (Solares, 2008; Robles, 2010); en Venezuela *Aphis spiraecola* Pach afecta a plantas adultas de la misma especie (Evelin y Marcos-García, 2004). En la Ciudad de México y Estado de México, *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe dañan las hojas de *Nerium oleander* L. (Cibrián *et al.*, 1995). En otros países como Costa Rica, Cuba, Colombia y Venezuela, *Aphis* sp. ataca a *Eucalyptus deglupta* Blume (Arguedas, 2008), *A. gossypii* Glover afecta a *Tectona grandis* L. Fil, *A. spiraecola* Patch a *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) (Cibrián, 2013) y *A. craccivora* Coch a *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud y *Cordia alba* (Jacq.) Roem & Schult (Evelin y Marcos-García, 2004).

La incidencia de *Oidium* sp. y *Aphis* sp. fue significativamente diferente entre sitios ($p < 0.0001$). En Pinotepa de Don Luis, en promedio 58.8 % y 29.2 % de las plantas presentaron infecciones por *Oidium* y *Aphis*, respectivamente; mientras que en Valdeflores el promedio fue de 3.3 % y 0.8 %, respectivamente. Lo anterior es posible que responda a la diferencia en ubicación y precipitación de los sitios. Pinotepa de Don Luis se localiza a más altitud y en ella ocurre mayor precipitación que en Valdeflores (Cuadro 1). Acorde con lo anterior, el riesgo de ataque de *Oidium mangiferae* Berthet aumenta con la altitud de los sitios (Arias *et al.*, 2004). Asimismo, la infección del hongo *Cercospora coffeicola* Berk & Cooke se relaciona con la alta precipitación (Montes *et al.*, 2012).

En cada una de las plantaciones, la incidencia de *Oidium* sp. fue significativamente diferente entre procedencias ($p \leq 0.0389$). En Pinotepa de Don Luis, las de Cortijo y Colotepec presentaron menor porcentaje de plantas infectadas por *Oidium* sp. (41.7 %); en cambio, a Los Limones le correspondió la más alta infección (70.8 %) (Cuadro 3). En Valdeflores, las procedencias Cortijo, El Zarzal, La Tuza, Tataltepec y San Francisco registraron infección (4.2 a 8.3 %); mientras que, en las otras fue nula. Dado que en las procedencias Cortijo, El Zarzal y La Tuza se determinaron porcentajes más bajos de infección de *Oidium* sp. en Pinotepa de Don Luis; se esperaba que en

Valdeflores no se observara, pero se obtuvo lo contrario como resultado de la interacción genotipo x ambiente ($p= 0.049$) para *Oidium* sp. en *E. cyclocarpum*.

En cuanto a la incidencia de *Aphis*, no hubo diferencias significativas entre las procedencias en Pinotepa de Don Luis ($p= 0.0603$), pero sí en Valdeflores ($p= 0.0012$); sin embargo, el efecto de la interacción genotipo x ambiente no fue significativo ($p= 0.5300$). En Pinotepa de Don Luis, la infección de *Aphis* varió de 16.7 a 41.7 % entre las procedencias; en cambio, en Valdeflores únicamente en 8.3 % de las plantas de El Zarzal se observó infección (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje y comparación de medias de plantas afectadas por dos agentes bióticos relacionados a la sanidad de las procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., en la Costa de Oaxaca.

Procedencias	Pinotepa de Don Luis		Valdeflores	
	<i>Oidium</i>	<i>Aphis</i>	<i>Oidium</i>	<i>Aphis</i>
Cortijo	41.7a	20.8a	8.3ab	0.0a
Pinotepa de Don Luis	62.5ab	33.3a	0.0a	0.0a
El Zarzal	54.2ab	41.7a	4.2ab	8.3b
La Tuza	54.2ab	25.0a	4.2ab	0.0a
Tataltepec	62.5ab	25.0a	12.5b	0.0a
San Francisco	58.3ab	29.2a	4.2ab	0.0a
Los Limones	70.8b	41.7a	0.0a	0.0a
San Pedro	70.8b	16.7a	0.0a	0.0a
Colotepec	41.7a	20.8a	0.0a	0.0a
Pochutla	70.8b	37.5a	0.0a	0.0a

Valores con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.0389$).

La diferencia de la incidencia de *Oidium* sp. y *Aphis* sp. en *E. cyclocarpum* permite seleccionar procedencias adecuadas para cada sitio de plantación. Sin embargo, la existencia de la interacción genotipo x ambiente en plantas juveniles dificulta su selección temprana para varios sitios; aunque, la inestabilidad de ciertas características en ambientes distintos es común en árboles o procedencias silvestres (Salaya-Domínguez *et al.*, 2012). Por otra parte, se requiere la realización de evaluaciones posteriores, ya que el efecto de la interacción puede variar con la edad (Salaya-Domínguez *et al.*, 2012).

Durante el periodo de estudio, las cochinillas algodonosas solo afectaron tres plantas en Pinotepa de Don Luis. En México, se cita que estos insectos dañan hojas y tallos de árboles adultos de *E. cyclocarpum*, causándoles amarillamiento, reducción del crecimiento y muerte de ramas (Solares, 2008); asimismo, la cochinilla rosada (*Maconellicoccus hirsutus* (Green)) también causa deformaciones en los brotes, hojas, ramas y frutos de *E. cyclocarpum* (López-Arriaga *et al.*, 2010; Sinavef, 2011; Isiordia-Aquino *et al.*, 2012). Se carece de registros sobre el ataque de cochinillas algodonosas en otras especies forestales; únicamente, la cochinilla rosada se documenta en *Tectona grandis*, *Artocarpus hererophyllus* Lam. y *Acacia* spp. (SINAVEF, 2011).

En México se han registrado 20 especies del género *Oncideres* Lacordaire (Monné y Bezark, 2011), las cuales tienen el hábito de anillar ramas de árboles adultos o tallos principales de individuos jóvenes para depositar sus huevecillos (Villaverde y Acosta, 2013), como se observó en una y tres plantas de *E. cyclocarpum* en Valdeflores y Pinotepa de Don Luis, respectivamente. Aunque no se logró identificar la especie de *Oncideres* que ataca a *E. cyclocarpum*, en Huatulco (región Costa de Oaxaca), a 108 y 57 km lineales de Pinotepa de Don Luis y Valdeflores, respectivamente, se consigna la presencia de *Oncideres pallifasciata* Noguera (Noguera *et al.*, 2018). Sin embargo, en el país no hay información documental referente a la infestación de *Oncideres* spp. en plantas de *E. cyclocarpum*; por lo que, este estudio constituye su primer registro.

Cabe señalar que en Costa Rica, *Oncideres punctata* Dillon & Dillon causa el mismo daño en el tallo de *E. cyclocarpum* (Hilje y Arguedas, 1996).

En Oaxaca, México, se citan *Oncideres ocellaris* Bates, *O. scitula* Bates; *O. senilis* Bates y *O. albomarginata chamela* (Noguera, 1993; Toledo *et al.*, 2007; MacRae *et al.*, 2012; Nearn *et al.*, 2014); este último afecta a los árboles de *Amphipterygium adstringens* Schide ex Schlecht, *Bursera* Jacq. ex L. spp. y *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn (Calderón-Cortés *et al.*, 2011). En Tamaulipas, México, *O. pustulata* LeConte se hospeda en individuos de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Rodríguez-del-Bosque y Garza-Cedillo, 2008; Rodríguez-del-Bosque, 2013); en el Desierto de Chihuahua, México, *O. rhodosticta* ataca a *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* (L. Benson) M.C. Johnston (Martínez *et al.*, 2009); mientras que, en Nuevo León y Tamaulipas, México, *O. cingulata texana* Horn y *O. pustulatus* infestan a individuos de *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Acacia* spp., *Citrus* spp., *Leucaena* spp., *Pithecellobium* spp. y *Prosopis* spp. (Cibrián *et al.*, 1995).

El barrenador de tallo de *E. cyclocarpum* (Lepidoptera) afectó a 22 plantas en Pinotepa de Don Luis y a cinco en Valdeflores. Aunque no se identificó, por falta de individuos adultos, este es el primer registro del daño de un barrenador en plantas jóvenes de *E. cyclocarpum* en México. Contrario a lo anterior, en árboles adultos se observó un barrenador no identificado que realiza galerías superficiales en los tallos y otro que hace numerosas galerías dañando el cambium vascular, xilema y floema (Solares, 2008). *Xyleborus volvulus* (F.) (Coleoptera) forma galerías en diferentes planos del tronco (Cibrián *et al.*, 1995). El daño de *X. volvulus* (Cibrián *et al.*, 1995) y de los barrenadores señalados por Solares (2018) no corresponden al del presente trabajo, ya que en este caso, el brote principal es el afectado (Cuadro 3, Figura 4C y 4D).

En ambos sitios de plantación, en cuatro plantas de *E. cyclocarpum* se observó un defoliador del orden Lepidoptera. En el ámbito nacional, tampoco existen documentos que consignen la presencia de defoliadores en *E. cyclocarpum*; por tanto, el presente es un primer registro, pero se requieren más estudios que permitan identificar la especie, su ciclo de vida y su efecto en las plantas de *E. cyclocarpum*. Al respecto, en Costa Rica *Coenipita bibitrix* Huebner (Noctunidae), *Mocis latipes* Guenée

(Noctunidae), *Hylesia lineata* (Saturniidae) y una especie no identificada de la familia Meloidae defoliar el follaje de *E. cyclocarpum* (Janzen, 1981; Arguedas, 2008).

Conclusiones

La sequía y el daño por tuzas son las causas principales de mortalidad de plantas de *E. cyclocarpum*. Existe afectación diferenciada de los factores de mortalidad, lo cual está relacionado con la humedad y tipo de suelo de los sitios de plantación

Los seis agentes relacionados a la sanidad descritos constituyen el primer registro en México de afectación en plantaciones jóvenes de *E. cyclocarpum*. Las diferencias entre sitios en la incidencia de *Oidium* y *Aphis* están relacionadas con la ubicación y la precipitación de los sitios de plantación.

La existencia de la interacción genotipo x ambiente dificulta la selección de procedencias tolerantes para todos los sitios de plantación; sin embargo, la respuesta diferencial de las procedencias, ante los factores de mortalidad y agentes bióticos relacionados a la sanidad de *E. cyclocarpum* permite seleccionar procedencias adecuadas para cada sitio de plantación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a René Robles Silva por la recolecta de semillas, así como a Rolando Galán Larrea y Justino Ríos Altamirano por proporcionar los terrenos para los ensayos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Mario Valerio Velasco-García: director y responsable del proyecto, establecimiento de los ensayos en campo, toma y análisis de datos y redacción del manuscrito; María Luisa Hernández-Hernández: producción de plantas, establecimiento de los ensayos, toma de datos

y primera versión del manuscrito; Carlos Ramírez-Herrera, Martín Enrique Romero-Sánchez y Liliana Muñoz-Gutiérrez: redacción y correcciones del manuscrito.

Referencias

Alvarez-Aquino, C., G. Williams-Linera and A. C. Newton. 2004. Experimental native tree seedling establishment for the restoration of a Mexican cloud forest. *Restoration Ecology* 12(3): 412-418.

Arguedas G., M. 2008. Plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Ed. Corporación Garro y Moya. San José, Costa Rica. 68 p.

Arias S., J. F., J. Espinoza A., H. R. Rico P. y M. A. Miranda S. 2004. La cenicilla *Oidium mangiferae* Berthet del mango en Michoacán. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Valle de Apatzingán. Folleto Técnico Núm. 1. Apatzingán, Mich., México. 24 p.

Barriga T., J. E. 2009. *Coleoptera Neotropical*. <http://www.coleoptera-neotropical.org/paginaprincipalhome.html> (14 de agosto de 2018).

Calderón-Cortés, N., M. Quesada and L. H. Escalera-Vázquez. 2011. Insects as stem engineers: interactions mediated by the twig-girdler *Oncideres albomarginata chamela* enhance arthropod diversity. *PLoS ONE* 6(4): e19083.

Cibrián T., D. 2013. Manual para la identificación y manejo de plagas de plagas en plantaciones forestales comerciales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 229 p.

Cibrián T., D., D. Alvarado R. y S. E. García D. 2007a. Enfermedades Forestales de México. UACH, CONAFOR-SEMARNAT, FS-USDA, NRCAN-FS, COFAN-FAO. Chapingo, Edo. de Méx., México. 453 p.

Cibrián T., D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O. Yates y J. Flores L. 1995. Insectos Forestales de México. DCF-UACH, SFFS-DSF, FS-USDA, FS-NRCAN. Texcoco, Edo. de Méx., México. 453 p.

Cibrián T., D., S. E. García D. y D. Alvarado R. 2007b. Cenicillas polvorientas de latifoliadas. *Podosphara* Kunze, *Micrisphaera* Lév. y *Phyllactina* Lév. (Erisiphales, Erisiphaceae). In: Cibrián T., D., D. Alvarado R. y S. E. García D. (eds.). Enfermedades Forestales de México. UACH, Conafor-Semarnat, FS-USDA, FS-NRCAN, Cofan-FAO. Chapingo, Edo. de Méx., México. pp. 132-134.

Conover, W. J. 2012. The rank transformation-an easy and intuitive way to connect many nonparametric methods to their parametric counterparts for seamless teaching introductory statistics courses. *Computational Statistics* 4(5): 432-438.

Couttolenc-Brenis, E., J. A. Cruz-Rodríguez, E. Cedillo-Portugal y M. A. Musálem. 2005. Uso local y potencial de las especies arbóreas en Camarón de Tejeda, Veracruz. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11(1): 45-50.

Crookston, N. 2018. Research on forest climate change: potential effects of global warming on forests and plant climate relationships in western North America and Mexico. <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/customData/> (9 de mayo de 2018).

Evelin A., F. D. y A. A. Marcos-García. 2004. Nuevos áfidos presa de *Pseudodoros clavatus* (Fabricius, 1794) (Diptera, Syrphidae) potencial agente de control biológico. *Boletín de la Sociedad Española de Entomología* 28 (1-2): 245-249.

Foroughbakhch, R., M. A. Alvarado-Vázquez, J. L. Hernández-Piñero, A. Rocha-Estrada, M. A. Guzmán-Lucio and E. J. Treviño-Garza. 2006. Establishment, growth and biomass production of 10 tree woody species introduced for reforestation and ecological restoration in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management* 235: 194-201. DOI :[10.1016/j.foreco.2006.08.012](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.012)

- García D., S. E. y D. Cibrián T. 2007. Cenicillas polvorientas. *Oidium* Link (Moniliales, Moniliaceae). *In*: Cibrián T., D., D. Alvarado R. y S. E. García D. (eds.). Enfermedades Forestales de México. UACH, CONAFOR-SEMARNAT, FS-USDA, NRCAN-FS, COFAN-FAO. Chapingo, Edo. de Méx., México. pp:522-523.
- Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (GEUM). 2018. Sexto Informe de Gobierno 2017-2018. Presidencia de la República. Ciudad de México, México. 873 p.
- Hilje, L. and M. Arguedas. 1996. Pests of important nitrogen fixing trees that tolerate acid soil. *In*: Powell, M. H. (ed.). Nitrogen Fixing trees for acid soils. Winrock International. Morrilton, AR, USA. pp: 58-71.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). 2013. Mapa Digital de México: Suelos 1:250000 (2002-2007).
<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE2LjI0MTkwLGxvbjotOTYuMDcxNDcsejo1LGw6YzQxNg==> (8 de octubre de 2018).
- Isiordia-Aquino, N., A. Robles-Bermúdez, O. García-Martínez, R. Lomelí-Flores, R. Flores-Canales, J. R. Gómez-Aguilar y R. Espino-Alvarez. 2012. Especies forestales y arbustivas asociadas a *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) en el norte de Nayarit, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28(2): 414-426.
- Janzen, D. H. 1981. Patterns of Herbivory in a Tropical Deciduous Forest. *Biotropica* 13(4): 271-282.
- Lira T., I., L. Mora A., M. A. Camacho E. y R. E. Galindo A. 2005. Mastofauna del Cerro de La Tuza, Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología* 9:6-20.
- López-Arriaga, J. G., M. A. Urias-López y L. M. Hernández-Fuentes. 2010. Manual técnico para la Identificación y control de la cochinilla rosada del hibisco. Folleto Técnico Núm. 15. INIFAP, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Nayarit, México. 65 p.

MacRae, T. D., L. G. Bezark and I. Swift. 2012. Notes on distribution and host plants of Cerambycidae (Coleoptera) from southern Mexico. *The Pan-Pacific Entomologist* 88(2): 173–187.

Martínez, A. J., J. López-Portillo, A. Eben and J. Golubov. 2009. Cerambycid girdling and water stress modify mesquite architecture and reproduction. *Population Ecology* 51:533-541.

Monné, M. A. and L. G. Bezark. 2011. Checklist of the Cerambycidae and related families (Coleoptera) of the Western Hemisphere 2011 Version.

<http://plant.cdfa.ca.gov/byciddb/checklists/WestHemiCerambycidae2011.pdf>
(14 de agosto de 2018).

Montes R., C., O Armando P. y R. Amilcar C. 2012. Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en cultivo de café del Departamento del Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 10(1): 98-108.

Muñoz F., H. J., J. J. García M., G. Orozco G., V. M. Coria Á. y M. B. Nájera-Rincón. 2013. Evaluación de una plantación con dos especies tropicales cultivadas en diferentes tipos de envases. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(18): 28-43.

Muñoz-Flores H. J., J. T. Sáenz-Reyes, A. Rueda-Sánchez, D. Castillo-Quiroz, F. Castillo-Reyes, D. Y. Avila-Flores. 2016. Areas with Potential for Commercial Timber Plantations of *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. in Michoacán, México. *Open Journal of Forestry* 6(5): 476-485.

Nearns, E. H., M. V. L. Barclay and G. L. Tavakilian. 2014. Onciderini Thomson, 1860 (Coleoptera: Cerambycidae: Lamiinae) types of The Natural History Museum (BMNH). *Zootaxa* 3857(2): 261-274.

Noguera, F. A. 1993. Revisión taxonómica del género *Oncideres* Serville en México (Coleoptera: Cerambycidae). *Folia Entomológica Mexicana* 88: 9-60.

- Noguera, F. A., M. A. Ortega-Huerta, S. Zaragoza-Caballero, E. González-Soriano and E. Ramírez-García. 2018. Species richness and abundance of Cerambycidae (Coleoptera) in Huatulco, Oaxaca, Mexico; relationships with phenological changes in the tropical dry forest. *Neotropical Entomology* 47: 457–469.
- Pedraza, R. A. and G. Williams-Linera. 2003. Evaluation of native tree species for the rehabilitation of deforested areas in a Mexican cloud forest. *New Forests* 26: 83–99.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. UNAM. México, D.F., México. 523 p.
- Ramírez-Contreras, A. y D. A. Rodríguez-Trejo. 2004. Efecto de calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 10(1): 5-11.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. 2013. Feeding and Survival of *Oncideres pustulata* (Coleoptera: Cerambycidae) Adults on *Acacia farnesiana* and *Leucaena leucocephala* (Fabaceae). *Southwestern Entomologist* 38(3): 487-498.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. and R. D. Garza-Cedillo. 2008. Survival, emergence, and damage by *Oncideres pustulata* (Coleoptera: Cerambycidae) on huisache and leucaena (Fabaceae) in Mexico. *Southwestern Entomologist* 33(3): 209-217.
- Rodríguez-Trejo, D. A. 2006. Notas sobre el diseño de plantaciones de restauración. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12(2): 111-123.
- Salaya-Domínguez J. M., J. López-Upton y J. J. Vargas-Hernández. 2012. Variación genética y ambiental en dos ensayos de progenies de *Pinus patula*. *Agrociencia* 46(5): 519-534.
- Sigala R., J. A., M. A. González T. y J. A. Prieto R. 2015. Supervivencia en plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en función del sistema de producción y precondicionamiento en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(30): 20-31.

Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (Sinavef). 2011. Reporte epidemiológico: cochinilla Rosada del hibisco. SAGARPA, SENASICA, UASLP. San Luis Potosí, México. 15 p.

Solares A., F. 2008. Diagnóstico de los problemas fitosanitarios del árbol histórico de la Parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jaq.) Griseb.) de la plaza central de la Ciudad de Ayala, Morelos. Folleto Técnico Número 24. INIFAP. Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México. 12 p.

Toledo, V. H., A. M. Corona and J. J. Morrone. 2007. Track analysis of the Mexican species of Cerambycidae (Insecta, Coleoptera). *Revista Brasileira de Entomologia* 51(2): 131-137.

Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis M., M. I. Alcocer S., M. Gual D. y C. Sánchez D. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. CONABIO, Instituto de Ecología, UNAM. México D. F., México. 262 p.

Villaverde, R. y N. Acosta. 2013. *Oncideres* spp. "Corta palos", "Serrucho". Ficha Técnica-Sanidad Forestal, Plagas no. 4. MAGyP- Dirección de Producción Forestal, Área de Sanidad Forestal. Buenos Aires, Argentina. 7 p.

Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J. López-Upton y J. J. Vargas-Hernández. 2005. Variación genética altitudinal en el crecimiento de plantas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en campo. *Agrociencia* 39: 575-587.

White, T. L., W. M. Adams and D. B. Neale. 2007. *Forest Genetic*. CAB International. Cambridge, MA USA. 682 p.

Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México, D.F., México. 545 p.



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.